

**EL PAPEL DE LAS REPRESENTACIONES VISUALES EN  
LA CONSTRUCCIÓN DEL CONCEPTO DE LÍNEAS DE  
FUERZA MAGNÉTICA EN LA ENSEÑANZA DE LA  
TEORÍA ELECTROMAGNÉTICA DE CAMPOS**

ASTRID JOHANNA BARRANTES LAYTON  
Cód. 2010146006

Línea de Profundización: Enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural  
Departamento de física  
Facultad de ciencia y tecnología  
Universidad Pedagógica Nacional  
Bogotá D.C.  
Mayo, 2015

**EL PAPEL DE LAS REPRESENTACIONES VISUALES EN  
LA CONSTRUCCIÓN DEL CONCEPTO DE LÍNEAS DE  
FUERZA MAGNÉTICA, EN LA ENSEÑANZA DE LA  
TEORÍA ELECTROMAGNÉTICA DE CAMPOS**

**ASTRID JOHANNA BARRANTES LAYTON**  
Cód. 2010146006

**JOHN BARRAGAN**  
Docente departamento de física  
Universidad Pedagógica Nacional  
Asesor Trabajo de Grado

Línea de Profundización: Enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural  
Departamento de física  
Facultad de ciencia y tecnología  
Universidad Pedagógica Nacional  
Bogotá D.C.  
Mayo, 2015

*Desde que llegaste a este mundo mi vida cambió para ser  
mejor.*

*Te amo Danna Sofia*

*....Sin tu existencia esto no sería realidad*

## Agradecimientos

Nada de lo que realiza el ser humano sería posible sin la vida, y la vida es el regalo de Dios para nosotros, por esto en primer lugar le agradezco a él por permitir que paso a paso mi vida se llene de cosas maravillosas. Mi familia que ha sido motivo de alegría y constante unión pese a las adversidades, mi madre como guía fiel compañera y amiga, agradezco su comprensión y apoyo incondicional aunque como hija no he sabido corresponder. Mi hermana, que sin su ayuda y compañía no estaría recolectando los frutos de nuestras interminables noches de estudio y reflexión. A mi padre por su constante motivación. Y el eje fundamental dentro de esta bella familia mi hermosa hija Danna Sofia, fuente de inspiración y motivación, sin la presencia de mi pequeña era imposible ser quien soy, “lo hice por ti y para ti porque eres mi razón para existir”. Aquella persona que entro a mi vida para nunca salir, estableciéndose como mi compañero en las buenas y malas circunstancias, quien ha estado junto a mí durante todo este proceso, con su compañía pero sobre todo con un amor incondicional, Kevin Joel desde el primer hasta el último día de este proceso.

Agradezco al profesor John Barragán por su paciencia y entrega con este proyecto, por esas tardes de café, discusión y reflexión de las que obtuve aprendizajes para la enseñanza, pero sobre todo para la vida. A mis compañeros de departamento, por cada vivencia y buenos momentos, pero especialmente a Jose amigo en todo el sentido de la palabra, por sus consejos y compañía durante cinco años de excelentes experiencias.

# **RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE**

| <b>1. Información General</b> |                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tipo de documento</b>      | Trabajo de Grado                                                                                                                                                 |
| <b>Acceso al documento</b>    | Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central                                                                                                              |
| <b>Título del documento</b>   | El papel de las representaciones visuales en la construcción del concepto de líneas de fuerza magnética en la enseñanza de la teoría electromagnética de campos. |
| <b>Autor(es)</b>              | Barrantes Laytón, Astrid Johanna                                                                                                                                 |
| <b>Director</b>               | Barragán, John                                                                                                                                                   |
| <b>Publicación</b>            | Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2015. 53 p.                                                                                                             |
| <b>Unidad Patrocinante</b>    | Universidad Pedagógica Nacional                                                                                                                                  |
| <b>Palabras Claves</b>        | REPRESENTACIÓN, FENÓMENOS MAGNÉTICOS, CONOCIMIENTO MODELOS REPRESENTATIVOS, LÍNEAS DE FUERZA, ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS.                                         |

| <b>2. Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Trabajo de grado, en el que se caracteriza el papel de las representaciones visuales dentro de la actividad científica, desarrollando discusiones en relación con la enseñanza de las ciencias, asumiendo que esta se dirige a planteamientos dinámicos en la búsqueda del conocimiento. Se plantea durante el proceso de investigación la clasificación de las representaciones dentro de la filosofía de las ciencias, y con esto se realiza el análisis de las representaciones visuales en la construcción del concepto de líneas de fuerza magnética, a partir del trabajo teórico-experimental de Michael Faraday. |

| <b>3. Fuentes</b>                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ayala, M. M. (2006). <i>Los análisis historico-criticos y la recontextualización de saberes científicos</i> . Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.  |
| Bravo, M. (2012). <i>Introducción al magnetismo: una propuesta con enfoque fenomenológico</i> . Bogota: Tesis de grado Universidad Pedagogica Nacional. |

Faraday, M. (1849). *Experimental researches in electricity*. Londres: Universidad de Londres.

Faraday, M. (1852). Sobre las líneas físicas de fuerza magnética. *Royal Institution proceedings*.

Gilbert, W. (1600). *De Magnete*. Londres.

Gómez, S. (2005). *Modelos y representaciones visuales en la ciencia*. Madrid: Universidad complutense de madrid .

Mandivelso, M. (s.f.). *GEOMETRÍA Y FÍSICA*. Obtenido de sitio Web A. Universidad Pedagogica Nacional : [http://www.pedagogica.edu.co/storage/ted/articulos/ted10\\_12arti.pdf](http://www.pedagogica.edu.co/storage/ted/articulos/ted10_12arti.pdf)

Perales, F. J. (2006). *Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias*. Granada: Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Ciencias de la Educación. Campus Universitario de.

Roit, G. (2001). GEOMETRÍA Y FÍSICA Resumen de un artículo de Luis Santaló. *Física, ciencia y microcomputacion*.

Tuay, N. (2007). Aproximacion al debate de las representaciones científicas. *Lindaraja*.

#### 4. Contenidos

El trabajo se presenta a través de tres capítulos los cuales son:

Capítulo I: Sobre las representaciones visuales.

En este capítulo, se evidenciarán algunas de las utilidades que este tipo de representaciones ha tenido en diversos campos, y de esta manera dar paso al análisis del uso de las representaciones visuales dentro de las ciencias, donde algunos autores de la filosofía de la ciencia como Gómez (2005) Hopwood (2011) Perales (2006) Tuay (2007) Concarí (2001), Suárez (2003), entre otros; se han dado a la tarea de clasificar las representaciones en el ámbito científico.

Capítulo II: Las representaciones en la enseñanza de las ciencias.

En este capítulo, se abrirá la discusión frente a la representación en la enseñanza de las ciencias, articulada con la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural, ya que desde esta perspectiva, cabe otorgarle un valor especial a las representaciones visuales en la construcción de conocimiento, en la medida que buscan la articulación de tal construcción con la experiencia. De aquí que sea necesario mencionar los modelos escolares en la enseñanza de los fenómenos magnéticos, para ubicar las representaciones visuales en este campo.

Capítulo III: Michael Faraday: La organización de los fenómenos magnéticos y sus representaciones.

En el tercer capítulo, se consolida el estudio realizado en los dos capítulos anteriores para el

caso de las líneas de fuerza magnética. Se realiza un análisis a propósito de las representaciones visuales en la construcción del concepto de líneas de fuerza magnética, desde el trabajo teórico-experimental de Michael Faraday.

### **5. Metodología**

Para el desarrollo de esta investigación, fue necesaria la construcción del concepto de representación visual en el caso de la actividad científica como punto de partida para el análisis, con esto se centró el estudio bajo este aspecto en la construcción del concepto de líneas de fuerza magnética. Se procede entonces a la lectura de textos originales, buscando que la historia de la construcción del concepto de líneas de fuerza y la utilidad que les da Faraday, muestren la naturaleza de las mismas y de este modo caracterizar el papel de las representaciones visuales. Teniendo en cuenta lo anterior este estudio se sustenta con los textos originales de Michael Faraday, abordando el concepto de líneas de fuerza magnética, dejando claridad que los conceptos son ante todo formas de mirar el mundo, esquemas organizados de fenómenos que sirven de base para la organización de otros fenómenos. Con los análisis fruto de la revisión histórica, se fundan una serie de criterios para la enseñanza del concepto de líneas de fuerza magnética para el estudio de los fenómenos magnéticos.

### **6. Conclusiones**

- La filosofía de las ciencias no ha dado la suficiente importancia al estudio de las representaciones visuales dentro de la actividad científica, pese a la innegable presencia que han tenido las formas de representación en diferentes campos de interés de los sujetos. Sin embargo, se ha dado inicio a este estudio desde los análisis y discusiones que autores como Gómez (2005) Hopwood (2011) Perales (2006) Tuay (2007) Concarí (2001), Suárez (2003) entre otros; han propuesto en relación con las formas de representación existentes en la ciencia.
- Se realizó una aproximación inicial desde el Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional, al estudio de las representaciones visuales como parte activa en el que hacer de los científicos y por ende en la actividad científica. Por esta razón, queda abierta la posibilidad de continuar investigación en esta vertiente que permita organizar los aspectos involucrados en esta manera de representar, para generar criterios de enseñanza, desde el reconocimiento de la representación visual como un elemento de construcción de conocimiento.
- Si bien los autores mencionados en la monografía han realizado estudios en relación con las representaciones, dentro de las clasificaciones expuestas se pueden observar contradicciones en términos de la funcionalidad de las representaciones visuales en la enseñanza de las ciencias ¿Es indispensable establecer estos dos tipos de representación (isomorfía y homomorfía) para generar un estudio de las representaciones visuales? ¿Se podría enmarcar dentro de los procesos de representación una lógica de contradicción, o los tipos de representación son independientes? Estas cuestiones

quedan abiertas a la discusión y reflexión. Para esto es importante tener en cuenta el sujeto como generador de representaciones, la concepción de ciencia desde el contexto en el que se pretenda realizar el análisis, así como la cultura donde tiene lugar la representación.

- La ciencia contiene un conjunto de formas no verbales dentro de sus métodos de investigación, observación, comunicación, formalización, teorización y explicación. Dentro de estas se encuentran los procesos de representación y de reproducción visual, que permiten organizar las experiencias en relación con la construcción y explicación de fenómenos obteniendo así, modelos representativos, que posibilitan la construcción y apropiación de elementos que permiten el entendimiento de aquello que se hace perceptible, de alguna manera, por medio de nuestros sentidos.
- Desde la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural, cobra sentido el uso y análisis de las representaciones visuales dentro de la enseñanza de las ciencias, reconociendo además que la actividad científica, no se diferencia de su enseñanza. Por lo que se espera que las representaciones dentro del aula se generen por los estudiantes.
- El trabajo realizado por Gilbert (1600) pone de manifiesto las contribuciones de las representaciones visuales a la construcción de teorías y su divulgación. Por su parte, el trabajo de Faraday (1849), refleja los aportes desde la actividad teórico- experimental, en la que se reafirman algunas de las posturas de Gilbert (1600) y el uso de representaciones es notorio e imprescindible
- Las concepciones de Faraday a propósito de las líneas de fuerza magnética, permiten introducir el concepto “Doble representación”. Por una parte, las líneas con existencia física, son la representación de la naturaleza del campo magnético y por otra, la representación de las líneas mismas.

|                       |                                 |
|-----------------------|---------------------------------|
| <b>Elaborado por:</b> | Astrid Johanna Barrantes Laytón |
| <b>Revisado por:</b>  | John Barragán                   |

|                                          |    |    |      |
|------------------------------------------|----|----|------|
| <b>Fecha de elaboración del Resumen:</b> | 23 | 06 | 2015 |
|------------------------------------------|----|----|------|

# Tabla de Contenido.

|                                                                                                    |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Introducción .....</b>                                                                          | <b>1</b>  |
| <b>Capítulo I.....</b>                                                                             | <b>6</b>  |
| 1. Sobre las representaciones visuales .....                                                       | 6         |
| 1.1 Las representaciones visuales en la ciencia.....                                               | 9         |
| 1.1.2 Clasificación de las representaciones.....                                                   | 13        |
| 1.1.2.1 Representaciones visuales de lo visible y representaciones visuales de lo no visible ..... | 22        |
| 1.1.2 Las representaciones como modelos visuales .....                                             | 23        |
| <b>Capítulo II .....</b>                                                                           | <b>26</b> |
| 2. Las representaciones en la enseñanza de las ciencias .....                                      | 26        |
| 2.1 La enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural .....                              | 29        |
| 2.1.2 Modelos escolares en la enseñanza de los fenómenos magnéticos. ....                          | 31        |
| <b>Capítulo III.....</b>                                                                           | <b>33</b> |
| 3. Michael Faraday: La organización de los fenómenos magnéticos y sus representaciones. ..         | 33        |
| 3.1 Revisión contextual a las concepciones de Faraday desde los aportes de Gilbert (1600) 34       |           |
| 3.2 Líneas de fuerza magnética, una concepción espacial .....                                      | 39        |
| 3.3 Representaciones visuales en el estudio de las líneas de fuerza magnética .....                | 45        |
| <b>Conclusiones.....</b>                                                                           | <b>50</b> |
| <b>Bibliografía.....</b>                                                                           | <b>52</b> |

## Índice de Figuras

|                                                                                                                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: muestra de arte rupestre tomada de (Morales, 2013)                                                                                                                                                                                | 7  |
| Figura 2: Las imágenes en la era de la información y comunicación tomada de (new times)                                                                                                                                                     | 8  |
| Figura 3: Representación gráfica del planteamiento de Galileo para obtener la relación s-t. Tomada de (Rivera, 2014 Vol 8)                                                                                                                  | 12 |
| Figura 4: Imagen del mapa que se considera el más antiguo. Actualmente se encuentra en el museo Konya de Turquía. Tomada de (Rivera, 2014 Vol 8)                                                                                            | 14 |
| Figura 5: Pintura realizada en una de las expediciones de Charles Darwin (tomada de ciencia natural)                                                                                                                                        | 15 |
| Figura 6: Tomada de Modelos y representaciones en las ciencias (Gómez, 2005)                                                                                                                                                                | 15 |
| Figura 7: Diagrama de Feynman (1949) tomado de Wikipedia.                                                                                                                                                                                   | 16 |
| Figura 8: movimiento de una partícula dentro de un campo magnético. Tomada de                                                                                                                                                               | 19 |
| Figura 9: Izquierda una representación del sistema solar desde la postura heliocéntrica, derecha el modelo atómico de Bohr.                                                                                                                 | 20 |
| Figura 10: La representación más común y aceptada de un plano inclinado, En él se encuentra la geometría que permite configurar los aspectos que intervienen en la solución del problema de movimiento                                      | 21 |
| Figura 11: Representación de un péndulo simple para el caso ideal, donde se permite caracterizar el sistema, para la configuración y los posibles movimientos.                                                                              | 21 |
| Figura 12: imagen de un árbol que puede ser comparada con un árbol existente para establecer una relación de similitud Tomada de (Arte natural)                                                                                             | 24 |
| Figura 13: Representación del experimento de Gilbert (1600), con el que demuestra la polaridad de la piedra imán. Tomada de De magnete (1600)                                                                                               | 35 |
| Figura 14: La fragmentación de una "piedra imán", permite el análisis de los efectos de repulsión en virtud de las propiedades magnéticas, e interacción entre polos iguales. Tomada de De Magnete (Gilbert, 1600) (citada por Bravo, 2012) | 37 |
| Figura 15: Representación actual de la fragmentación de un imán. (La actividad de la ciencia)                                                                                                                                               | 37 |
| Figura 16: Representación de la conducción magnética del material 1. Tomada de: Experimental researches in electricity                                                                                                                      | 42 |
| Figura 17: Representación de la conducción magnética del material 2. Tomada de: Experimental researches in electricity                                                                                                                      | 43 |
| Figura 18: Representaciones comúnmente empleadas en los libros de texto de ciencias                                                                                                                                                         | 46 |
| Figura 19: Líneas de campo. Las fuentes de flujo están ubicadas donde las líneas de campo terminan. Tomada de (F. Herrmann & Suleder, 2000)                                                                                                 | 48 |

## Índice de Tablas

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1: Capítulo I Sobre las representaciones                                                           | 6  |
| Tabla 2: Mapa general de la clasificación presentada por Gómez (2005)                                    | 13 |
| Tabla 3: interrelación cognoscitiva entre el objeto representado y el sujeto                             | 22 |
| Tabla 4: Capítulo II Las representaciones en la enseñanza de las ciencias                                | 26 |
| Tabla 5: Capítulo II Michael Faraday: La organización de los fenómenos magnéticos y sus representaciones | 33 |

## Introducción

De la enseñanza de la ciencias, se espera, favorezca la apropiación de elementos conceptuales que permitan la construcción de explicaciones científicas por parte de los estudiantes, entendiendo la enseñanza de las ciencias como una actividad que genera condiciones para que la cultura científica o la cultura de colectividades ajenas a ella se integre (Ayala & Malagon, 1989), de modo tal que los tópicos abordados por el docente en la clase, susciten la existencia de aplicaciones que van más allá del tablero; y que de algún modo estos temas se involucren con los avances científicos y tecnológicos que ha tenido la humanidad haciendo una intervención en el contexto donde se da inicio a tal tarea. Por lo tanto, se abre el espacio para la reflexión en torno a las formas de enseñanza y herramientas, que los maestros a menudo organizan para lograr los objetivos ya mencionados.

En Colombia, los estándares de educación establecidos por el Ministerio de Educación Nacional son los que dirigen desde la perspectiva estatal los contenidos y los alcances (objetivos) dentro de la enseñanza de las ciencias, por lo tanto, la normatividad interna de los colegios y escuelas se ciñe a lo allí planteado. En tales estandartes, se encuentra que dentro de la secuencia escolar el estudiante debe formular preguntas específicas sobre una observación o experiencia, y escoger una de estas para indagar formulando explicaciones posibles, con base en el conocimiento cotidiano, teorías y modelos científicos<sup>1</sup>. Dicho así, es posible afirmar que desde los estándares de enseñanza de las ciencias, se hace una diferenciación entre modelo y teoría, y que además estos, como parte de la ciencia, son ajenos al conocimiento cotidiano que el estudiante logra construir. Desde la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural se puede afirmar que la actividad científica, no se diferencia radicalmente de otras realizadas cotidianamente e incluso las ideas científicas se alimentan de ideas que forman parte de la cultura común (Ayala & Malagon, 1989). De este modo, y en una dirección alternativa a lo presentado en los estándares, se considera

---

<sup>1</sup> Esto se encuentra en los estándares de ciencias del ministerio de educación nacional.

pertinente presentar una propuesta para la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural, en la que el sentido común no tenga que desligarse de las conceptualizaciones que los estudiantes logren realizar. Dicho así, desde los estándares de educación, se supone que las experiencias comunes son solo una aplicación simple de las teorías o una forma demasiado básica de la explicación científica, pese a esto y en relación con los criterios para la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural, no se piensa la experiencia como una simple verificación de la teoría.

Dentro de los fenómenos asociados con la experiencia, valdría la pena mencionar aquellos que se observan dentro de la cotidianidad de los sujetos; como el movimiento de los cuerpos celestes, la caída de los cuerpos, los sonidos perceptibles por el sistema humano, las sensaciones térmicas, etc. La reflexión frente a estos fenómenos resulta fructífera en la medida que se tiene referentes, que facilitan llegar a conclusiones. Es entonces cuando se logra realizar una integración entre culturas y ciencia. Se define, de esta manera, la experiencia sensible como aquellas situaciones que son apreciadas por los sentidos de los individuos. Existen situaciones, en las que no es tan fácil definir si la experiencia se puede involucrar directamente con la explicación, es el caso de los fenómenos eléctricos y magnéticos, en los que mediante ninguno de los sentidos, se puede dar cuenta de las causas de dichos fenómenos (aunque para Hertz, el ojo ya es un sentido electromagnético), y las construcciones que de estos se hacen. Los efectos mecánicos que son observables en la repulsión y atracción de dos imanes, por ejemplo, no resultan suficientes para dar explicación a estos eventos, ya que la naturaleza de estos fenómenos no se asocia con un fenómeno de la cotidianidad, siendo así, no es posible percibirla con los sentidos, de esta manera no sería posible pensar en que existe experiencia sensible.

Las situaciones enmarcadas en la cimentación de modelos y teorías explicativas para la construcción de fenómenos, que explican aquellos eventos que de alguna manera no hacen parte de la experiencia sensible de los seres humanos, terminarían por truncar la construcción de conocimiento significativo en la medida que se podrían asumir, sin necesariamente ser así, como obtenciones imaginadas y separadas del conocimiento cotidiano<sup>2</sup>, es decir, pese a que los fenómenos no estén vinculados a la experiencia sensible,

---

<sup>2</sup> Como ya fue mencionado estos eventos no se podrían asociar a experiencias sensibles.

se hace necesario que las explicaciones que se hagan de estos, si lo estén. Esto será posible en la medida que se haga claridad en que tales modelos y teorías no dejan de ser rutas explicativas, de carácter científico, sin tener que asumirse como verdades, sino como visiones al respecto; y que inclusive en el contexto mismo de la denominada “ciencia”, a un sólo fenómeno es posible otorgarle diversas explicaciones.

Los fenómenos magnéticos y eléctricos, han tenido múltiples explicaciones a lo largo de la historia de la física. Dos de las más reconocidas son: la acción a distancia y la teoría de campos; desarrolladas por autores como Coulomb, Ampere, Henry en el caso de la primera, donde se afirma que las fuerzas, para cada instante de tiempo, sobre una partícula, en relación con otras partículas, depende de las posiciones de esas otras partículas en el mismo instante, como si la fuerza "se transmitiera instantáneamente" o existiera una "acción a distancia" por parte de las otras partículas (Landau & Lifshitz, 1992) y Faraday y Maxwell en el caso de la segunda, en la que se acude a la existencia de entidades físicas, que permiten la interacción de tipo repulsivo o atractivo, entre los cuerpos con características eléctricas o magnéticas.

Si bien, en principio la explicación a los fenómenos de repulsión y atracción que se daba desde la acción a distancia, fue aceptada, y hasta el momento la teoría de campos logra satisfacer en gran medida la necesidad de comprenderlos, dichos fenómenos no aparecen dentro de la experiencia sensible y común de los sujetos, por lo que se podría formular la siguiente cuestión ¿De qué manera se ha intentado aproximar la organización de la experiencia de los sujetos a la comprensión de los fenómenos magnéticos? Discutir alrededor de dicha pregunta requiere un análisis bastante amplio de los textos originales y la historia del electromagnetismo, además del análisis del gran número de experiencias construidas para organizar tales fenómenos como una teoría sólida en la explicación de los eventos naturales relacionados con acciones electromagnéticas, y de esta manera reflexionar frente a la enseñanza de estos fenómenos.

Se considera que la enseñanza se dirige a planteamientos dinámicos en la búsqueda del conocimiento. Por lo tanto, la modelación es una alternativa de construcción dinámica del conocimiento desde situaciones físicas hasta la estructuración mental en el proceso de aprendizaje (Plnachart, 2005) dicho así, se hace necesaria la reflexión a propósito de la base

que soporta los modelos y teorías presentes en la educación científica específicamente en el electromagnetismo, y la relación existente entre la teoría y los modelos que de ésta han surgido. En este punto se presenta el uso de representaciones visuales, concebidas como modelo que se articula de manera activa tanto en la construcción de teorías, (posicionándose como modelos dentro de estas) como en la re-elaboración de dichas teorías por y para los estudiantes. Es de esta manera como se dará inicio al estudio de las representaciones gráficas, inmersas en la construcción de teorías y modelos explicativos, para el caso de los fenómenos magnéticos, exponiendo en primer lugar la posición de estas en la ciencia. Por lo que en este trabajo, se hará un análisis de una de las visiones iniciales que Faraday propone frente a la construcción de fenómenos magnéticos, esto, mediante el estudio del escrito *Experimental Research in Electricity* (1849).

Para el desarrollo de esta investigación, se hace necesaria la construcción del concepto de representación visual y sus aportes en las ciencias. En el capítulo I, “*Sobre las representaciones visuales*” se evidenciarán algunas de las utilidades que este tipo de representaciones ha tenido en diversos campos, y de esta manera dar paso al análisis del uso de las representaciones visuales dentro de las ciencias, donde algunos autores de la filosofía de la ciencia como Gómez (2005) Hopwood (2011) Perales (2006) Tuay (2007) Concari (2001), Suárez (2003), entre otros; se han dado a la tarea de clasificar las representaciones en el ámbito científico. De esta clasificación, se desprende un tipo de representación considerada para (Gómez, 2005) como “*Representaciones visuales de lo visible y lo no visible*” donde se hará un alto, para interpretar con atención ésta propuesta. Este capítulo finalizará con la exposición de las representaciones como modelos visuales dentro de las ciencias. En el segundo capítulo, se abrirá la discusión frente a la representación en la enseñanza de las ciencias, articulada con la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural, ya que desde esta perspectiva, cabe otorgarle un valor especial a las representaciones visuales en la construcción de conocimiento, en la medida que buscan la articulación de tal construcción con la experiencia. De aquí que sea necesario mencionar los modelos escolares en la enseñanza de los fenómenos magnéticos, para ubicar las representaciones visuales en este campo.

En el tercer capítulo, el caso de las líneas de fuerza magnética habrá de ser el punto de partida para el análisis, con el que se espera fijar el estudio realizado en los dos capítulos anteriores bajo este aspecto. Se procederá entonces a reconocer la organización de los fenómenos magnéticos y sus representaciones desde los estudios y trabajos de Faraday. Para esto, siendo coherentes con la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural (La importancia del estudio de textos originales), se mostrará una revisión contextual a las concepciones de Faraday desde los aportes de Gilbert (1600), lo que permite desembocar toda la discusión y análisis en el estudio de las líneas de fuerza, considerando estas últimas desde una concepción espacial y así, realizar observaciones de las representaciones visuales en el estudio de las líneas de fuerza magnética.

# Capítulo I

## 1. Sobre las representaciones visuales

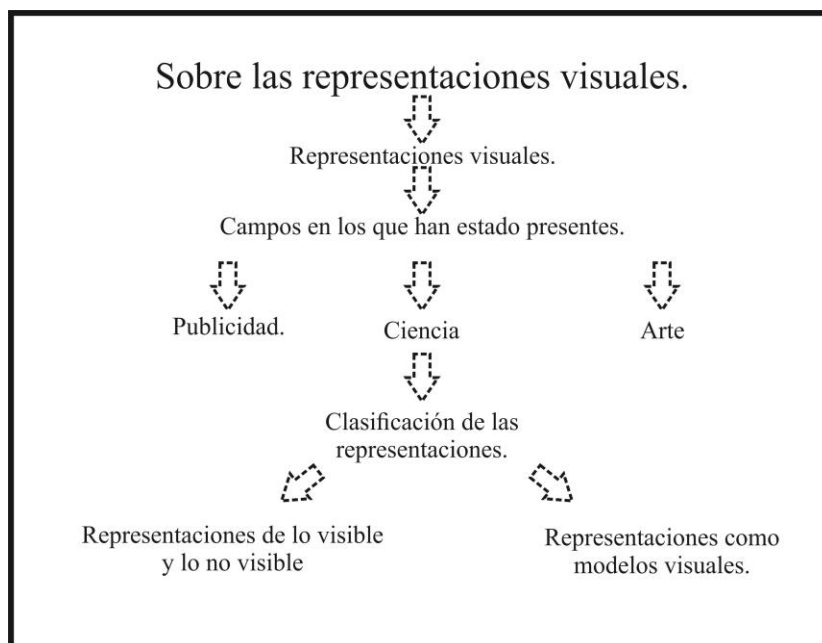


Tabla 1: Capitulo I Sobre las representaciones

La innegable necesidad del ser humano por dar explicaciones a las situaciones que le rodean, bien sean naturales u ocasionadas por los sujetos, y así conocer e intentar entender tales situaciones; ha traído consigo diferentes medios para alcanzar este objetivo. La comunicación ha sido fundamental dentro del intento por conquistar el conocimiento, teniendo en cuenta que la construcción de explicaciones, tendrá consecuencias desde que el contexto en el que surge dicha construcción, apruebe y llegue a acuerdos asertivos frente a las posturas que uno o más individuos expongan. Para sustituir la imposibilidad de transmisión de ideas tal y como se presentan en el cerebro, la comunicación termina siendo mediador entre los hombres. Dentro de este aspecto se encuentran diversas formas de

comunicación, que terminan representando los pensamientos de los sujetos y transformándose al ser recibidas por los pares, para finalmente llegar a un acuerdo en relación a aquello que se intenta explicar. En este sentido y bajo esta mirada es pertinente afirmar que no existe una única manera de representación, y dentro de esta multiplicidad se ubican las representaciones visuales de las que ahora se hará referencia.

La representación por medio de imágenes es una de las más antiguas formas de interacción con el entorno que ha utilizado el hombre. Mediante el uso de estas, la raza humana ha logrado definir y mostrar alguna idea de la “realidad” que los rodea en diferentes épocas a lo largo de la historia, manejando variadas formas de representación en la manifestación del arte y con la posibilidad de acoplar las imágenes a distintas intenciones. Las primeras manifestaciones de este tipo de representaciones son las pinturas rupestres donde se refleja su existencia, su relación con el entorno, y con esto, la posibilidad de recrear su realidad más próxima. Sería arriesgado afirmar cual era la intención última al hacer uso de este tipo de representación, sin embargo, se puede notar claramente que dentro de las comunidades prehistóricas la imagen ocupaba un lugar privilegiado dentro de su organización. Se observa un nuevo lenguaje, la semántica de la obra de arte, de la imagen que transmite las leyes de comunicación por medio de figuras y signos dependientes de la finalidad del autor.

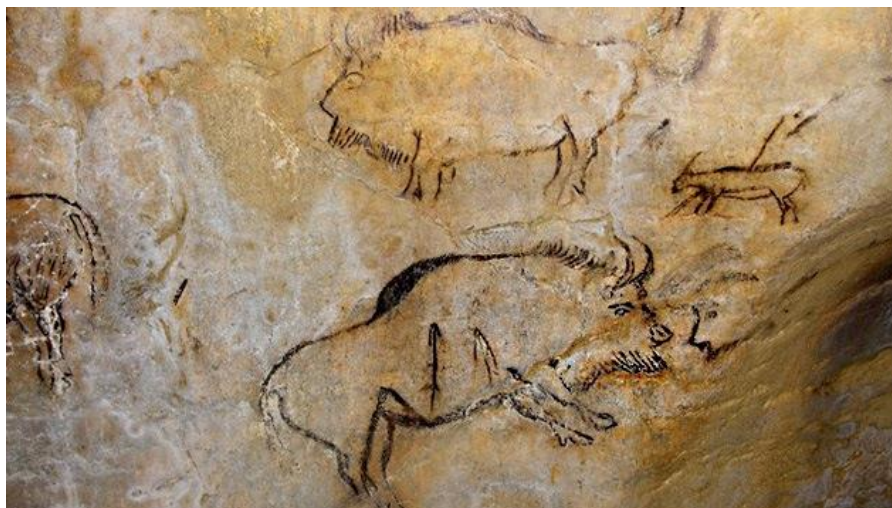


Figura 1: muestra de arte rupestre tomada de (Morales, 2013)

Con el paso del tiempo y la aparición de la escritura, no desaparece la representación mediante imágenes y contrario a esto, aparecen distintos campos en los que se recurre a

estas para sacar provecho en el impacto que pueden llegar a tener en el hombre, independientemente a que dicho impacto logre alcanzar el objetivo inicial. Es el caso de la publicidad y la industria donde se ha hecho uso de estas, con fines comerciales y de entretenimiento. En espacios que se encuentran dentro de la cotidianidad de los sujetos como, la televisión, internet y las revistas (entre otros) se presentan las imágenes con una intensidad tal que, se puede asumir como un aspecto ordinario en la vida dentro de la sociedad. Dentro de las múltiples funciones en las que se puede enmarcar la representación visual se encuentra la de informar; acudir a las imágenes como medio de información resulta útil en tanto en la publicidad e industria, como en la reconstrucción histórica por ejemplo, donde el uso de medios audiovisuales o meramente visuales ha estado presente.



*Figura 2: Las imágenes en la era de la información y comunicación tomada de (new times)*

El estudio de las representaciones visuales en cada uno de los espacios con las que estas se relacionan, permite revelar la pertinencia y efectividad que presentan para alcanzar los objetivos finales que se han planteado (Amaya & Restrepo, 1999). Es entonces importante el análisis de la funcionalidad de este tipo de representaciones, desde que en un primer momento se tengan alcances propuestos y se quiera, por ejemplo, sistematizar el resultado de efectuar su uso dentro de un contexto y población determinada.

Si bien actualmente el arte, no está restringido únicamente a la pintura, es posible categorizarlo, de igual manera, dentro de los ámbitos en los que la representación visual se sitúa como un referente significativo. El arte, encuentra en las imágenes un mundo, e incluso unos mundos distintos, creados por el autor, que terminan siendo representados, sin tener que ser sometido al juicio de la congruencia-consistencia o no con lo que se toma como referente de realidad, es decir, las representaciones visuales del arte no establecen

parámetros de significación que intenten dotarlas de objetividad. Las representaciones visuales en el arte no tienen límite dentro de las posibles funciones que se les pueda otorgar. De este modo podrían representar objetos que no pertenecen a ;la experiencia sensible o la denominada realidad.

Contrario a lo que pasa en el arte, y sin querer darle un lugar privilegiado, los productos visuales epistémicos son la representación visual de la que se espera se acerque a la “realidad” más próxima que se quiere encontrar, es decir, dentro de la construcción de conocimiento las representaciones no cumplirían un papel puramente informativo o publicitario, sino que inmerso en este campo tendrá que apoyarse de las imágenes para funciones distintas. En el terreno de las ciencias, las representaciones visuales presentan una intención enmarcada en la objetividad con la que las comunidades científicas han intentado definir la actividad de hacer ciencia, lo que quiere decir que en alguna medida la representaciones visuales en la ciencia, si estarían bajo el juicio de la congruencia-consistencia o no, con lo que se toma como referente de realidad, y más aún la necesidad de tener que ajustar tales formas de representación a la teorización de los fenómenos a explicar. Para poder llegar a tal conclusión se presenta un análisis de las representaciones visuales en las ciencias.

### **1.1 Las representaciones visuales en la ciencia.**

Las diversas formas de representación útiles para la ciencia se ajustan en mayor o menor medida a cada una de las disciplinas según su objeto de estudio, para Amaya y Restrepo (1999) los fines de estas son: cognitivos, métodos de investigación principales, tipos de problemas que se formulen, etc. Las representaciones graficas de carácter científico han sido una herramienta crucial a lo largo de la historia de la ciencia, transmisión de información, visualización de sistemas a analizar, así como en la construcción de modelos y teorías. No es ajeno el uso de las representaciones en el ámbito escolar donde se han utilizado tradicionalmente las representaciones gráficas para diversos propósitos y con diferente grado de intensidad (Perales, 2006). Sin embargo, es preciso rastrear las inclinaciones de los científicos hacia el uso de las representaciones para la producción científica. De este modo se espera un encuentro con las representaciones graficas en el contexto escolar científico.

En una entrevista para la revista *UAB Divulga* de la Universidad Autónoma de Barcelona, Nick Hopwood<sup>3</sup> afirmó que “*La historia de la ciencia ha mostrado una tendencia tradicional al estudio de los textos olvidándose de las imágenes. Pero la práctica científica produce una amplia variedad de representaciones visuales y su estudio ofrece una excelente base para comprender la formación del conocimiento científico*” y a la pregunta ¿Por qué cree que es importante estudiar las imágenes en la historia de la ciencia? Él responde “*Abre cualquier periódico, libro de texto o página web, asiste a un programa de televisión, visita un museo... nadie puede dudar de que las imágenes visuales son fundamentales para la ciencia de hoy. La historia de la ciencia proporciona una perspectiva a largo plazo sobre cómo y por qué esto es así.*” (Hopwood, 2011) Para los intereses de esta monografía, se mostraran algunos aspectos en el contexto de la física y su enseñanza.

A partir de los años cincuenta (siglo XX), se incorporaron a la filosofía de las ciencias campos de estudio como la sociología, la historia y la psicología de manera que se fueron fundando visiones que manifestaban y evidenciaban la importancia dentro del ambiente científico de aspectos como las condiciones sociales en las que trabajan los científicos, la organización de las instituciones y laboratorios, las redes de comunicación, las técnicas experimentales, los diseños y utilización de instrumentos, y hasta los intereses privados de los científicos o de las comunidades a las que estos pertenecían (Gómez, 2005). Con todo lo anterior, y pese al trabajo y la inclusión de los elementos ya mencionados, se destaca la ausencia en la representación visual, las imágenes y las ilustraciones científicas durante esta época en la historia de las ciencias, Sin embargo, Tuay (2007) afirma que en las últimas décadas se les ha otorgado a las representaciones un valor epistémico, con lo que se puede acudir a estas como un recurso en la construcción de conocimiento científico que sea relevante para la sociedad actual.

Por medio de una reinterpretación del concepto de modelo y de su papel en el quehacer del científico, la filosofía de la ciencia ha elaborado, algunos enfoques que abren posibilidades para un estudio a propósito del significado, uso y función de las imágenes (Gómez, 2005). desde la filosofía de las ciencias, han llegado a ser lo suficientemente insistentes, en

---

<sup>3</sup> Profesor titular del Departamento de Historia y Filosofía de la Ciencia de la Universidad de Cambridge

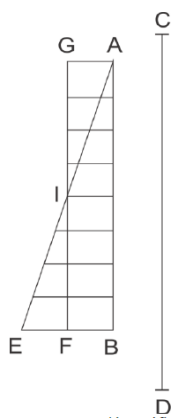
interpretar los modelos científicos, dejando a un lado todo lo relacionado con un componente lingüístico, o axiomático, desembocando en la propuesta de atribuir a las imágenes la función de modelos que representan, debido a la similitud con los objetos o sistemas físicos del mundo real

La ciencia, y sobre todo la ciencia moderna a partir del siglo XVI contiene un conjunto de elementos no lingüísticos (Gómez, 2005) dando prioridad a las técnicas de representación y de reproducción gráfica. De modo tal que en la mayoría de artículos y obras científicas, se encuentran acompañados de un aparte pictográfico, foto, gráfico y/o ilustración. Así mismo en un estudio realizado en la universidad de Granada Perales y Palacios (2006) afirman que el cincuenta por ciento de la superficie de los libros de texto de ciencias está ocupado por imágenes, lo que permite afirmar que las imágenes han estado presentes, de manera no pasiva, en la actividad científica.

Se puede resaltar el papel jugado por las representaciones gráficas en el contexto de la modelización que la comunidad científica utiliza para facilitar la descripción, la explicación y la predicción de los fenómenos naturales (Perales, 2006) En la física existe una variedad de representaciones, que dan cuenta de cómo es el mundo, mas no existe una variedad única, teniendo en cuenta que hay que hacer referencia a los experimentos, la modelización, y la pictografía. Fraassen (1996) afirma que presentar una teoría es especificar una familia de estructuras, sus modelos, y en segundo lugar especificar ciertas partes de esos modelos, como candidatos para la representación directa de los fenómenos observables y no observables; donde la finalidad de cada representación estará ligada al fenómeno (o un evento natural particular) que sea objeto de estudio. La formalización y las rutas de trabajo serán también claves para el uso o no de una u otra representación.

Históricamente, lo más cercano a las representaciones visuales en la física se encuentra en la geometría, teniendo en cuenta la posibilidad que ésta ofrece para la visualización y representación de los fenómenos. Un resumen de un artículo de Luis Santaló realizado en el año 2001 por la revista "Física, Ciencia y Micro computación" en Buenos Aires, expone que los primeros pensadores de la ciencia (filosofía natural) no necesitaron más que la recta y la circunferencia. A Kepler (Kepler, 1619) le bastó con las cónicas, Galileo (Galilei, 1632) hace uso de triángulos, círculos y otras figuras geométricas (*Figura 3*). Sin embargo,

no fue suficiente, por lo que aparece la geometría de Descartes, que amplía la geometría tradicional con la geometría en coordenadas o geometría analítica (Roit, 2001). Con esto surgía un cambio en la geometría netamente “visual” por una geometría construida desde la abstracción del álgebra, generando de este modo una nueva variedad de objetos geométricos para construir modelos de los fenómenos naturales. De ahí la base que sustenta la necesidad de la representación visual en la producción de conocimiento científico, aunque por muchas décadas la filosofía de las ciencias haya dejado a un lado un posible estudio de estas.



*Figura 3: Representación gráfica del planteamiento de Galileo para obtener la relación s-t.  
Tomada de (Rivera, 2014 Vol 8)*

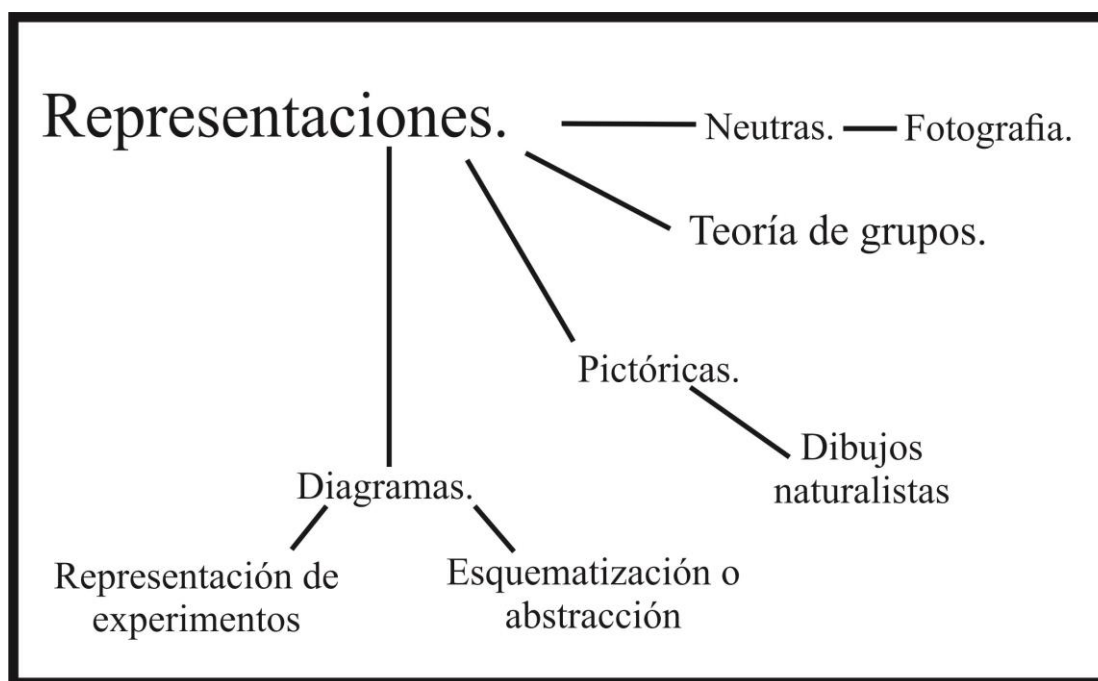
Mendivelso (2011) en su artículo geometría y física a propósito la íntima relación entre la geometría euclidiana y la mecánica clásica, afirma que “*Es imposible desligar la descripción de la estructura del universo de su descripción geométrica*”. Si se entiende la geometría como una forma de representación visual además de ser un constructo apropiado para la representación del mundo, en busca de explicaciones, llega a ser una herramienta de gran utilidad en el proceso de construcción de conceptos que son dotados de propiedades y que funcionan para explicar aquello que sí es perceptible a nuestro sistema. Un ejemplo de esto según Gómez (2005), es el campo electromagnético el cual no es visible, por mucho que lo sean sus efectos. Sin embargo, lo podemos traducir a una expresión visual, mediante representaciones.

De este modo, se infiere que las representaciones visuales han estado presentes en la construcción de las explicaciones científicas respecto a la configuración del universo y que además, la filosofía de las ciencias ha encontrado en estas un objeto de estudio con

elementos que terminan haciendo aportes positivos en el quehacer científico. En la física se encuentra la geometría como una de las formas de representación, en la que existe la posibilidad de extraer su componente visual. Aquellos que han puesto su interés en el análisis de las representaciones visuales, se han atrevido a situarlas como modelos en la formulación de teorías, pero se considera que no es suficiente rotularlas como un modelo sin hacer una revisión de la clasificación existente.

### ***1.1.2 Clasificación de las representaciones***

Para Concari (2001), un modelo es concebido como una representación posible de una cosa o fenómeno natural. Sostiene además que tal representación es incompleta, aproximada e inexacta, pero es en síntesis más simple que ella<sup>4</sup>. En concordancia con lo anterior, las representaciones estarían ubicadas dentro de los modelos; sin embargo la representación trae consigo un sinnúmero de connotaciones en los aspectos en los que estas se involucran. Para el caso científico, y particularmente de la física, existen diversas formas de representar y con base en esto, se presenta una posible clasificación de las representaciones.



*Tabla 2: Mapa general de la clasificación presentada por Gómez (2005)*

<sup>4</sup> Lo que se va a representar.

La clasificación más común que se ha elaborado de las imágenes, se sustenta en la dicotomía abstracto/ no abstracto (*ver mapa 1 para generalizar esta clasificación*), donde se discrimina los diagramas de las representaciones pictóricas. Sería apropiado entonces categorizar los dibujos naturalistas (*ver figura 5*), en los que se encuentran pinturas de animales o paisajes, y se conciben como lo más próximo a la “realidad”, la fotografía como una representación neutra; y el diagrama se ubica como una imagen que presenta un grado de abstracción muy alto, mediante el cual es posible expresar una selección e interpretación teórica de rasgos del sistema a representar. Este tipo de categorización exhibe carencias, debido a que las categorías que la componen son amplias y termina por asumirse una distinción general de los tipos de representaciones. Hablar de diagramas, resulta meramente simple, ya que en esta categoría se podrían ubicar cualquier cantidad de imágenes con miles de distinciones pero que encajan como diagramas según la definición de estos. De lo anterior se puede incluir a los mapas como imágenes considerados dentro de los diagramas (*figura 4*). Susana Gomes (2005) ejemplifica esta falencia de la condición “diagramas” afirmando que hay diagramas que efectivamente son una esquematización o abstracción de fenómenos empíricos, visualizables como los árboles, o la representación del experimento newtoniano de descomposición de la luz blanca, La *figura 6* es un ejemplo de diagrama en el que la ilustración superior muestra el dispositivo experimental tal como cualquiera lo podría presenciar, mientras que la inferior es el diagrama correspondiente aparecido en la óptica del observador (Gómez, 2005), en el que la importancia reside en la formalización geométrica que de la experiencia se puede extraer.



*Figura 4: Imagen del mapa que se considera el más antiguo. Actualmente se encuentra en el museo Konya de Turkía. Tomada de (Rivera, 2014 Vol 8)*



Figura 5: Pintura realizada en una de las expediciones de Charles Darwin (tomada de ciencia natural)

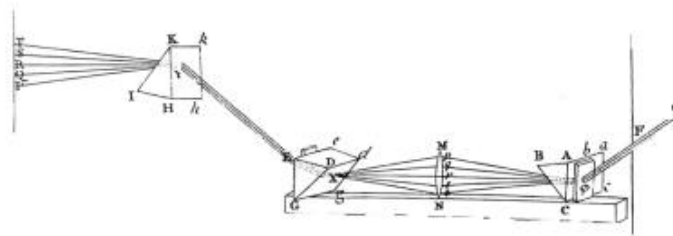
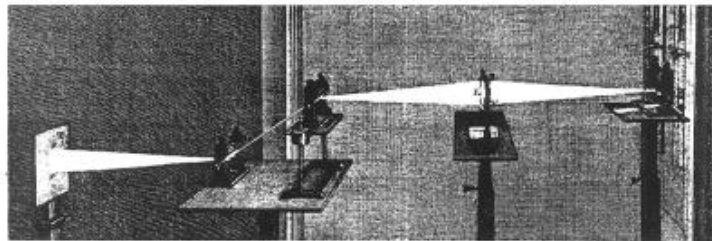


Figura 6: Tomada de Modelos y representaciones en las ciencias (Gómez, 2005)

Hay otro tipo de diagramas, por ejemplo, los árboles o mapas de las clasificaciones naturales o famosos diagramas de Feynman (figura 7) que no representan ningún objeto ni visto ni visualizable, sino que son más bien expresiones gráficas de ideas o modelos teóricos. Esta clase de diagramas presentan un grado de abstracción diferente a los que exhiben el comportamiento de objetos tangibles. Un posible diagrama del campo electromagnético, estaría ubicado dentro estos diagramas.

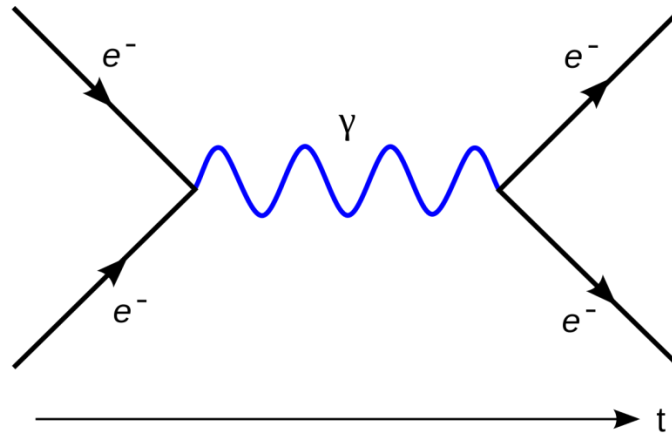


Figura 7: Diagrama de Feynman (1949) tomado de Wikipedia.

Es difícil ahora ser consecuente con tal diferenciación a propósito de los diagramas, no se pueden dejar relegados a ser la contraposición de los dibujos naturalistas, así como no sería correcto establecer que estos últimos indiquen siempre una representación idónea de un fenómeno o evento natural considerado “real”. De este modo la diferenciación entre estas dos clases de representaciones pierde todo sentido. Más aun, se podría catalogar que no existe una diferenciación marcada entre ellas.

Otra posible clasificación de los tipos de imágenes consiste en diferenciarlas partiendo de la función que les carga el autor o el objetivo que busca quien las presenta. Se podría así hablar de:

- **Función ornamental:** Donde las imágenes terminarían siendo ampliados del texto que, como mucho, transmitirían valores estéticos, emotivos, retóricos, etc., pero que son independientes a lo concerniente en el texto, en el sentido de que éste podría excluirlas completamente sin verse modificado.
- **Función pedagógica:** Desarrollada mayormente en determinados periodos de la historia de la ciencia, como el siglo XVIII, cuando los manuales de filosofía e historia natural de carácter divulgativo para un público no especializado, tuvo su auge. Se asume que en esta época, la representación se relacionaba con el proceso de información para la anunciación de los avances científicos.

- **Función descriptiva:** La imagen, más o menos esquemática, representaría miméticamente los objetos y fenómenos del mundo tal y como se encuentran en la naturaleza; sería una especie de transcripción en dos dimensiones de los resultados de la experiencia directa, y serviría como sustituto de ésta. Los dibujos naturalistas se ubican dentro de esta función, así como los mapas de Transmilenio<sup>5</sup> en los que se presenta el sistema en una descripción, de la que se espera pueda ser entendible para el público en general.
- **Función explicativa:** Las imágenes intentan hacer comprensibles visualmente los razonamientos de la explicación fenoménica de un evento natural. Piénsese por ejemplo en los diagramas geométricos de la física, en representaciones a medio camino entre la geometría y la descripción (por ejemplo las de la transmisión de la presión en los fluidos en los Principia de Newton, los diagramas de la astronomía ptolemaica). O aquellas imágenes que recurren a analogías y metáforas de lo visible para explicar lo invisible, por ejemplo, los fluidos a los que hace referencia Maxwell. De aquí, que de la geometría se puedan considerar elementos como una de las formas de representación visual. De esto se realizara un análisis a profundidad en el capítulo 3.
- **Información gráfica de datos:** Se ubican imágenes con gran cantidad de símbolos y convenciones con las que se busca la transmisión de datos obtenidos experimentalmente. Es lo que normalmente se identifica como gráficos de medición, y su función informativa depende de una serie de convenciones. Se apela a la capacidad de lectura y decodificación de éstas por parte del observador de la imagen. (Gómez, 2005)<sup>6</sup>

Así, se puede notar que una imagen puede cumplir más de una función, es decir, una imagen puede ser descriptiva y explicativa simultáneamente lo que complejiza, en gran medida, su análisis como elementos epistémicos de las ciencias, y que además ha sido motivo para su abandono por parte de la filosofía de las ciencias, quedando enmarcadas a una función ornamental, más aun, cuando tales funciones e intenciones son válidas en su

---

<sup>5</sup> Sistema de transporte masivo de la ciudad de Bogotá.

<sup>6</sup> Clasificación presentada en “Modelos y representaciones visuales en la ciencia” (Gómez, 2005)

contexto original y extráelas de este, resultaría un ejercicio vano; ya que se perdería precisamente el criterio de clasificación.

La clasificación que otros autores como, Ibarra y Morman (2007), Martínez (2001), Suarez (2003) y Zamora (2003) (citado por (Tuay, 2007)), han hecho a propósito de los modelos generados en la ciencia diverge en aspectos de funcionalidad, donde la intención de los científicos ocupa el terreno más importante en la diferenciación de modelos. Existen dos clases de representaciones: primero de ámbito mental y segundo de ámbito externo, es decir, privadas y públicas o lo que es lo mismo, internas y externas (Duval, 1999) *aquí se clasificaran las del ámbito externo*. La primera de estas, estaría relacionada con lo que se denomina intencionalidad de los autores, por lo que se sitúa como un problema ambiguo en el uso de las representaciones debido a la subjetividad presente en el momento de interpretar una imagen como ya ha sido mencionado. En segundo lugar, sin ser más o menos importante, se ubica la funcionalidad que se le otorga a las representaciones visuales.

Generalmente se pueden encontrar concepciones de representación como dibujos, tablas, imágenes, fotos e ilustraciones, por nombrar algunas, pero dentro de la mayoría de estas, se encuentra un aspecto común; y es que son *representaciones de corte visual*, lo que las diferenciaría de los modelos matemáticos o las analogías. Las representaciones visuales son las de interés en el estudio propuesto.

Ibarra y Mormann (2001), asumiendo que la ciencia parte de la representación de objetos por medio de modelos, tratan de orientarse hacia una teoría de la representación, dejando los estudios de caso a un lado, a partir de esto, Tuay (2007) Menciona la siguiente clasificación

- *Representación como isomorfía: semejanza entre los dos objetos de la representación, no desempeña papel importante en la práctica científica<sup>7</sup>. En este aspecto se ubican los dibujos naturalistas, por ejemplo el dibujo de un animal.*

---

<sup>7</sup> Esta es la postura de los autores frente a la clasificación de las representaciones, sin embargo es posible cuestionarla en el caso de las representaciones que buscan semejanza con fenómenos para su análisis, dejando a un lado los aspectos meramente estéticos. Y se podrían ubicar los dibujos naturalistas, que han realizado aportes importantes a la ciencia.

- *Representación por sustitución: Aristóteles fue el gestor de esta postura, toma lo semejante a algo no como semejante, sino como aquello a lo que se asemeja. Los números y otras magnitudes matemáticas “funcionan como sustitutos vicariales de entidades empíricas de diverso tipo” (Ibarra y Mormann 2001)*
- *Representación como Homomorfía: “representación preservadora de la estructura”. La medida del tiempo, la construcción de la longitud<sup>8</sup>; por ejemplo.*
- *Representación como homología: no depende de la forma ni de la estructura, conservan la lógica, se encuentran los diagramas en los que los signos toman un rol definitivo para la interpretación de los mismos, un ejemplo de esto, se encuentra en los diagramas que presentan la fuerza entre dos partículas cargadas (ver figura 8) donde el uso de flechas y líneas curvas y rectas pretenden mostrar la dirección del movimiento, de una partícula dentro de un campo magnético.<sup>9</sup>*

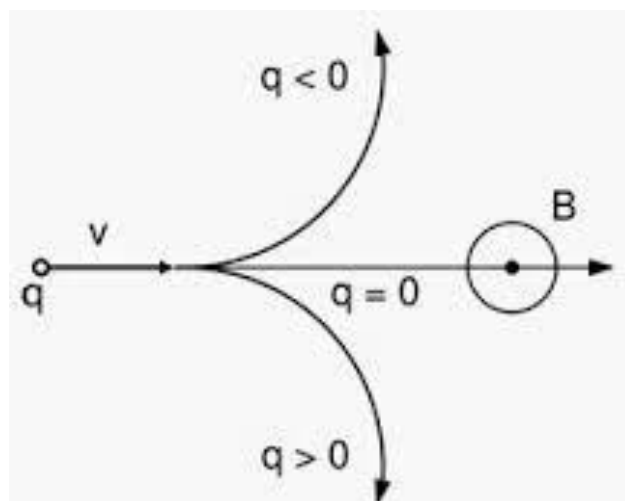


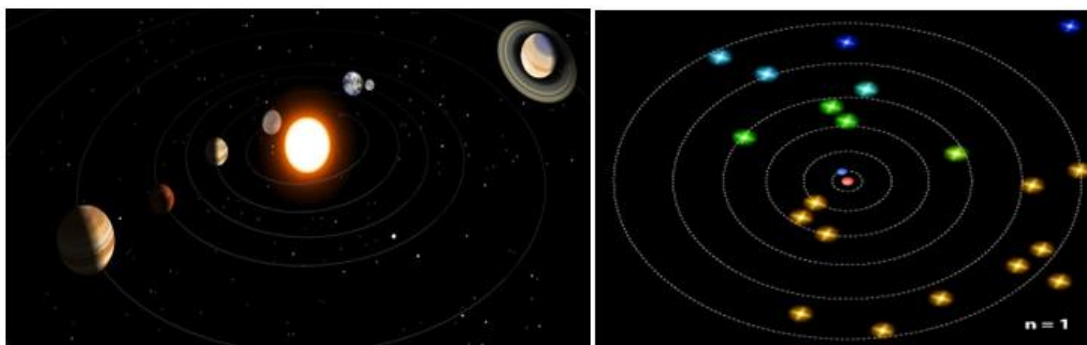
Figura 8: movimiento de una partícula dentro de un campo magnético. Tomada de (Leyes de la física 2005)

Bajo esta clasificación, los autores pretenden mostrar que las representaciones científicas no son generalmente de tipo homomórfico, es decir, del tipo de representación que, según ellos, ha sido el más estudiado en la filosofía de la ciencia, sino de tipo homológico. Un aspecto notable es que, en la ciencia, todas las representaciones forman una compleja red representacional que está establecida por diversos tipos de combinaciones. Por ejemplo, un

<sup>8</sup> En el caso de la longitud, es posible pensar en isomorfismo según lo expuesto por los autores.

<sup>9</sup> Esta clasificación es propuesta por Ibarra y Mormann y expuesta por (Tuay, 2007)

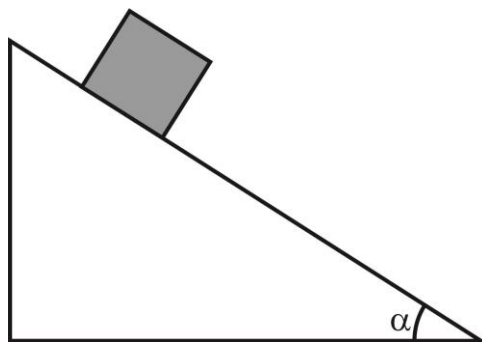
objeto o proceso puede generar diferentes representaciones o una representación puede valer para diferentes objetos, procesos o representaciones, es el caso de las representaciones existentes a propósito de los modelos atómicos, que finalmente buscan representar un mismo “objeto” y en ese orden de ideas remitiéndose al modelo atómico de Bohr; es una representación que aplica a su vez a la representación general del modelo heliocéntrico del sistema solar en el que se encuentra la tierra (*figura 9*). Por lo que esta clasificación de Ibarra y Mormann, ha tenido tropiezos, para diferentes autores como por ejemplo, Martínez, (2001), quien considera que este tipo de enfoque formalista del tema de la representación tiene serias limitaciones. Martínez (2001), partiendo de la historia de la ciencia, muestra que no queda claro qué tipo de clasificación están ofreciendo. Pero, según Ibarra y Mormann, “se trata de una clasificación motivada por razones esencialmente metodológicas, pero nunca queda claro cuáles son esas razones, más bien parece que las motivaciones son metafísicas” (Martínez, 2001: 75-95). (Citado por (Tuay, 2007))



*Figura 9: Izquierda una representación del sistema solar desde la postura heliocéntrica, derecha el modelo atómico de Bohr.*

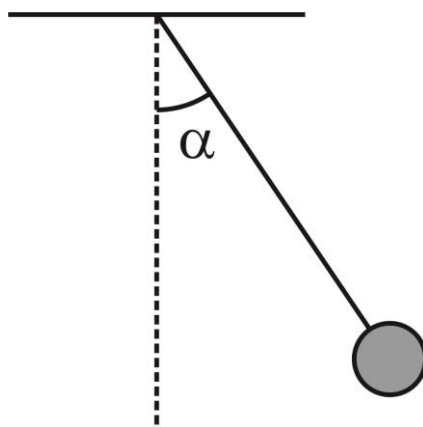
Suárez (2003), indica que las fuentes de representaciones científicas pueden ser objetos físicos concretos- sistemas, modelos, diagramas, imágenes o ecuaciones- lo que implica que puede haber una gran variedad de medios, ya que la representación hace su trabajo a su modo: el isomorfismo y la similitud son simplemente dos medios de representación comunes pero, hay otros como la ejemplificación, la convención y la verdad. Suárez (2003) se opone fuertemente a las teorías que conciben la representación por isomorfía, es decir, por semejanza. No se debe entonces, considerar que el calificativo que se le pueda asignar a una representación, este en términos de lo que se parezca o no con la cosa a ser representada.

En las representaciones pictográficas, se suele caer mucho en esa comparación. Sin embargo en representaciones ya establecidas, se asume que la tradición estará en lo correcto. Para ejemplificar, se puede pensar en el plano inclinado (*Figura 10*) En este tipo de representación, no es relevante su similitud con un plano inclinado “real”, ya que su función es facilitar la visualización de un evento, con la que se logra organizar las variables que hacen parte del planteamiento y la solución del problema de movimiento de un cuerpo.



*Figura 10: La representación más común y aceptada de un plano inclinado, En él se encuentra la geometría que permite configurar los aspectos que intervienen en la solución del problema de movimiento*

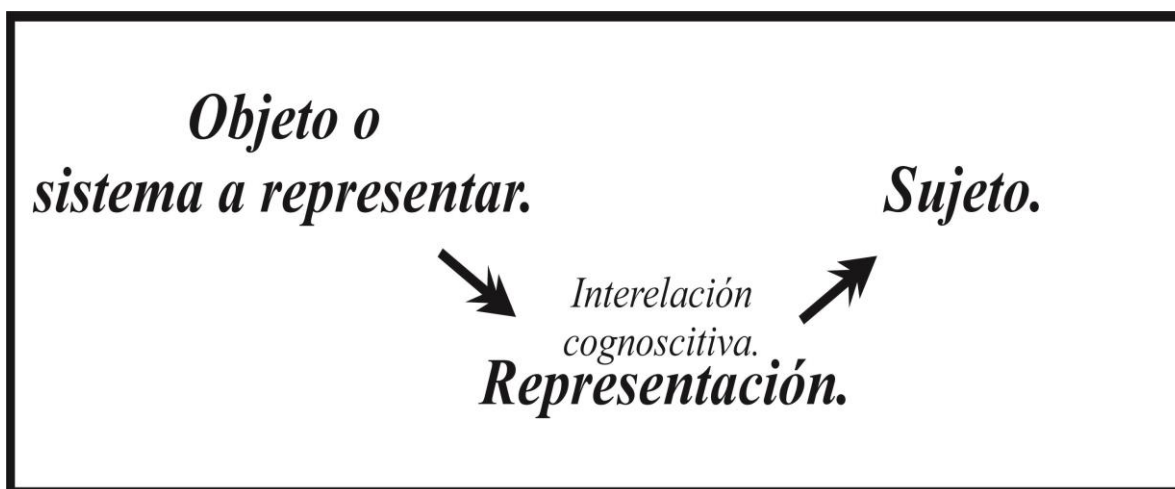
La representación de un péndulo simple (*figura 11*), facilita la comprensión de la configuración de este sistema y permite realizar el análisis que da cuenta de los posibles movimientos. La geometría presente en la configuración del sistema, se concibe como una forma de representación visual, que permite hacer visibles los aspectos espaciales, y características del sistema que se involucran en este fenómeno.



*Figura 11: Representación de un péndulo simple para el caso ideal, donde se permite caracterizar el sistema, para la configuración y los posibles movimientos.*

### 1.1.2.1 Representaciones visuales de lo visible y representaciones visuales de lo no visible

Aparece en escena otra posible distinción entre las imágenes usadas en la ciencia, aunque no es posible afirmar que carezca de contrariedades como las presentadas anteriormente. En esta, se categorizan entre representaciones visuales de lo visible y representaciones visuales de lo invisible. Los ejemplos mostrados con anterioridad (*figuras 10 y 11*), pueden “dar luces” de esta nueva clasificación, aunque para esta se necesite mucho más que eso. Se establece la diferenciación, en función del objeto o sistema real que se pretende representar, es decir, en la situación de la interrelación cognoscitiva entre el objeto representado y el sujeto (*Cuadro 2*).



*Tabla 3: interrelación cognoscitiva entre el objeto representado y el sujeto*

La condición de visibilidad, está íntimamente ligada a la observación mecánica (el impulso que llega al cerebro de lo que los ojos ven). Se puede realizar entonces una representación de un árbol o del cuerpo humano por ejemplo, y se puede hacer una comparación con el árbol del parque o con una persona y notar si se “parece” o no a el dibujo. En sentidos prácticos y sin una vasta profundización, no se encuentra mayor dificultad en la representación de estos sistemas y objetos.

En este momento es necesario plantear la idea de objetos o sistemas no visibles que necesitan ser representados. Hay una invisibilidad que depende de nuestro sistema perceptual, y que sin embargo mediante el uso de instrumentos que potencien las

capacidades perceptivas de los sujetos (lupas, microscopios,...) podrá ser resuelto convirtiéndose en una imagen visible. Hay otra invisibilidad, en cambio, que depende de las propiedades de las cosas: un campo electromagnético no es visible, y no existe aún un instrumento que permita romper la restricción que no permite hacerlo visible. La naturaleza misma del campo magnético termina siendo entonces una representación que permite explicar los efectos que se pueden estudiar dentro de los fenómenos magnéticos. Por otra parte, los experimentos mentales, catalogados de esta manera en concordancia con la imposibilidad de realizarlos y tener un referente visual de estos. Para Faraday por ejemplo, las líneas de campo magnético eran reales, existían ontológicamente y se visualizaban con instrumentos como imanes y cuerpos magnéticos, se profundizará más en este aspecto en el capítulo tres.

Ahora bien, hay experimentos mentales o imaginarios que pese a no ser visibles funcionan como una aproximación ideal a lo visible y pretenden sintetizar fenómenos que si lo son, mientras que hay otros que por su propia naturaleza no parten de, ni se refieren a lo visible. Un ejemplo de esto se encuentra en el caso del ascensor de Einstein, dentro del cual hay un sujeto que no puede decir si se encuentra en un campo gravitacional o acelerado; un rayo de luz que atravesase el ascensor se doblaría hacia abajo si el ascensor estuviese acelerado, pero por el principio de equivalencia haría lo mismo si se tratase de un campo gravitacional; sólo que las condiciones requeridas para que eso se produjese serían tan extremas que ningún observador real las resistiría (Gómez, 2005). La representación pictórica funciona en este caso como un simulador que facilitaría la comprensión y la interrelación con los elementos e hipótesis propuestas.

### ***1.1.2 Las representaciones como modelos visuales***

La construcción de modelos se hace en pro de dar explicaciones, validar teorías e incluso se ha considerado, son el puente entre las observaciones y las teorías, por lo que se les puede exaltar a ser núcleos centrales del conocimiento científico. La modelización sería entonces, uno de los procesos fundamentales para construir y utilizar el conocimiento científico. Estos permiten plasmar la imaginación de los científicos en diagramas que como por ejemplo, los de Feynman, no representan ningún objeto ni visto ni visualizable. De

manera análoga, la construcción de modelos mentales, a los que no se puede acceder en forma directa, permite a los científicos como Einstein, por ejemplo, idealizar experimentos, aproximándolos a lo visible.

Con lo anterior, se induce la reflexión a la concepción representacional de los modelos como una alternativa filosófica para entender cómo funcionan las imágenes científicas tal y como lo presenta Susana Gómez (2005) en el capítulo modelos y representaciones visuales en la ciencia, del libro *Escritura e Imagen*; donde considera las imágenes como modelos que engloban las múltiples posibilidades del mundo real, según su relación de similitud. Desde la postura positivista de Gómez (2005) un ejemplo de relación de similitud entre una imagen representativa, y el objeto representado, se puede observar en la imagen de un árbol (*Figura 12*), en la que la posibilidad de contemplar, medir, tocar; y de este modo tener referentes de comparación que permitan establecer las relaciones de similitud.



*Figura 12: imagen de un árbol que puede ser comparada con un árbol existente para establecer una relación de similitud Tomada de (Arte natural)*

La modelación relacionada con sistemas de representaciones integra: símbolos, signos, figuras, gráficas y construcciones geométricas (Plnachart, 2005). Éstos expresan el concepto y suscriben el modelo con el cual es posible interpretar y predecir comportamientos de fenómenos físicos. Para Plnachart (2005) la modelación es la representación de un objeto matemático que está vinculado a una situación física o real, en el caso de las líneas de fuerza magnética, si bien en principio se pensaron como una explicación lógica y coherente geoméricamente para los fenómenos magnéticos, para

Faraday tienen existencia ontológica, que bien podría ser modeladas mediante una representación visual y matemática. Las representaciones visuales, además, pueden motivar a quiénes en el proceso de modelar construyen el concepto; y así éste adquiere sentido para ellos. Ball & Wittrok (1973) [citados en Castro y Castro, 1997, p. 104] señalaron que "*Los sujetos que han dibujado por sí mismos un diagrama para la formación de un concepto, recordarán dicho concepto con mayor significación que cuando se les ha proporcionado el dibujo*".

## Capítulo II

### 2. Las representaciones en la enseñanza de las ciencias

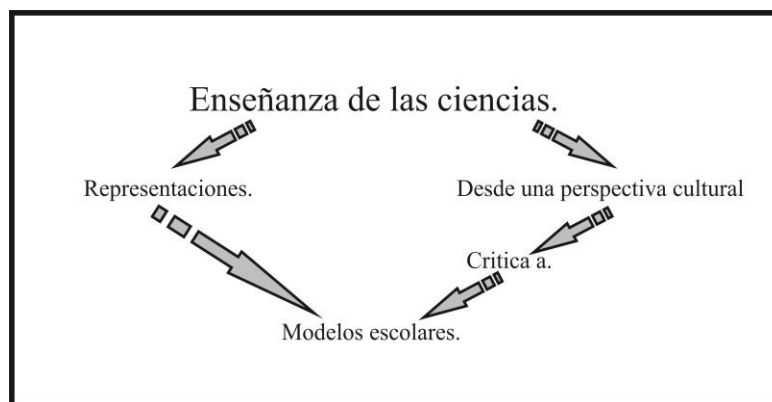


Tabla 4: Capítulo II Las representaciones en la enseñanza de las ciencias

La tarea inicial para la humanidad, según Hacking (1996), en su libro “Representar e intervenir” es la de representar, lo que permite construir la realidad. Afirma además que en la física no existe una verdad única sino una variedad de representaciones que dan cuenta de cómo es el mundo. Teniendo en cuenta que si se asume la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural, la ciencia y su enseñanza se posicionan como una actividad de elaboración de explicaciones, por parte de los sujetos, y de formas diversas de relación con el mundo (Barragan et al.,2011), es en este sentido donde se hace válido afirmar que el saber científico tiene que estar sujeto a reconstruirse y resignificarse, de modo tal que adquiera sentido en las comunidades actuales. Con miras a construir y explicar su realidad inmediata, las nuevas culturas necesitan generar un espacio en el que se le dé lugar a una de las múltiples representaciones que existen y se usan en las ciencias.

Los sujetos de ciencia y pensadores de su enseñanza han utilizado tradicionalmente las representaciones gráficas para diversos propósitos (Perales, 2006) entre los que se

encuentran, la posibilidad de hacer visible lo invisible, lograr la imagen de una idea abstracta, o simplemente generar la imagen de una situación que se va a analizar, en los aspectos ya mencionados. La frecuencia del uso de las representaciones gráficas no se podría generalizar ya que no es constante, y tampoco se ha estandarizado. Entendiendo que las imágenes e ilustraciones hacen parte de las representaciones gráficas, se ve la necesidad de realizar un análisis en el que se profundiza en la pertinencia que estas tienen en el intento de dar explicaciones científicas a la multiplicidad de fenómenos desde el contexto escolar, que afectan el entorno de los sujetos. Estas formas de representación, además de estar inmersas en el ámbito escolar se encuentran fácilmente en los libros de texto.

La coherencia entre el lenguaje verbal y el visual usados en la enseñanza es un factor de gran ayuda (piénsese, a este respecto, en la unidad que forman ambos formatos en el lenguaje de los cómics), debiéndose favorecer en el estudiante la realización de actividades en un doble sentido, esto es, la construcción de las imágenes a partir de un texto escrito y a la inversa (Perales, 2006) Sin embargo, las dinámicas de una sociedad inmersa en un contexto de cambios tecno científicos, son protagonistas de la inminente sustitución de los medios clásicos de transmisión de información (libros, revistas, etc.) por otros esencialmente visuales (televisión, internet, etc.), sin embargo ha prevalecido el componente verbal, formado por conceptos, relaciones entre ellos y sus representaciones (símbolos y lenguaje lógico-matemático) (Perales, 2006). El componente verbal, sin dejar de ser importante en la construcción de conocimiento, no será el propósito de la investigación aquí planteada, será el uso de las representaciones visuales en la construcción del conocimiento, para el caso de los fenómenos magnéticos, desde la teoría de campos.

Como ya se ha mencionado, la filosofía de las ciencias durante un largo periodo tuvo relegado un posible estudio de las representaciones visuales en las ciencias, por ende, no existe aún una teoría general de las representaciones (Tuay, 2007) que si bien no tendría la última palabra al respecto, daría inicio a la inclusión formal de estas en el quehacer científico. Una imagen, no puede ser verdadera ni falsa, *Gombrich* decía: «una imagen nunca es ni verdadera ni falsa, así como un enunciado no es ni verde ni azul» (Gómez, 2005). De una imagen, es posible afirmar que es semejante, o que corresponde más o menos a algún objeto. Esta parcialidad de las imágenes a su verdad o falsedad es una de las

principales razones que han hecho inviable el estudio de su valor científico en el marco de una concepción sintáctica y lingüística (Gómez, 2005). Sin embargo, Tuay (2007) afirma que en las últimas décadas se les ha otorgado a las representaciones un valor epistémico, con lo que se puede acudir a estas como un recurso en la construcción de conocimiento científico que sea relevante a la sociedad actual. De este modo las explicaciones que se construyan de los fenómenos, no terminaran como algo ajeno a la realidad inmediata de los sujetos, sino que se entenderán y asumirán con propiedad.

Desde el punto de vista de la epistemología de la ciencia, es preciso que el estudiante sepa en cada momento cuál es la “realidad”<sup>10</sup>, su modelización y la representación mediante imágenes, a fin de evitar la confusión entre esos tres planos (Perales, 2006). La confusión entre estos aspectos podría generar efectos contraproducentes en el uso de las representaciones científicas; más aún cuando se trata de fenómenos como los magnéticos, ya que como se ha mencionado, este tipo de fenómenos, no están articulados de manera directa con la experiencia sensible. En ese orden de ideas, la construcción científico-visual se establece como una de las prioridades de la acción educativa para dotar a los estudiantes de herramientas cognitivas con el fin de comprender y construir la sociedad, bajo una postura reflexiva y crítica frente a la ciencia como una visión de mundo, con la posibilidad de dejar de ser consumidores de información, para transformarse en productores de su propio conocimiento, un conocimiento contextual que no se desarticule de las necesidades propias de los estudiantes.

Los modelos como forma de representación, no solamente funcionan como instrumentos, y cualidades de pensamiento, sino que además enseñan algo sobre lo que representan (Delgadillo, 2009). Los modelos más comunes para la enseñanza de la ciencia son dibujos, maquetas, analogías; los cuales varían por temática, nivel escolar y la intencionalidad por parte del docente, todos presentan ventajas y desventajas. Con todo esto no es recomendable el abuso de ninguno de estos modelos, pero si hacer uso de manera alterna. La construcción de modelos implica la apropiación de la representación por parte del

---

<sup>10</sup> Se propone desde la visión positivista de la ciencia, en la que se quiere dotar de carácter objetivo la actividad científica; sin embargo se extrapola el término realidad a la existencia intrínseca de un objeto que pueda ser representado, y que sea este el referente de “verdad”.

docente, darle un enfoque pedagógico, y hacerlo afín con la teoría a explicar. Debe mantener siempre, frente a los estudiantes, la claridad que en la actividad de modelación, el propósito no es el de encontrar una verdad absoluta, contrario a esto dejar claridad en la afirmación, que todo lo mostrado no deja de ser modelos explicativos, y que un mismo fenómeno puede ser abordado desde varios modelos.

## **2.1 La enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural**

Con lo mencionado anteriormente, y bajo los argumentos expuestos en relación con la actividad científica, resulta apropiado dejar a un lado la diferenciación que se hace generalmente entre esta actividad, y la enseñanza de las ciencias. Es entonces como las representaciones visuales obtendrán aún más sentido en esta actividad conjunta, preocupada por el contexto y finalidad de la construcción de conocimiento científico.

El universo y la configuración generada para entenderlo, ha llevado a la elaboración de cosmovisiones diversas, que están supeditadas al contexto y época en la que surgen. Siendo así, la actividad científica se cataloga como una de las posibles visiones con las que se entiende y manifiesta las concepciones correspondidas con la experiencia de los sujetos y su entorno.

Bajo esta postura, se plantea en esta investigación la ciencia como *una actividad realizada por un grupo humano que se ha venido diferenciando y conformando históricamente como tal mediante la construcción de formas especiales de ver, de argumentar, de dar validez a las afirmaciones sobre el mundo y con ello de actuar* (Ayala & Malagon, 1989). En este sentido, la actividad científica no es exclusiva de un sujeto, o de una colectividad que hace algo especial y diferente al resto de los seres humanos, y que luego esos productos logrados por esa “selecta” comunidad tienen que ser difundidos y transmitidos. Contrario a esto, la ciencia se considera aquí como una actividad en la que los productos obtenidos, no son fruto del trabajo de un individuo, sino de las relaciones que se logran entre hombre - naturaleza y hombre-sociedad, una actividad que “no se diferencia radicalmente de otras

*realizadas cotidianamente e incluso las ideas científicas se alimentan de ideas que forman parte de la cultura común” (Ayala & Malagon, 1989).*

Con lo anterior y situándose en la enseñanza de las ciencias, es posible entonces, *entender al estudiante no como un sujeto aislado y sin historia sino como un sujeto inmerso en un contexto social-cultural que lo define...* (Ayala & Malagon, 1989) es por esto que desde la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural, se reconoce a el estudiante como un sujeto que ha construido conocimiento que antecede a su encuentro con la ciencia, y que además, tal conocimiento le ha permitido preocuparse, dialogar, y entender las cuestiones que lo relacionan con el mundo.

Bajo esta perspectiva de enseñanza de las ciencias, se pueden encontrar contradicciones con el uso de representaciones, si se asume que estas solo funcionan en la transmisión de información, y como se hizo hasta la última década del siglo XX no se piensan las representaciones visuales como un aspecto importante en la construcción de conocimiento científico, en la medida que estas se asuman como modelos que favorecen la apropiación de elementos que ayudan a configurar la experiencias que necesariamente tienen que ser abordadas para el estudio de aquellos fenómenos que lo ameriten, debido a las restricciones que el sistema perceptual de los seres humanos presenta.

*“Es normal que algunas experiencias relacionadas con la física sean perceptibles con los sentidos, y se cuente con un conjunto de experiencias y de formas particulares de organizarlas funcionalmente... Sin embargo, en el caso de los fenómenos eléctricos, normalmente no se tiene un conjunto de experiencias ordenadas coherentemente que sean funcionales para la cotidianidad”*

(Medina & Tarazona, 2003)

Es permitido trasladar la última cita afirmación al caso de los fenómenos magnéticos, en los que su organización, estudio y análisis no puede estar referido a la experiencia permitida por los sentidos. Es en estas situaciones donde el uso de imágenes cobra un valor diferente

a la transmisión de información, coherente con la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural. Ya que en el desarrollo análisis histórico del magnetismo mediante la revisión de textos, se evidencia un proceso de evolución conceptual, en términos de la reestructuración del conocimiento que tiene un significado especial en la enseñanza de las ciencias (Moreno, 2008), donde la teoría de campos, surge como una posible explicación para los fenómenos magnéticos, en la que el uso de las representaciones visuales fue un ente organizador de esas experiencias, esto se desarrollara en el capítulo 3 (3.1)

### ***2.1.2 Modelos escolares en la enseñanza de los fenómenos magnéticos.***

Como ya ha sido mencionado, para el análisis de los fenómenos magnéticos, es imprescindible la organización de experiencias que permitan la construcción de explicaciones conceptuales frente a los fenómenos, reconociendo que estos últimos también son constructos que los sujetos realizan, desde sus aproximaciones a los eventos tangibles, y percibidos desde los sentidos. Para hacer frente a esto, en libros de texto como *Física Volumen 2* (Halliday, 1996) se presenta una explicación general de los fenómenos magnéticos en relación con el formalismo matemático, desconociendo factores como la actividad experimental y las posibles imágenes que de estos fenómenos se realicen durante su análisis. En otros más arriesgados como *Física Conceptual* (Hewitt, 1997) se proponen actividades con imanes con las que se espera beneficiar la aproximación de los estudiantes con este tipo de fenómenos ya que se hace uso de representaciones visuales para cada una de las actividades propuestas a ser realizadas en el aula. La función de estas imanes se ubicaría en la de información de instrucciones

El análisis de los imanes en aspectos como: polaridad magnética, campos magnéticos, naturaleza del campo magnético, dominios magnéticos y la introducción a la relación entre electricidad y magnetismo en *Física Conceptual* (Hewitt, 1997) precisa el uso de imágenes que finalmente se establecen como modelos escolares en los que no se hace la revisión de la coherencia existente entre la teoría y tales modelos, en cuanto como ya fue mencionado, se reducen a ser el medio de instrucción para la actividad experimental, en cuanto terminan siendo imágenes inamovibles, de lo que se espera deben llegar los estudiantes.

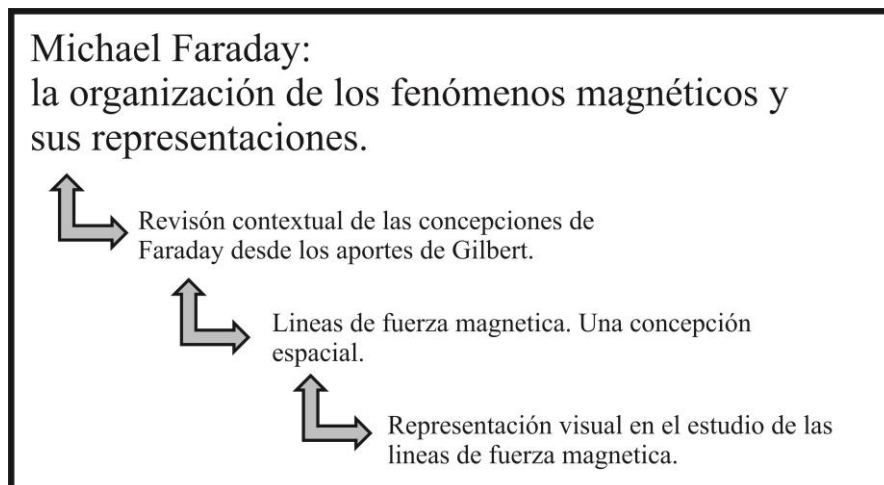
Generalmente aquellos que dedican sus esfuerzos al quehacer científico, se encuentran rodeados de acompañantes que se involucran en distintos aspectos dentro de las dinámicas requeridas para obtener resultados que ameriten ser considerados por la comunidad científica. Pese a esto, el afán existente para acentuar la ciencia como la visión optima del mundo, ha llevado a que su enseñanza se encuentre con lineamientos establecidos que excluyen los procesos “ajenos” a la actividad científica, pero que sin ellos la historia sería diferente. Es indudable que las teorías y modelos que expone la ciencia, no son efectos exclusivos de una persona encerrada en un laboratorio para finalmente descubrir lo impensable.

Frente a esto, es posible mencionar las condiciones que desde la actualidad, se consideran aquí pertinentes para asumir la actividad científica. Se puede presumir la ciencia como un conjunto de productos elaborados de los cuales solo se logra adquirir información para darle continuidad a la producción científica. Aunque es posible pensar además, la ciencia como una actividad que si bien ya ha sido objeto de interés de otros, está sujeta a reconstrucciones y elaboraciones en contextos diferentes a los que originalmente se obtuvieron, que es lo que se realiza desde la escuela, por lo que se afirma que no existe diferencia alguna entre lo que se denomina actividad científica y enseñanza de las ciencias. Desde cualquiera de las dos visiones, es imposible asumir que se puede realizar actividad científica desechando lo ya ejecutado

Desde la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural, se cuestiona la introducción de límites, establecidos por modelos predeterminados que sesgan las explicaciones de los estudiantes reduciéndolas a repetir tales modelos. Se espera que el uso de modelos, visuales en concordancia con lo planteado en la presente investigación, se de a partir de las obtenciones propias de los estudiantes, que permitan representar visualmente sus concepciones; que aunque deben entrar en concordancia con las explicaciones que la teoría ofrece a propósito del fenómeno a estudiar, no deben desligarse de sus experiencias previas al aprendizaje de dicho fenómeno.

## Capítulo III

### 3. Michael Faraday: La organización de los fenómenos magnéticos y sus representaciones.



*Tabla 5: Capitulo II Michael Faraday: La organización de los fenómenos magnéticos y sus representaciones*

En este capítulo, se presentará el análisis contextual realizado a una parte del trabajo teórico – experimental realizado por Faraday, con el fin de rastrear los cambios conceptuales frente a las explicaciones de los fenómenos magnéticos y las implicaciones que con esto llegarían frente a la representación de dichos fenómenos. Desde una mirada en la que las representaciones visuales dentro de la construcción de conocimiento, dejan de ser agregados omisibles, para tomar un papel activo que permite transmitir información, organizar experiencias, analizar situaciones, y hacer visibles aquellos eventos que de otras formas no podrían verse.

### 3.1 Revisión contextual a las concepciones de Faraday desde los aportes de Gilbert (1600)

El físico y químico Michael Faraday, estableció un trabajo experimental que ha sido una de las bases en la formulación de teorías que se posicionaron de manera sobresaliente en diversos campos propios de la ciencia, esto lo llevó a la teorización y exposición de posibles explicaciones para los resultados obtenidos. Faraday, pone en evidencia una serie de situaciones con las que se logra enmarcar las leyes de la naturaleza e introduce una mirada global de los fenómenos naturales dentro de un contexto armónico (Orozco, 1996) es decir, Faraday debía tener total convencimiento, y más aún, le apostó a la posibilidad de generar explicaciones homogéneas para distintos fenómenos que se presentan en la naturaleza. Para lograr esto, era necesario acceder a una cosmovisión que, como señala Orozco (1996) se va construyendo a partir de las formalidades y semejanzas entre los más diversos fenómenos naturales, de la búsqueda de una explicación racional cada vez más elaborada y comprehensiva de los distintos poderes que se manifiestan en el mundo físico; *una cosmovisión novedosa en la que los poderes se extienden indefinidamente por todo el espacio y parecen residir, en últimas en dicho espacio* (Orozco, 1996).

Una de las investigaciones que realizó Faraday (1849), reposa en el compilado *Experimental Researches in Electricity* publicado en 1849 por la universidad de Londres. Se presentan en este documento<sup>11</sup> las deducciones de su trabajo experimental en relación con los fenómenos eléctricos y magnéticos, a la par con sus análisis y tesis para que fuesen puestas en consideración. Para la época, en el caso particular de la electricidad y el magnetismo ya existían planteamientos fundados en las investigaciones respecto a la interacción entre cuerpos electrificados y magnetizados. Para establecer tales planteamientos, fue necesario reorganizar la experiencia y de este modo examinar

---

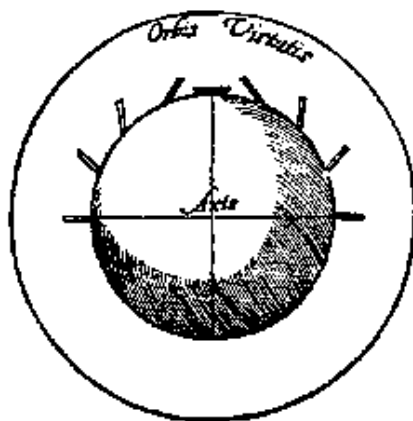
<sup>11</sup> En *Experimental Researches in Electricity* (Faraday M. , 1849), se presenta el trabajo experimental y los análisis realizados por Faraday en relación con los fenómenos eléctricos y magnéticos.

fenómenos desconocidos dentro de las situaciones relacionadas con electricidad y magnetismo, lo que también implicaba desplegar inventivas estrategias de medida, y así, la práctica experimental dotara de objetividad el estudio de los denominados poderes eléctricos y magnéticos. Bajo este panorama se situaba Faraday:

*“Michael Faraday (1791-1867) cuyas preocupaciones científicas y filosóficas lo sitúan como pionero en la formulación de una teoría física de campos y como uno de los más fervientes convencidos en la posibilidad de una teoría unificada, a cuya luz los variados fenómenos de la electricidad, el magnetismo, la gravedad, el calor, la luz y la química se podrían explicar con base en los mismos principios y se articularían en una teoría global y fácilmente comprensiva, (...) a la cual no es menester ahondar en las especulaciones ni abusar de las hipótesis”.*

(Orozco, 1996)

Aunque se considera a Michael Faraday como *pionero en la formulación de una teoría física de campos* (Orozco, 1996), el trabajo realizado previamente por Gilbert y enmarcado en *De Magnete* (1600) propone una visión anterior a la de Faraday respecto a los fenómenos magnéticos, en la que se exhibe las apreciaciones que Gilbert hace gracias a las observaciones de las piedras encontradas en la naturaleza (*limestone*), y que presentan propiedades de tipo magnético. Se encuentra dentro de las experiencias realizadas por Gilbert, una que permite incluir “polos magnéticos” dentro de los conceptos fundamentales en la teorización para tales fenómenos, y con esto, se da inicio a las primeras dilucidaciones a propósito del comportamiento magnético de la tierra.



*Figura 13: Representación del experimento de Gilbert (1600), con el que demuestra la polaridad de la piedra imán. Tomada de De magnete (1600)*

*“...Los polos se encuentran también en un piedra redonda (imán esférico o terella), con la ayuda de un versorium, una pieza de hierro tocada 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 13): 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 encontrará, la convergencia de la dirección de las líneas, encontrara un polo en el punto A, el otro en el B”*

(Gilbert, 1600)

La representación que presenta Gilbert (1600) (Figura 9), exhibe las observaciones del experimento que realizó Gilbert. La esfera sombreada, es el esbozo de la piedra-imán, y en su zona más próxima, se encuentran las barras de hierro. La disposición de las barras de hierro, es diferente en cada zona de la piedra. Esta dependencia de la ubicación de la barra de hierro y el espacio dentro de la zona próxima de la piedra, permite que Gilbert defina la polaridad de ésta. Respecto a la imagen, estaría ubicada como una representación, que si bien informa a aquellos quienes no han realizado la experiencia, también se constituye como una herramienta para la organización de las observaciones, esto es, para el análisis de la nueva organización espacial. El dibujo<sup>12</sup> permite extender la experiencia de modo tal que no sea necesario la repetición de la actividad experimental. No quiere decir que sólo con realizar la práctica una vez y realizar es dibujo será suficiente para generar las hipótesis y afirmaciones, que en este caso Gilbert logró; sino que se funda como señalaría (Tuay, 2007) en una *representación como homología*<sup>13</sup> en la que se conserva la lógica y se pretende representar las direcciones de movimiento, mediante flechas y signos. Y como valor agregado se concluye que este tipo de representaciones, favorecen en la visualización de aquellos fenómenos de los que el único referente posible para la percepción humana son sus efectos, en este caso los cambios de posición y orientación del versorium y cambio de ángulo, lo que permite concluir en la polaridad como una explicación para estos efectos.

---

<sup>12</sup> En este caso, es una representación pictórica que se supone fue realizada por Gilbert 1600

<sup>13</sup> Ver clasificación de las representaciones 1.1.1

De aquí, que del trabajo de Gilbert sea posible puntualizar algunas cualidades del magnetismo, mediante la experiencia con la piedra imán. La observación de las interacciones entre esta clase de piedras y el hierro, permiten hacer de este último un indicador apropiado para identificar las zonas de mayor convergencia, y de esta manera definir los polos de la piedra imán; todo esto se logra teniendo en cuenta únicamente el efecto de atracción (Bravo, 2012). El análisis de los efectos de repulsión, resulta diferente debido a que estos solo se presentan entre piedras (imanes), por lo que en principio se consideraba que la naturaleza del efecto de repulsión era diferente al de atracción, y el hierro pierde importancia para este caso<sup>14</sup>. Gilbert consigue analizar el fenómeno de atracción entre imanes, partiendo en dos una *piedra de forma oblonga* (figura 14). Donde después de ubicar el polo norte y polo sur, de cada una de las mitades de la piedra, logra evidenciar que entre polos iguales, el efecto es de repulsión.

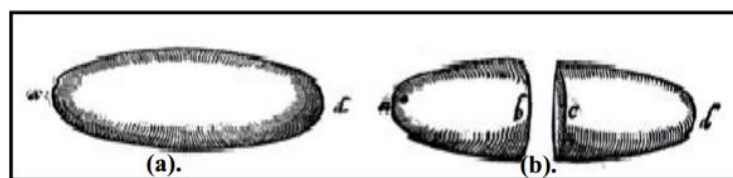


Figura 14: La fragmentación de una “piedra imán”, permite el análisis de los efectos de repulsión en virtud de las propiedades magnéticas, e interacción entre polos iguales. Tomada de *De Magnete* (Gilbert, 1600) (citada por Bravo, 2012)

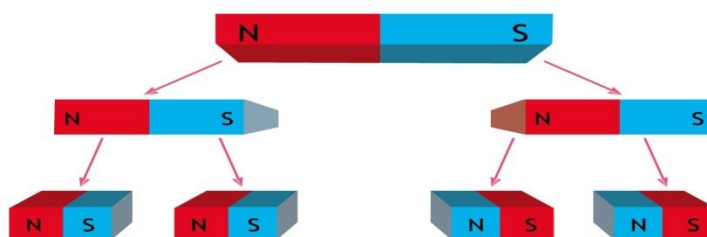


Figura 15: Representación actual de la fragmentación de un imán. (La actividad de la ciencia)

Esta representación, si se clasifica en términos de funcionalidad, resulta siendo meramente informativa. No con esto, se plantea que las representaciones que informan, tengan menor importancia que aquellas que permiten la visualización de fenómenos o la organización de

<sup>14</sup> Las barras de hierro son necesarias para definir polo norte y polo sur.

experiencias. En el campo de la enseñanza de las ciencias, sin entenderse como la transmisión de información, la necesidad de aproximar a los individuos a la experiencia sensible frente a los fenómenos, y de este modo organizar las concepciones, hace que este tipo de representaciones cobre relevancia. Con esto, lo que se está planteando es que mediante imágenes informativas realizar el trabajo experimental resulta más eficiente. En la actualidad, por ejemplo, realizar una práctica experimental en la que se requiera la fragmentación de imanes, y de este modo presentar la no existencia de mono-polos magnéticos, el uso de esta representación permite a los estudiantes concebir la idea principal dentro de la práctica experimental.

El trabajo realizado por Gilbert (1600) pone de manifiesto que aunque para la filosofía de la ciencia, no ha sido relevante el estudio de las representaciones, su uso por parte de los actores de la ciencia, ha estado presente desde los inicios en la formulación de teorías. Estas representaciones generadas en los trabajos primarios en la construcción del conocimiento científico, son adaptables a la construcción de explicaciones científicas en la actualidad. De este modo, estarían incluidas dentro de la actividad científica realizada en el aula escolar.

Todo esto es posible teniendo en cuenta la intención de cada actividad en la que la representación va a ser útil. Si bien, por lo ya mencionado, es posible evidenciar la necesidad de las representaciones dentro de la clase de física, en el caso de los fenómenos magnéticos, no se puede reducir el dinamismo de estas a la representación excesiva para todos los tópicos. En el caso del análisis de los fenómenos de atracción y repulsión magnética entre imanes, la actividad experimental resulta irremplazable, ya que con esta, será posible identificar los efectos mecánicos presentes, en lo que la representación visual no resulta suficiente. Sin embargo, para la conceptualización y apropiación de los elementos involucrados en tales circunstancias entrarían las representaciones visuales, como elementos para el análisis y organización de la experiencia

Teniendo en cuenta que la actividad científica, no se limita a la producción de explicaciones por parte de un solo individuo, sino se asume la actividad científica como las construcciones propias de un contexto determinado, en la que el papel de las conclusiones y

explicaciones establecidas con anterioridad a dicha actividad, cobran importancia, ya sea para descartarlos, replantearlos o reafirmarlos. Es importante mencionar que para el trabajo de Faraday no era desconocido lo ya realizado por Gilbert, contrario a esto, en sus aportes se podría encontrar un referente. Bajo este panorama Michael Faraday, desarrolla su trabajo en relación a los fenómenos electromagnéticos.

### **3.2 Líneas de fuerza magnética, una concepción espacial**

La concepción que se tuvo en una época, tal vez no muy lejana a la de Faraday, a propósito de las líneas de fuerza, era generalmente la de representación. Es decir, que se les otorgó un carácter abstracto, y que en un imán, por ejemplo, lograban expresar la naturaleza, condición, dirección y cantidad de la fuerza en una región dada, dentro y fuera del imán. De la acción a distancia, se puede aprender que es real entre los dos cuerpos involucrados en la interacción, así como del espacio que los separa, aunque de los poderes que se manifiestan a distancia, es posible afirmar que estos presentan naturaleza física incomprensible. Desde la teoría de campos, se manifiesta que tales poderes están relacionados con sus respectivas líneas de fuerza, por lo que al establecer la existencia de líneas físicas de fuerza, se facilitara el análisis y/o estudio, de dichos fenómenos especialmente el magnetismo.

Si nos detenemos en el caso de la gravedad, que es considerada por Faraday como uno de los poderes de la naturaleza (Faraday, 1852); solo conocemos una línea ideal, que representa la dirección en la que la fuerza se ejerce. Esta línea es recta, ya que indica la trayectoria que uno de los dos cuerpos podría recorrer de llegar a ser libre. Para el caso de la gravedad, la fuerza no es alterada en magnitud ni dirección, aún si se incorpora un tercer cuerpo en la interacción. Con esto, se puede establecer, que en la gravedad, la línea de fuerza es una línea meramente ideal que representa la dirección en la que el poder se ejerce.

La tierra recibe del sol, sus poderes de iluminación y calentamiento; en este aspecto las líneas de fuerza son entonces los rayos, los cuales pueden afectarse en su camino, alterar su dirección, cortarlos en su origen y encontrarlos nuevamente. Tienen una relación con el tiempo, ya que en su viaje del sol a la tierra tardan 8 minutos, por lo que su existencia será

independiente de la fuente y su destino final. Si el sol dejase de existir, por una cuestión de poca relevancia, los rayos que este logre emitir hasta el momento de su desaparición existirán, pese a que su fuente ya no lo haga, y llegaran a la tierra cumpliendo el objetivo de llegar al planeta.

La comparación de los poderes de gravedad entre dos cuerpos, y los poderes ejercidos por el sol sobre la tierra, logran clarificar en cierta medida, las diferencias entre líneas de fuerza ideales y abstractas o imaginarias, y las líneas de fuerza física, reales con propiedades independientes a su fuente y lugar de recepción.

En electricidad estática, la acción a distancia es diferente a la que se presenta en la gravedad en términos de atracción. Estas diferencias en lo que a atracción concierne, cuestiona la concepción de línea de fuerza ¿Por qué? Revisemos algunas circunstancias:

- En electricidad estática, los cuerpos en los que limitan o terminan las líneas de atracción, no son similares, sin embargo, están involucrados mutuamente en la atracción. La naturaleza de la fuerza de los dos cuerpos, es la misma pero su “actuar” es distinto es decir, si un tercer cuerpo resulta involucrado, el efecto sería contrario –lo que uno atrae, el otro lo repele-
- La fuerza en este caso, es una de aquellas manifestaciones del poder asociadas con una condición dual o antitética.
- Para que se presente atracción, deben estar presentes las dos condiciones de fuerza, y se enfrenten mediante las líneas de fuerza, que para este caso son líneas curvas. Así, la cantidad de estas dos condiciones (fuerzas) debe ser exactamente igual
- La gravedad, es un poder que no se presenta nada dual en su carácter. Y su fuerza actúa en línea recta.

El hecho mismo, que las líneas de fuerza en electricidad sean curvas, da una evidencia, para asumir que estas, son líneas físicas de fuerza. Faraday explica esto mediante un experimento en el que:

*“Una esfera es electrificada positivamente y aislada en el aire y una placa metálica circular se ubica alrededor de 12 a 15 pulgadas enfrentándola y sin aislarla, la última se encontrará, en una*

*condición negativa; pero no es negativa solo en el lado opuesto de la esfera, sino en el otro y en el exterior también como puede ser mostrado por un conductor colocado allí o por una tira de oro o plata colgando contra la superficie exterior. Ahora el poder que afecta esta cara no pasa a través de la placa sin aislar, porque la delgada hoja de oro es capaz de parar la acción inductiva, sino alrededor de los bordes de la cara, y por lo tanto actúa en líneas curvas.” (Faraday, 1852)*

La incidencia de lo mencionado anteriormente, tiene que desembocar en las líneas de fuerza magnética, que es el interés real de Faraday, quien define al imán como un sistema de fuerzas perfecto en sí mismo y que además presenta un carácter dual y antitético, lo que se manifiesta por lo que conocemos como las polaridades del imán, poderes opuestos de clases similares encontrados en y hacia sus extremos (del imán). Las polaridades, no están solo relacionadas en sí, sino con el exterior en polaridades opuestas, es decir con otros imanes. De manera análoga a la electricidad, necesitan una cantidad exactamente igual de nuevas polaridades para relacionarse.

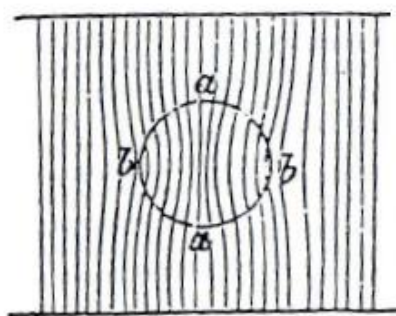
Con lo anterior es posible afirmar que las líneas de fuerza magnética existen dentro y fuera del imán, son curvas cerradas que en algún momento de su trayectoria pasan a través del imán, y por un alambre móvil se muestra que la cantidad de estas dentro del imán es exactamente igual en fuerza a la cantidad en cualquier sección que incluye la totalidad de aquellas en el exterior. Lo que conlleva a concluir que las líneas de fuerza magnética son curvas, y por lo tanto son físicas. **Líneas físicas de fuerza**, sí como los rayos de sol pueden ser afectados en su trayectoria, las líneas de fuerza magnética pueden ser afectadas en su dirección por el uso de diferentes medios ubicados en su trayectoria, lo que reafirma la idea de existencia de líneas físicas de fuerza magnética (Faraday, 1852).

La existencia de líneas físicas de fuerza no deja de ser hipotética, y con esto existen tres hipótesis en torno a la naturaleza física de la acción magnética; la primera de éteres conduce a la idea de flujos o corrientes, esto supone que el fluido magnético o éter se mueve en corrientes en regiones internas y externas de un imán; la segunda asume dos

tipos de fluidos magnéticos que están presentes en todos los cuerpos magnéticos y que generan una acción a distancia (de repulsión y de atracción) entre las polaridades de un imán; una tercera obtiene que alrededor de los imanes, existen corrientes eléctricas que interactúan con otras corrientes eléctricas sometiéndose a la acción magnética.

La polaridad en este análisis no tiene una relación explícita con la idea de líneas fuerza física, aunque en la naturaleza sea esencial y necesaria. Desde el punto de vista de Coulomb, la polaridad se deriva de la acción a distancia de dos porciones separadas, donde la fuerza entre ellas debe ser de atracción si son de distinto nombre, o de repulsión si son del mismo nombre. Desde el punto de vista de Ampere, no se habla de fluidos magnéticos sino de corrientes cerradas de electricidad que pueden tener lugar alrededor de las partículas o cuerpos y que en los lados opuestos de estas corrientes muestran la atracción o repulsión entre ellos. De ahí, que algunos sujetos dedicados a la ciencia han buscado definir la polaridad por medio de fluidos magnéticos, los cuales están presentes en un imán, o por corrientes eléctricas en una posición determinada alrededor de sus partículas.

Al considerar un imán y la interacción que presenta con el bismuto de hierro, al estar en regiones cercanas al imán, el bismuto se vuelve polar, convertido así en un imán que interactúa con el primer imán, donde todas deben tener polaridad similar y de sentido opuesto, es decir, el norte debe estar opuesto al sur de la parte más próxima en dirección de la polaridad (*Figura 16*). Lo mismo pasa al acercar el imán a una barra de hierro, los extremos de la barra se polarizaran en un estado opuesto, el extremo cercano al polo norte se polariza y se convierte en un estado sur (Faraday, 1852).



*Figura 16: Representación de la conducción magnética del material 1. Tomada de: Experimental researches in electricity*

Esto lleva a pensar el imán como un cuerpo inductor, el cual interactúa con la materia, que puede contener fluidos magnéticos en los polos, los cuales presentan atracción entre si y repulsión en el caso cuando son de la misma naturaleza. Y también considerar la corriente eléctrica en un alambre de cobre en forma espiral, el cual se comporta igual que un imán, tiene una condición inductora. Esto muestra una uniformidad de acción en la dirección de variación de un poder.

La acción magnética (interacción entre cuerpos) dentro de diferentes medios, otorga una evidencia a propósito de la polaridad. Faraday, presenta una serie de experimentos en los que, una solución de proto-sulfato dentro de un tubo de vidrio cerrado, se comporta, en términos de polaridad, hablando de formas distintas tanto al cambiar su “debilidad”, y el medio; es decir presenta comportamientos similares a los del bismuto en bajo ciertas condiciones y como hierro en otras. De lo que se concluye que las interacciones magnéticas, si están relacionadas con el medio donde estas se presentan.

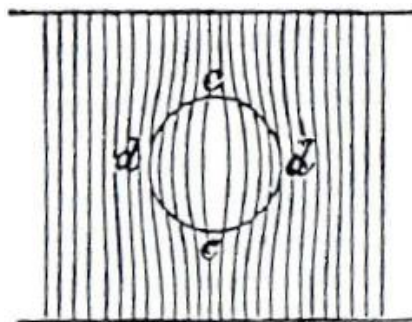


Figura 17: Representación de la conducción magnética del material 2. Tomada de: *Experimental researches in electricity*

Las cuestiones que Faraday pone de manifiesto bajo lo anterior son:

*“si la polaridad de la masa interior de la solución es dependiente de aquella exterior, y no puede ser afectada sino a través de ella, entonces ¿Por qué el aire y el espacio no son admitidos como estando en relación magnética efectiva con los cuerpos rodeados por ellos? ¿De qué otro modo podría un cuerpo distante ser afectado por un imán, si la solución interior de sulfato de hierro*

*está también actuando sobre él? ¿Debemos asumir un modo de acción por masas contiguas o partículas en un caso y en otro caso a través de distancia?”*  
(Faraday M. , 1852)

Y se expone, que bajo las suposiciones propias de la época (que tal vez aún persisten entre las “personas del común”), cuando el espacio está vacío, alrededor de un imán no existe ninguna fuerza magnética, lo que se cuestiona en analogía con la presencia de rayos de sol, los cuales existen en el espacio que hay entre el sol y la tierra pese a no ser visible para el ojo humano. Esto conlleva a que aquellos que consideran la hipótesis de los fluidos magnéticos, que en la totalidad de los casos diamagnéticos, la idea fundamental de acción mutua, debe ser invertida, colocando en guerra las hipótesis mismas.

Faraday, acepta el imán como un centro de poder rodeado por líneas de fuerza magnética, viendo estas líneas como *“líneas 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”* (Faraday, 1852) Desde esta perspectiva, las explicaciones para los fenómenos de atracción y repulsión de cuerpos magnéticos, dejan a un lado los aspectos que traía la acción a distancia, para darle lugar a la existencia de líneas físicas de fuerza, que posibilitan la interacción entre estos cuerpos.

La discusión que propone Faraday frente a los que él denomina poderes magnéticos, pone de manifiesto el uso de la representación mediante líneas, de entes que aunque existan físicamente, por ninguna razón será posible observarlas a menos que se realice una acción, a través de componentes externos. Para este caso, es posible remitirse a las limaduras de hierro, las cuales posibilitarían observar la distribución espacial de las líneas de fuerza magnética; y con esto obtener una representación de las mismas. La representación visual entonces, vendría ligada a la distribución de las limaduras y la ubicación de los cuerpos asociados a fenómenos de atracción y repulsión (imanes y cuerpos magnéticos).

### 3.3 Representaciones visuales en el estudio de las líneas de fuerza magnética

Antes de dar inicio a la discusión frente a las representaciones visuales en el campo de las líneas de fuerza magnética, es importante, que el maestro logre entender los aspectos involucrados en la construcción del conocimiento; y tenga la capacidad para dejar a un lado aquellos modelos explicativos de su preferencia, en el momento de abordar un fenómeno con sus estudiantes, para hacer uso de aquellos que se adecuen a las necesidades cognitivas de los educandos, así mismo, debe considerar que las concepciones de los estudiantes son distintas y los procesos representacionales son individuales. Es entonces, en este punto, pertinente precisar que las elaboraciones de las representaciones visuales deben ser propias de los estudiantes, ya que de esta manera resultará eficiente frente a la construcción de su conocimiento. Si el docente realiza las representaciones en el tablero para que los estudiantes las repitan, terminarían por ser una “caja negra” que tiene que ser asumida como realidad, despojando de sentido su inserción en la clase.

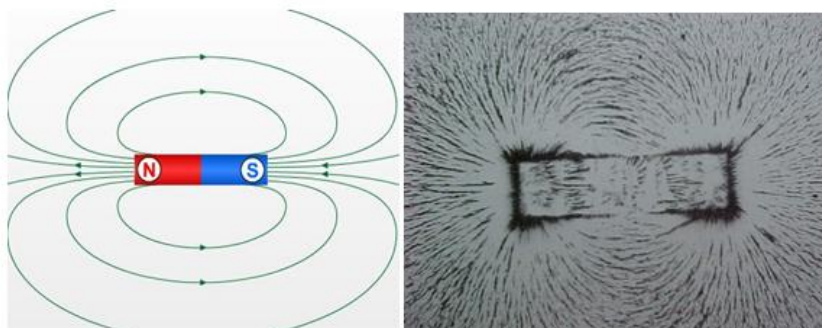
La obtención de representaciones (realizadas por los estudiantes) en el estudio de las líneas de fuerza, da paso a la posibilidad de entender los procesos involucrados en la construcción y conceptualización de explicaciones frente a los fenómenos magnéticos en las que se ve involucrado el concepto de líneas de fuerza, desde la teoría electromagnética de campos, como es el caso de los fenómenos de atracción y repulsión. Estas representaciones visuales, no se plasman sin traer consigo, implícitamente, las experiencias que el estudiante ha organizado frente al acercamiento con cuerpos magnéticos; ya que de estas, se extraen los elementos necesarios para la realización de la representación. Es entonces una labor del docente examinar tales representaciones con el fin de analizar las nuevas concepciones que el estudiante ha logrado hacer frente a este concepto.

Alrededor de las explicaciones de los fenómenos magnéticos, en los libros de texto escolares los gráficos de las líneas de fuerza aparecen como se muestra en la *figura 18*. Frente a esto Bravo (2012) plantea que en este tipo de representación<sup>15</sup> no son claras las características de la fuerza que da cuenta de los fenómenos magnéticos. La cuestión es

---

<sup>15</sup> Aunque (Bravo, 2012) no las expone como representaciones, con lo expuesto dentro del documento, se validan como representaciones.

entonces, ¿Por qué no terminan siendo una buena representación para la fuerza?. Es necesario revisar la concepción de fuerza que manifiesta Faraday.



*Figura 18: Representaciones comúnmente empleadas en los libros de texto de ciencias*

Respecto a la concepción de Faraday en relación con la fuerza, él precisa:

*“Percibo que no uso la palabra “fuerza” como “la tendencia de un cuerpo a pasar de un lugar a otro”. Lo que significo por la palabra es la fuente o fuentes de todas las posibles acciones de las partículas o materiales del universo; siendo estas a menudo llamadas los poderes de la naturaleza”*

(Harman, 1990)

Visto de este modo, se desarticula inevitablemente ésta concepción de fuerza, de la que se emplea generalmente en los cursos de física dentro del aula escolar que es la newtoniana. Para la visión de fuerza que expone Faraday, es pertinente remitirse a la fuerza de una avalancha o de un tornado, que además no son lejanos a la experiencia próxima de los sujetos. Este tipo de experiencias como afirma Bravo (2012) por un lado, admiten construir una representación, no una definición, apropiada y sensible alrededor del poder o la fuerza, y asimismo, reconocer una serie de *“experiencias que parecen ser irrelevantes y contradictorias cuando se aborda la fuerza en el aula; en cuanto esto se hace desde una perspectiva newtoniana.”* (Bravo, 2012).

De este modo, la inclusión del concepto de líneas de fuerza magnética, planteadas bajo la visión de Faraday, resultan cobrar mayor sentido desde el punto de vista conceptual y abstracto en el análisis de los fenómenos magnéticos. Aunque generalmente la aparición del concepto de líneas de fuerza dentro de la teoría electromagnética, se le alude a Faraday, es válido mencionar la precisión que frente a esto señala Gooding (1989) en el texto *“The Uses of experiment: studies in the natural sciences”*

*“Faraday es usualmente acreditado con el invento de las líneas de fuerza como una audaz manera de pensar sobre las propiedades eléctricas y magnéticas. El no inventó estas del todo...él no fue el primero en analizar el magnetismo en términos de ‘curvas’, él no publicó los gráficos de las líneas hasta 1851, veinte siete años después de Barrow...Las líneas fueron dibujadas a partir de otras representaciones de la naturaleza (mapeo de campos terrestres, construcción geométrica) principalmente para proveer un significado visual y de análisis de la acción magnética”*

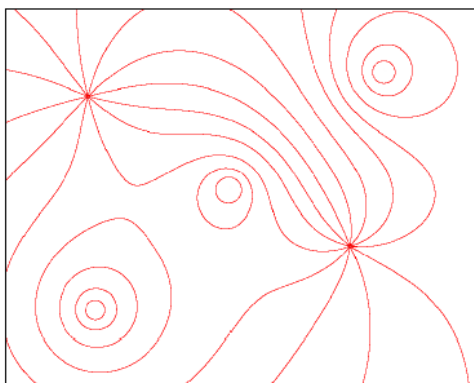
(Gooding, 1989)

Pese a que las líneas de fuerza, no resultan ser un aporte total y único de Faraday, su aplicación y valor representacional si lo son. Mediante un lenguaje meramente visual, fruto de su trabajo teórico-experimental, Faraday logra ratificar sus nociones de fuerza para encontrar esa representación que se compensa con las manifestaciones tangibles de la naturaleza.

*“...me parece que estas líneas se pueden emplear con gran ventaja para representar la naturaleza, condición, y cantidad comparativa de las fuerzas magnéticas y que en muchos casos ellas tienen, al menos para el razonador físico, una superioridad sobre aquel método que considera las fuerzas como concentradas en centros de acción tales como los polos de los imanes”*

(Faraday, 1852)

Se identifica entonces, una derivación en términos de representación; por un lado, para Faraday las líneas de fuerza, aunque con existencia física, son una representación de la naturaleza, condición y cantidad comparativa de las fuerzas magnéticas, y por otro lado en el aula escolar, se busca lograr la representación de dicha representación. Es ineludible remitirse al uso de diagramas que permiten llegar al objetivo de representación (*Figura 19*), como ya fue mencionado en conjunto con actividades experimentales, es así, como será posible articular las dos representaciones en una sola (en la medida que se logre hacer las aclaraciones necesarias para distinguir una de otra).



*Figura 19: Líneas de campo. Las fuentes de flujo están ubicadas donde las líneas de campo terminan. Tomada de (F. Herrmann & Suleder, 2000)*

En la práctica de representar las líneas de campo magnético, dentro de la enseñanza de la teoría electromagnética de campos, se identifican varios aspectos que influyen en ésta actividad. El primero, como ya ha sido mencionado, está en la imagen que se obtiene mediante la interacción entre limaduras de hierro y un imán, de donde como afirma Gómez (2005) se puede concluir, terminan por visualizarse mediante instrumentos (imán y limaduras) las líneas de fuerza magnética. Sin embargo, es importante establecer representaciones visuales, dentro de la práctica experimental, que permitan organizar las experiencias y de este modo, relacionarlas con la experiencia común y cotidiana.

En el contexto colombiano, es imposible negar la apatía que algunos jóvenes presentan para con la ciencia, se vuelve un tema irrelevante pero obligatorio para ellos, es algo que

definitivamente no logra conmover su espíritu juvenil. Uno de los factores que posiblemente ha generado tal situación, es la manera como se toca la actividad científica en las aulas. No se puede esperar que resulte interesante para un chico de quince años un sinnúmero de ecuaciones con las que no se encuentra familiarizado, o que sea de gran utilidad para él realizar un experimento en el que, realice observaciones, tome datos, y luego tenga que presentar un informe, de aquello que, sin mayor estudio, no le es posible explicar desde su comprensión, en este caso las líneas de fuerza magnética.

La perspectiva que un profesor de ciencias decida aceptar de lo que es la ciencia, y la respuesta que tenga a la pregunta ¿para qué enseñar ciencias?, lo llevará a cuestionamientos sobre el papel de las representaciones visuales de las ciencias dentro de su tarea. ¿El problema epistémico en el aula de clase será mediado por representaciones visuales de las ciencias? Si el maestro decide que la transmisión de información es suficiente para que los estudiantes conozcan la visión de mundo que la ciencia ofrece, será significativo ir más allá de exponer en el tablero las ecuaciones y expresar a los estudiantes los hechos que enmarcaron la construcción de tales ecuaciones, todo esto independientemente a si lo que logran los estudiantes es realmente conocimiento. Por el contrario si el docente está seguro que la ciencia no es un conglomerado de afirmaciones respecto a la estructura de la naturaleza, y cada uno de los apartes que los autores e investigadores científicos han aportado son el fruto de todo un contexto social, político, económico, científico y cultural, tendrá la difícil tarea de extrapolar tales situaciones al aula de clase, para que sean los propios estudiantes los que se cuestionen y reflexionen en relación a la ciencia, generando herramientas desde aspectos como la representación que permitan hacer un acercamiento significativo de los estudiantes a la actividad científica.

## Conclusiones

1. La filosofía de las ciencias no ha dado la suficiente importancia al estudio de las representaciones visuales dentro de la actividad científica, pese a la innegable presencia que han tenido las formas de representación en diferentes campos de interés de los sujetos. Sin embargo, se ha dado inicio a este estudio desde los análisis y discusiones que autores como Gómez (2005) Hopwood (2011) Perales (2006) Tuay (2007) Concari (2001), Suárez (2003) entre otros; han propuesto en relación con las formas de representación existentes en la ciencia.
2. Se realizó una aproximación inicial desde el Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional, al estudio de las representaciones visuales como parte activa en el que hacer de los científicos y por ende en la actividad científica. Por esta razón, queda abierta la posibilidad de continuar investigación en esta vertiente que permita organizar los aspectos involucrados en esta manera de representar, para generar criterios de enseñanza, desde el reconocimiento de la representación visual como un elemento de construcción de conocimiento.
3. Si bien los autores mencionados en la monografía han realizado estudios en relación con las representaciones, dentro de la clasificaciones expuestas se pueden observar contradicciones en términos de la funcionalidad de las representaciones visuales en la enseñanza de las ciencias ¿Es indispensable establecer estos dos tipos de representación (isomorfía y homomorfía) para generar un estudio de las representaciones visuales? ¿Se podría enmarcar dentro de los procesos de representación una lógica de contradicción, o los tipos de representación son independientes? Estas cuestiones quedan abiertas a la discusión y reflexión. Para esto es importante tener en cuenta el sujeto como generador de representaciones, la concepción de ciencia desde el contexto en el que se pretenda realizar el análisis, así como la cultura donde tiene lugar la representación.
4. La ciencia contiene un conjunto de formas no verbales dentro de sus métodos de investigación, observación, comunicación, formalización, teorización y explicación. Dentro de estas se encuentran los procesos de representación y de reproducción visual,

que permiten organizar las experiencias en relación con la construcción y explicación de fenómenos obteniendo así, modelos representativos, que posibilitan la construcción y apropiación de elementos que permiten el entendimiento de aquello que se hace perceptible, de alguna manera, por medio de nuestros sentidos.

5. Desde la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural, cobra sentido el uso y análisis de las representaciones visuales dentro de la enseñanza de las ciencias, reconociendo además que la actividad científica, no se diferencia de su enseñanza
6. El trabajo realizado por Gilbert (1600) pone de manifiesto las contribuciones de las representaciones visuales a la construcción de teorías y su divulgación. Por su parte, el trabajo de Faraday (1849), refleja los aportes desde la actividad teórico- experimental, en la que se reafirman algunas de las posturas de Gilbert (1600) y el uso de representaciones es notorio e imprescindible.
7. Las concepciones de Faraday a propósito de las líneas de fuerza magnética, permiten introducir el concepto “*Doble representación*”. Por una parte, las líneas con existencia física, son la representación de la naturaleza del campo magnético y por otra, la representación de las líneas mismas.

# Bibliografía

- Amaya, A., & Restrepo, O. (1999). *Ciencia y Representacion*. Bogota: Panamericana Formas e Impresos.
- Ayala, M. M. (2006). *Los análisis historico-criticos y la recontextualización de saberes científicos*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Ayala, M. M. (2006). *LOS ANÁLISIS HISTORICO-CRITICOS Y LA RECONTEXTUALIZACION DE SABERES CIENTÍFICOS* . Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional .
- Ayala, M., & Malagon, F. (1989). Enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural. *Física y Cultura*, 81-91.
- Barragan, J., Castillo, J. C., Castrillon, A., Chaparro, C., & Valencia, F. (2011). Lineamientos para la enseñanza de las ciencias y educacion ambiental. *Una propuesta alternativa en educacion ambiental y enseñanaza de las ciencias en escenarios educativos comunitarios e institucionales*. Bogota, Colombia: Universidad pedagogica nacional.
- Bravo, M. (2012). *Introducción al magnetismo: una propuesta con enfoque fenomenologico*. Bogota: Tesis de grado Universidad Pedagogica Nacional.
- Concari, S. B. (2001). Las teorías y modelosen la explicación científica: Implicancias para la enseñanza de las ciencias. *Departamento de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Litoral*.
- Delgadillo, M. (2009). *Causalidad y casualidad en los fenomenos físicos desde las representaciones*. Bogota: Tesis de Grado Universidad Pedagogica Nacional.
- Duval, R. (1999). *Semiosis y pensamiento humano: registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. Cali: Universidad del Valle, Grupo de Educación Matemática.
- F. Herrmann, H., & Suleder, H. M. (2000). *Representations of electric and magnetic fields*.
- Faraday, M. (1849). *Experimental researches in electricity*. Londres: Universidad de Londres.
- Faraday, M. (1852). Sobre las líneas físicas de fuerza magnética. *Royal Institution proceedings*.
- Fraassen, V. (1996). *La Imagen Científica*. Oxford : Paidos Iberica .
- Galilei, G. (1632). *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo tolemaico e copernicano*. Arcetri.
- Gilbert, W. (1600). *De Magnete*. Londres.
- Gómez, S. (2005). *Modelos y representaciones visuales en la ciencia*. Madrid: Universidad complutense de madrid .

- Gooding, D. (1989). *The uses of experiment: studies in the natural sciences*. New York,: Cambridge university press.
- Halliday, D. (1996). *Física 1 Volumen 2*. Pittsburgh: CECSA.
- Harman, P. (1990). *the scientific letters and papers of James Clerk Maxwell*. Cambrige: Cambrige University press.
- Hewitt, P. (1997). *Física Conceptual*. Massachusetts: Addison Wesley Logman, inc.
- Hopwood, N. (15 de Junio de 2011). La importancia del análisis histórico de las imágenes de la ciencia. (A. d. UAB, Entrevistador)
- Kepler, j. (1619). *Harmonices Mundi*. Ratisbona.
- Landau, & Lifshitz. (1992). *Teoría Clasica de los Campos*. Barcelona.
- Mandivelso, M. (s.f.). *GEOMETRÍA Y FÍSICA*. Obtenido de sitio Web A. Universidad Pedagogica Nacional : [http://www.pedagogica.edu.co/storage/ted/articulos/ted10\\_12arti.pdf](http://www.pedagogica.edu.co/storage/ted/articulos/ted10_12arti.pdf)
- Medina, J. D., & Tarazona, M. (2003). El caso de la medicion del potencial electrico: Un ejemplo de recontextualizacion de saberes. ..., 69-93.
- Morales, G. (13 de octubre de 2013). Científicos: Las pinturas rupestres fueron obra de mujeres. *RT Sepa Más*.
- Moreno, R. (2008). *Contextualizacion de las ecuaciones de maxwell empleando formas diferenciales*. bogota: Tesis de Grado Universidad Pedagogica Nacional.
- Orozco, J. C. (1996). Consideraciones sobre la ontología y la metafísica de Michael Faraday. *FÍSICA Y CULTURA: Cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias*, Nº 3, 39-48.
- Perales, F. J. (2006). *Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias*. Granada: Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Ciencias de la Educación. Campus Universitario de.
- Plnachart, O. (2005). La modelacion matematica: Alternativa didáctica en la enseñanza de pre-calculo. *360° En ciencias y matematicas*.
- Rivera, J. (2014 Vol 8). El inicio de las representaciones gráficas en el campo de la física. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*
- Roit, G. (2001). GEOMETRÍA Y FÍSICA Resumen de un artículo de Luis Santaló. *Física, ciencia y microcomputacion*.
- Tuay, N. (2007). Aproximacion al debate de las representaciones cientificas. *Lindaraja*.

