

Recontextualización de la Conferencia Navideña de Michael Faraday sobre Electricidad y Magnetismo desde una Perspectiva Fenomenológica

Johan Sebastian Rincon Daza

2020146045

Línea de Enseñanza de las Ciencias desde una Perspectiva Cultural

Universidad Pedagógica Nacional de Colombia

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Física

Bogotá D.C

2024

Recontextualización de la Conferencia Navideña de Michael Faraday sobre Electricidad y Magnetismo desde una Perspectiva Fenomenológica

Johan Sebastian Rincon Daza

2020146045

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de Licenciado en Física

Director

Juan Carlos Orozco Cruz

Docente Departamento de Física

Universidad Pedagógica Nacional de Colombia

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Física

Bogotá D.C

2024

AGRADECIMIENTOS

A mi madre, por su incondicional apoyo en todo momento. Al profesor Juan Carlos Orozco, por su guía, enseñanza y paciencia a lo largo de este proceso.

Tabla de Contenidos.

1. Introducción.....	1
2. Contexto Problemático.....	4
3. Objetivo General.....	7
3.1. Objetivos Específicos.....	7
4. Justificación.....	7
5. Antecedentes.....	10
6. Metodología.....	12
7. Las Circunstancias Científicas y Filosóficas Imperantes en la Época de Faraday.....	14
7.1 Las Circunstancias Filosóficas Imperantes en la Época de Faraday.....	16
7.1.1. Cosmovisión Newtoniana.....	16
7.1.2. Cosmovisiones No Newtonianas.....	17
7.1.3. Cosmovisión de Boscovich.....	17
7.2. Las Circunstancias Científicas Imperantes en la Época de Faraday.....	18
7.3. Cosmovisión de Faraday.....	22
8. Conferencias - Las Fuerzas de la Materia.....	24
8.1. La fuerza de la gravitación.....	25
8.2. Gravitación. Cohesión.....	26
8.3. Cohesión. Afinidad Química.....	26
8.4. Afinidad Química. Calor.....	27
8.5. La correlación de las fuerzas.....	27
9. La fenomenología y la perspectiva fenomenológica.....	28
10. Análisis de la Conferencia – Electricidad. Magnetismo.....	28
11. Criterios y/o pautas para la enseñanza del electromagnetismo.....	36
12. A Modo de Reflexión.....	42
13. Bibliografía.....	44

Tabla de figuras

Figura 1 - Michael Faraday en una de sus conferencias.....	24
Figura 2 – Varilla y Capuchón.....	31
Figura 3 – Varillas excitadas.....	31
Figura 4 – Máquina de influencia.....	35

1. Introducción.

Los estándares básicos de aprendizaje en física señalan lo que todos los estudiantes del país deben conocer, independientemente de su ubicación geográfica. Estos estándares promueven la participación activa del estudiante en la construcción de su conocimiento, con el respaldo de un maestro que no se limita a impartir información, sino que actúa como guía en el viaje de comprensión y descubrimiento que emprende el alumno hacia una visión renovada del mundo que lo rodea.

Estos estándares, presentados como guías para la labor docente, requieren diversos métodos de presentación que consideren tanto el contexto en el que serán aplicados como aquel en el que fueron concebidos. Esta última parte, se hace necesaria debido a que la actividad científica está configurada por su contexto sociocultural, y si se quiere llegar a enseñar esta actividad, se hace necesario la comprensión de dicho contexto.

Con respecto a esta cuestión, se presenta la perspectiva histórico – crítica para la enseñanza de la física. Esta reconoce las condiciones socioculturales e históricas en que tales actividades se desarrollaron, y desde el análisis de estas, se proponen nuevas alternativas para la enseñanza de la física.

El análisis de la actividad científica que se da desde esta perspectiva se basa en volver a la obra original del autor (científico), para establecer un diálogo con este, con miras a construir una estructuración particular de la clase de fenómenos abordados en la obra, y a su vez, dar una nueva mirada que permita ver viejos problemas con nuevos ojos (Ayala , 2006). Lo mencionado anteriormente demuestra que esta perspectiva puede concebirse como un proceso de recontextualización de saberes.

Este enfoque histórico – crítico ha sido ampliamente desarrollado en la línea de profundización de enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural del programa de la Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional. Los trabajos de la profesora Mercedes Ayala¹ y del compañero Julián Martínez² ejemplifican este enfoque y, de hecho, constituyen una pieza fundamental para el desarrollo de la presente investigación.

Esta investigación que parte de estos trabajos y, por ende, tiene a los análisis histórico – críticos como base, busca mirar con nuevos ojos lo desarrollado por Faraday en su conferencia *Electricidad y Magnetismo*, y desde el respectivo análisis, generar una serie de criterios y/o pautas para la enseñanza de la electricidad y el magnetismo.

Este análisis de la conferencia parte del supuesto de que el público al que se dirige posee escaso o nulo conocimiento sobre temas científicos. Lo anterior se presenta como un contexto no especializado. Faraday, quien solía compartir su conocimiento en ambientes especializados, ahora se enfrenta al desafío de comunicar dicho conocimiento en entornos no especializados. Este cambio implica ajustar tanto su lenguaje como su estilo de enseñanza para adaptarse a esta nueva audiencia. Estos ajustes deben estar alineados con los criterios y directrices establecidos por este nuevo contexto. Lo descrito anteriormente se puede entender como un proceso de recontextualización de saberes realizado por Faraday. “Recontextualizar quiere decir situar, insertar, articular un conocimiento, de manera significativa, en un nuevo contexto” (Granés & Caicedo, 1998). De lo anterior surge la pregunta problema central de esta investigación ¿Cómo la

¹ Ver M, Ayala. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades.

² Ver J, Martínez. (2015) Recontextualización sobre una recontextualización: Una revisión de la enseñanza del electromagnetismo en torno a los trabajos de Maxwell.

recontextualización de ideas de Faraday en entornos no especializados puede brindar una serie de criterios y/o pautas para la enseñanza de la electricidad y el magnetismo?

Ahora bien, el experimento es esencial para comprender este proceso de recontextualización realizado por Faraday, ya que todas las explicaciones del científico en esta conferencia se derivan de él. Las experiencias se generan a partir de estos experimentos, y la forma en que Faraday las organiza define el fenómeno que se pretende mostrar en la conferencia. Por lo tanto, los fenómenos que se presentan no son dados, sino que son construcciones realizadas por Faraday (Ayala, Malagón et al., 2018). Lo mencionado anteriormente está directamente vinculado a la perspectiva fenomenológica, la cual complementa el análisis que se lleva a cabo en esta investigación.

Para abordar la pregunta problema, en primer lugar, se realizará una revisión de las circunstancias científicas y filosóficas predominantes en la época de Faraday, con el fin de comprender el contexto en el que se gestaron sus ideas. A continuación, se analiza cómo el científico comparte sus conocimientos en entornos no especializados, a partir de la conferencia *Electricidad y magnetismo*, desde una perspectiva fenomenológica. Luego, se procede a la formulación de criterios y/o pautas derivadas de este análisis. Finalmente, se cierra con una reflexión sobre el trabajo realizado.

2. Contexto Problemático.

La enseñanza de conceptos relacionados a la electricidad y el magnetismo enfrenta desafíos significativos en la educación actual. Una de las principales dificultades, es la falta de conexiones con la vida real. Usualmente, los estudiantes encuentran inconvenientes al tratar de establecer vínculos significativos, entre los conceptos asociados al electromagnetismo y sus experiencias cotidianas, lo que genera una desconexión entre los temas abordados en el aula y aquellos de la vida diaria. “Uno de los grandes problemas de la enseñanza es su artificialidad, que se puede definir como la separación entre los temas de la clase y los temas de la vida.” (Forero, 2014). Esto a menudo conduce a una comprensión deficiente y a una falta de motivación por estos temas.

Lo cual, nos lleva a reconsiderar el rol de la didáctica habitual, en la conformación de este tipo de dificultades, y en la resolución de los problemas asociados a estos campos, ya que generalmente, se presenta abrumadora y suele impulsar a un operativismo abstracto, carente de análisis cualitativo, desprovisto de sentido, que poco puede contribuir a un aprendizaje significativo (Gil Pérez, 1987).

Estos procesos didácticos se ven significativamente influenciados por la poca recontextualización de saberes, que se genera en el aula por parte de la comunidad educativa. Se espera que conocimientos que fueron elaborados originalmente para una comunidad especializada, sean asimilados por una comunidad no especializada de igual forma, como se puede apreciar en el contexto de la educación tradicional, al abordar la enseñanza de la electricidad y el magnetismo. Con frecuencia, se subestima la importancia de redefinir la estructura interna, los objetivos y las funciones al transferir conocimientos de un contexto a otro. Esto es fundamental para facilitar procesos de adaptación que sean sensibles y apropiados para el nuevo entorno (Granés & Caicedo, 1998).

Si examinamos los libros de texto convencionales que abordan la enseñanza de la electricidad y el magnetismo, podemos notar una inadecuada recontextualización de saberes. Esta carencia se hace evidente en los postulados presentados en el texto. Se cree que estos elementos poseen el potencial necesario para enriquecer el desarrollo de la teoría. “Presentar a los estudiantes una serie de postulados y a partir de ahí «inferir» la teoría – como si fuese una rama de las matemáticas– no significa que éstos comprenderán los fenómenos que esa teoría explica.” (Moreira & Greca, 1998).

El fenómeno eléctrico y magnético, como se mencionó anteriormente, se interpreta mediante postulados o explicaciones predefinidas en un texto, pero estas pierden su validez al encontrarse con un nuevo contexto. Esto se debe a que, la comprensión del fenómeno se basa en las observaciones y experiencias de otros, y no en la experiencia sensible y directa de quien busca comprenderlo. Se presenta la teoría como un todo en la explicación de los fenómenos, y se omite la experiencia sensible del estudiante.

Por otro lado, la fenomenología y su aplicación en la enseñanza de las ciencias (la perspectiva fenomenológica), destaca la importancia fundamental de la experiencia sensorial. La fenomenología reconoce que nuestras experiencias sensoriales no son simples representaciones pasivas de la realidad, sino que están imbuidas de significado y se entrelazan con nuestra conciencia y nuestra interpretación del mundo. Esta experiencia es producida externamente y organizada interna e individualmente, siendo este proceso la esencia y constitución del fenómeno. Esto conduce a que la perspectiva fenomenológica se enfoque en organizar y producir experiencias en el aula de clase. Esta visión otorga un énfasis especial a la experiencia sensible, y relega a un segundo plano los procesos de teorización y conceptualización que emergen en la construcción del fenómeno. (Ayala, Malagón et al., 2018).

La poca recontextualización de saberes que se genera en el aula, la complejidad en la enseñanza de estos fenómenos desde diferentes perspectivas, la tradicional y la fenomenológica, subraya la necesidad de explorar nuevas estrategias pedagógicas para la enseñanza de la electricidad y el magnetismo. Una de estas alternativas se deriva de los trabajos realizados por Michael Faraday durante sus conferencias navideñas, específicamente en la conferencia titulada *Electricidad. Magnetismo*, la cual forma parte del conjunto de seis conferencias conocidas como *Las Fuerzas de la Materia* e iniciaron en el año de 1825. Estas se celebraron de manera anual en la Royal Institution de Londres.

Estas conferencias están dirigidas al público del común de la Gran Bretaña de la primera mitad del siglo XIX. Se habla de personas que, en su mayoría, no habían tenido acceso a una educación formal, y cuyo nivel de estudios o familiaridad con temas científicos era poco o inexistente.

Faraday, que regularmente debía exponer para contextos especializados, en esta serie de conferencias se encuentra con un público no especializado, que requiere un cambio en los modos de hablar y modos de hacer por parte del científico al momento de presentar la información (Ayala, Malagón et al., 2018). Estos cambios han de seguir una serie de criterios y/o pautas configuradas por el contexto. Lo anterior se puede asociar a un proceso de recontextualización de saberes por parte del científico.

Es importante mencionar que, la principal fuente para la conformación de explicaciones en esta(s) conferencia(s) se da desde los experimentos. La experiencia que se genera desde estos es organizada, y va articulando una teoría mayor que se va fundamentando en el transcurrir de cada una de las conferencias. Lo anterior se puede asociar a un proceso de caracterización de fenómenos o de construcción de dominios fenomenológicos.

Lo expuesto anteriormente, lleva a la formulación de la siguiente pregunta problema:

¿Cómo la recontextualización de ideas de Faraday en entornos no especializados puede brindar una serie de criterios y/o pautas para la enseñanza de la electricidad y el magnetismo?

3. Objetivo General.

Proponer una serie de criterios y/o pautas para la enseñanza de la electricidad y el magnetismo en la Educación Media, a partir del análisis del trabajo de recontextualización que realiza M. Faraday en su Conferencia de Navidad sobre “Electricidad y Magnetismo”.

3.1. Objetivos Específicos.

1. Reconocer las circunstancias científicas y filosóficas imperantes en la época de Faraday en relación con la electricidad y el magnetismo.
2. Presentar cómo el científico exhibe sus conocimientos en contextos no especializados, a partir de la conferencia “Electricidad y magnetismo”, desde una perspectiva fenomenológica.
3. Generar una serie de criterios y/o pautas destinadas al diseño y desarrollo de dinámicas para la enseñanza del electromagnetismo desde lo presentado.

4. Justificación.

Antes de comenzar, permítanme decirles también esto: que, a pesar de que nuestro tema es amplio y de que nos proponemos tratarlo seria, honesta y filosóficamente, no es mi intención dirigirme a la gente madura y experimentada aquí presente. Reclamo el privilegio de hablar a los jóvenes como si fuera uno de ellos. (Faraday , 1825, pág. 139)

Este tipo de declaraciones eran las dichas por Faraday antes de comenzar cada una de las conferencias. En estas, se observa un reconocimiento del contexto y una diferenciación en cuanto

a cómo y a quién van a ir dirigidas. Al convertirse en un joven entre los jóvenes, sus formas de hacer y modos de hablar al momento de presentar conocimiento también se convierten, y se diferencian de su forma madura y experimentada, con la cual suele presentar sus avances científicos. Esta conversión puede ser entendida como un proceso de recontextualización de saberes. “Recontextualizar quiere decir situar, insertar, articular un conocimiento, de manera significativa, en un nuevo contexto” (Granés & Caicedo, 1998).

Recuerde, que estas conferencias se plantearon para el público del común de la Gran Bretaña de la primera mitad del siglo XIX. Se habla de personas que, en su mayoría, no habían tenido acceso a una educación formal, y cuyo nivel de estudios o familiaridad con temas científicos era poco o inexistente. Lo anterior se presenta como un contexto no especializado.

Este proceso de recontextualización de saberes en donde Faraday se convierte en un joven que transmite conocimiento especializado en entornos no especializados, y deja de ser un maduro y experimentado científico que transmite conocimiento especializado en entornos especializados, si es analizado puede brindar una serie de criterios y/o pautas para la enseñanza del electromagnetismo. Las perspectivas histórico-crítica de la ciencia y la fenomenológica cobran gran relevancia para tal propósito.

La perspectiva histórica-crítica de la ciencia, en estos casos, se presenta como un recurso fundamental para el estudio de estas conferencias y para el trabajo del profesor en ciencia. Por lo tanto, comprender y enseñar física, implica explorar los diversos procesos que han dado origen a dicho conocimiento. “Conocer la física sería conocer, entonces, los problemas que han posibilitado la formación y el desarrollo de los conceptos de la física, las condiciones en que tales problemas se plantean, las respuestas y formas de abordarlos que se han elaborado, la forma como

evolucionan los conceptos, los elementos comunes y las diferencias básicas entre las diferentes teorías, etc.” (Ayala , 2006).

Así, al recuperar, exponer y analizar las diversas perspectivas en el estudio de los fenómenos físicos, se pueden generar nuevas posibilidades para la creación de diferentes enfoques, en particular, en lo relacionado con la enseñanza del electromagnetismo. Cuando se llevan a cabo estos procesos, se puede comprender el contexto en el cual Faraday desarrolló sus ideas y, al mismo tiempo, develar cómo fue este proceso de recontextualización de saberes.

El experimento es esencial para comprender el proceso de recontextualización, ya que todas las explicaciones del científico en estas conferencias se derivan de él. Las experiencias se generan a partir de estos experimentos, y la forma en que Faraday las organiza define el fenómeno que se pretende mostrar en cada conferencia. Por lo tanto, los fenómenos que se presentan no son dados, sino que son construcciones realizadas por Faraday. “El fenómeno exige la producción y organización de una serie de experiencias y observaciones intencionadas que requieren de una comprensión conceptual que acompañe a la intervención y disposición experimental” (Ayala, Malagón et al., 2018). La descripción anterior refleja una perspectiva fenomenológica que se vincula con el trabajo realizado por Faraday durante estas conferencias, justificando el uso de esta perspectiva para el desarrollo de la investigación.

Les hago notar que aun cuando les he mostrado en estos magnetos que el doble poder se hace más evidente en las extremidades, en realidad están dotados de dicha fuerza en toda su extensión. Al principio les parecerá esto un poco extraño: por eso les probaré por medio de un experimento que no se trata de algo accidental, y que la masa entera se halla sometida a tal fuerza; del mismo modo que, cuando cae un cuerpo, la fuerza de gravitación actúa sobre toda la masa. Aquí tengo una barra de acero que convertiré en un imán frotándola

sobre el magneto grande. Ambos extremos se encuentran ahora imantados, aunque en sentido contrario. Por el momento no pueden diferenciarse, pero muy pronto lo reconoceremos. Cuando coloco la barra cerca de nuestra aguja magnética, una extremidad repele y la otra atrae. La parte media no atrae ni repele; no puede hacerlo por estar a medio camino entre los dos extremos. Pero si ahora rompo y desprendo un pedazo, y lo examino, observen cuan fuertemente una extremidad (n) atrae esta otra (S) y cuánto repele a la opuesta (N)³. En esta forma, puede demostrarse que todas las partes del magneto contienen la misma capacidad de atracción y de repulsión, pero que solo se hace evidente en las extremidades de la masa. (Faraday , 1825, pp. 106-7)

Es importante mencionar que el objeto de análisis de esta investigación es la conferencia *Electricidad y Magnetismo*, y esta hace parte del conjunto *Las Fuerzas de la Materia*. Aunque esta experiencia sensible que es organizada y producida por Faraday cumple un rol fundamental en la conformación de los fenómenos eléctricos y magnéticos, los procesos de teorización y conceptualización que se van generando en cada una de las conferencias desde la organización de la experiencia, también cumplen un rol fundamental en la conformación de los fenómenos.

5. Antecedentes.

Como antecedentes se retoman los trabajos que hacen uso de la recontextualización de saberes, los estudios histórico – críticos de la ciencias y la perspectiva fenomenológica para analizar y producir alternativas de aprendizaje. Estos se presentan a continuación:

- **Recontextualización sobre una recontextualización: una revisión de la enseñanza del Electromagnetismo en torno a los trabajos de Maxwell.**

³ Después de romper la barra, los extremos de cada fragmento se reorganizan, generando nuevos polos en cada uno de ellos. En una de las barras, los polos se designan como N y S, y en la otra como n y s.

Este trabajo de pregrado de la Universidad Pedagógica Nacional, escrito por David Martínez en el 2012, se fundamentó en la revisión de los escritos de Maxwell en el campo del electromagnetismo, develando y reconstruyendo lo que sería su discurso en torno a la enseñanza del electromagnetismo (Martínez , 2012). Esta tesis es una pieza fundamental en el desarrollo de la investigación, ya que gran parte de las herramientas que utiliza para determinar el discurso pedagógico de Maxwell, son similares a las que se utilizan para determinar el discurso pedagógico Faraday en esta investigación.

- **La recontextualización de saberes como perspectiva de abordaje de teorías y conceptos en física.**

La tesis de maestría de Julio Bermúdez, presentada en 2021 en la Universidad Nacional de Colombia, lleva a cabo un análisis documental sobre la recontextualización de saberes, con el objetivo de evaluar la factibilidad de implementar dichos procesos en el entorno del aula de clases. Los hallazgos de esta tesis indican que estos procesos fomentan la participación activa del estudiante en su proceso de formación, un aspecto destacado en las conferencias de Faraday, validando el propósito de esta investigación y brindando una serie de orientaciones para analizar lo realizado en estas conferencias.

- **Construcción de una secuencia de tareas a partir de una fenomenología didáctica del concepto de función**

La tesis de maestría de Jorge Coba, presentada en 2017 en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Propone una serie de tareas basadas en la educación matemática realista y en la fenomenología didáctica del concepto de función según Freudenthal. Este enfoque fenomenológico que se toma considera que el aprendizaje efectivo de las matemáticas no solo se basa en la adquisición de conceptos abstractos, sino también en la

comprensión de cómo esos conceptos se relacionan con experiencias concretas y significativas para los estudiantes. Este documento lleva a cabo una investigación afín a la que se realizó, ya que presenta nuevas alternativas para la enseñanza de conceptos abstractos desde la experiencia directa del estudiante.

6. Metodología.

Como se mencionó en la introducción, el enfoque histórico – crítico para la enseñanza de las ciencias va a ser la base para el desarrollo de esta investigación. El diálogo que se establece con el autor a partir del análisis de las fuentes originales que propone este enfoque, permite elaborar criterios para orientar los procesos de conocimiento en el aula (Ayala , 2006). Es este diálogo que se desea iniciar con Faraday desde el análisis de la conferencia *Electricidad y Magnetismo*, lleva a plantear la siguiente metodología para el desarrollo de esta investigación.

En una primera instancia, se revisan las diferentes cosmovisiones predominantes en la época de Faraday: La de Newton y sus seguidores, las no Newtonianas (las concebidas por Descartes y Leibniz), y la desarrollada por Boscovich, que, en cierto sentido, realiza una síntesis de las dos cosmovisiones previas.

Dado que esta investigación aborda los temas disciplinarios de electricidad y magnetismo, se continúa con la revisión de los principales personajes que contribuyeron al desarrollo de estos campos y al pensamiento de Faraday, como los son: Galvani, Volta, Oersted y Ampère. Esta primera parte concluye con la revisión de la cosmovisión de Faraday.

Una vez reconocido el contexto científico y filosófico del cual Faraday fue partícipe, la segunda instancia comienza con una descripción de cada una de las seis conferencias, excluyendo la quinta, ya que es el objeto de análisis de esta investigación.

Para identificar cómo el científico exhibe sus conocimientos en contextos no especializados, se continúa con la revisión de la conferencia *Electricidad y Magnetismo* desde una perspectiva fenomenológica. Durante esta parte, se analiza como Faraday configura los dominios fenomenológicos para la elaboración de las magnitudes *Electricidad y Magnetismo*. Este proceso se origina a partir del reconocimiento de las rutas delineadas mediante las preguntas o problemas que se plantea el conferencista. Es a través del desarrollo de estas rutas, que se logra identificar un proceso y distinguirlo de otro. (Ayala, Malagón et al., 2018).

Además, se examinan cuáles son las maneras de ver, producir, hablar y organizar que tiene Faraday con respecto a los diferentes efectos sensoriales presentes en la conferencia, y se observa cómo estos estructuran una estrecha y dinámica relación entre la configuración de la magnitud y la profundización en la constitución de los dominios fenomenológicos que se exhiben (Ayala, Malagón et al., 2018).

En una tercera instancia, lo analizado proporciona la base para formular una serie de criterios o pautas destinadas al diseño y/o desarrollo de dinámicas para la enseñanza del electromagnetismo desde la perspectiva fenomenológica que se le asocia a Faraday, en esta conferencia dirigida a un público no especializado. Finalmente, se cerrará con una reflexión sobre el trabajo realizado.

7. Las Circunstancias Científicas y Filosóficas Imperantes en la Época de Faraday.

Michael Faraday emerge como una figura influyente en la ciencia del siglo XIX. A lo largo de su destacada carrera científica, se enfrentó a diversos desafíos derivados de la filosofía predominante en su época, las circunstancias científicas imperantes y sus propias metas personales. Al superar cada uno de estos desafíos, ya fuese de manera parcial o total, Faraday generó una serie de conocimientos innovadores que contribuyeron al progreso científico. Una renovada concepción metafísica⁴ de la naturaleza, los avances en la electroquímica, el descubrimiento de la rotación e inducción electromagnética, hasta la creación de una serie de conferencias, que apoyan la divulgación de la ciencia para un público no especializado, son algunos de los aportes de Faraday.

Para entender la producción de estos diversos conocimientos, se hace necesario comprender el contexto del cual Faraday fue partícipe. Contexto que se vio influenciado por la metafísica predominante de la época, la cosmovisión desarrollada por Newton y sus seguidores. De igual forma, resulta crucial destacar la significativa influencia de las cosmovisiones no newtonianas, concebidas por Descartes y Leibniz. Además, es fundamental resaltar la teoría propuesta por Boscovich, que integra la cosmovisión newtoniana y las no newtonianas.

Considerando que esta investigación se centra en los aspectos disciplinarios de la electricidad y el magnetismo, así como en la contextualización de las condiciones científicas predominantes de la época, se dará prioridad de manera concisa a los principales protagonistas que contribuyeron al avance de estos campos y ejercieron un impacto significativo en el pensamiento de Faraday. Estos son Galvani, Volta, Oersted y Ampère.

⁴ En el contexto de este texto, el término "metafísica" se utilizará conforme a la definición de W. Berkson en su obra "Las teorías de los campos de fuerza. Desde Faraday hasta Einstein". En dicho libro, se emplea la palabra como un equivalente de la Idea o imagen de mundo.

Cabe resaltar que el contexto que se presentará sólo tomará en cuenta los aspectos filosóficos y científicos, ya que resultan más convenientes para el desarrollo de esta investigación. Aunque es fundamental destacar la interrelación e inseparabilidad de estos aspectos y los no mencionados, como la gran influencia de la religión *Sandemaniana* en la vida y obra de Faraday o la revolución industrial que vivía la Gran Bretaña de la época, entre otros.

Ahora bien, si se desea conocer lo producido por Faraday, antes de iniciar este contexto, se hace necesario mencionar “tres grandes núcleos” que le dan forma a su trabajo académico tal como lo sugiere el profesor Juan Carlos Orozco en su tesis de maestría el *Encanto de la Diferenciación*. El primero de ellos sería su faceta experimentalista, la más conocida por el público en general, pero a su vez la más distorsionada, en donde se presenta a un experimentador habilidoso que no da mayor relevancia a las implicaciones teóricas de los resultados. El siguiente núcleo vendría dado desde el profundo trabajo teórico que desarrolla el físico inglés, en donde se presenta una amplia sistematización que permite elaborar conceptos y precisar la terminología de los fenómenos eléctricos y magnéticos. El tercer núcleo vendría dado desde las profundas reflexiones filosóficas que permean la obra de Faraday, en donde los asuntos metafísicos y epistemológicos se hacen presentes en la mayoría de sus especulaciones. (Orozco , 1996).

En el transcurso de este contexto, se abordará de manera concisa la noción de *"la unidad de las fuerzas"*, la cual desempeña un papel fundamental en la formación del pensamiento de Faraday. Este tema se torna relevante debido a que la conferencia objeto de análisis en esta investigación forma parte de un conjunto denominado *Las Fuerzas de la Materia*. En dicho conjunto, se establecen conexiones entre cada una de las fuerzas y se extrae la noción de una fuerza esencial.

7.1 Las Circunstancias Filosóficas Imperantes en la Época de Faraday.

7.1.1. Cosmovisión Newtoniana.

La cosmovisión predominante en la época de Faraday fue la desarrollada por los seguidores de Newton. Esta influencia era tan significativa que incluso las teorías no newtonianas incorporaban algún concepto esencial derivado de los fundamentos establecidos por Newton⁵.

La visión newtoniana⁶ propone un universo compuesto por tres entidades fundamentales: Los corpúsculos, definidos por su solidez y extensión, un espacio vacío que exhibe homogeneidad e isotropía, y la fuerza, concebida como la capacidad de un corpúsculo para influir y ser influenciado por otro corpúsculo de manera directa e instantánea, actuando a distancia. A partir de estos principios, se gestó el desarrollo de la mecánica y la teoría de la gravitación. La mecánica se abocaría a la descripción de cómo las fuerzas generan movimiento, delineando las leyes que rigen las interacciones entre corpúsculos y sus consecuentes desplazamientos. Simultáneamente, la teoría gravitatoria postula una fuerza central de atracción que opera en la dirección que conecta los centros de los corpúsculos, estableciendo así un marco conceptual que explora las influencias gravitacionales entre las entidades del sistema. Los seguidores de Newton constantemente intentaban articular las leyes de la gravitación a las otras fuerzas conocidas para la época, y de igual forma, intentaban aplicar la mecánica a corpúsculos que estuvieran bajo la acción de otras fuerzas. Uno de estos seguidores fue Ampère, el cual tuvo una gran influencia en el pensamiento de Faraday, como se mostrará más adelante.

⁵ Se tomaron como fundamentos clave para la formulación de teorías no newtonianas conceptos como la noción de corpúsculo material, el espacio absoluto y la acción a distancia. Véase W. Berkson – “Las teorías de los campos de fuerza. Desde Faraday hasta Einstein”, p 44.

⁶ De acuerdo W. Berkson: “Cuando hablo de la <<visión de Newton>>, o newtoniana, me refiero no a sus propias opiniones sino a las que se le adjudicaban en la época de Faraday. Las ideas de Newton eran bastante complicadas, sobre todo cuando se incluyen sus teorías ópticas y químicas.” (Berkson, 1974).

7.1.2. Cosmovisiones No Newtonianas.

Las cosmovisiones no newtonianas derivadas de la metafísica de Descartes (1596 – 1650) y Leibniz (1646 - 1716) ejercieron una notable influencia en el pensamiento de Faraday. Los aspectos más relevantes de la teoría de Descartes, era la negación de la fuerza y el uso de la conservación del movimiento como ley fundamental. En su teoría, materia y extensión son una sola entidad, un mar de materia, que ocupa todo el universo y se encarga de producir la acción entre dos cuerpos por medio del contacto de sus superficies, eliminando la noción de un espacio vacío.

Leibniz es partidario de estas ideas, pero resalta la carencia por parte de Descartes al momento de explicar por qué un cuerpo no atraviesa a otro cuerpo. Esta cuestión suscita varias interrogantes⁷ que conducen a Leibniz a postular la fuerza como una propiedad esencial de la materia, que ha de ser repulsiva para explicar la impenetrabilidad de los cuerpos. Con este renovado concepto de fuerza surge un nuevo principio de continuidad, que se encargará de articular la teoría, explicando la deformación y posterior reformación que hay cuando se produce un contacto entre dos cuerpos del sistema, eliminando la noción de corpúsculo sólido. Leibniz también propone la unidad de las fuerzas. Postula la existencia de una fuerza primordial que actúa como la raíz o principio fundamental de todas las demás fuerzas y se considera como una entidad intrínseca de la materia.

7.1.3. Cosmovisión de Boscovich.

Roger Joseph Boscovich (1711 - 1787), al rechazar la noción de un espacio lleno, mostraba una lealtad inequívoca a la teoría de acción a distancia propuesta por Newton. No obstante,

⁷ Tal como lo sugiere W Berkson, algunas de las interrogantes de Leibniz con respecto a la impenetrabilidad de los cuerpos son las siguientes: ¿Cómo interactúan dos cuerpos sólidos?, ¿Por qué las superficies son resistentes a la penetración?, ¿Por qué no se atraviesan, como podemos imaginar que sucede con los objetos geométricos?

experimentaba un fuerte interés por la teoría de las mónadas de Leibniz y la noción de fuerza repulsiva, como explicación para la impenetrabilidad de los cuerpos. Con estos elementos en mente, se embarcó en la tarea de desarrollar una teoría que integrara de manera coherente ambas ideas. Una explicación adecuada de lo mencionado, la proporciona W. Berkson:

Supongamos que existe una fuerza repulsiva que actúa cerca del átomo y es lo suficientemente intensa como para mantener a cierta distancia a cualquier otro átomo. Si ocurre esto, ¿Qué necesidad hay de afirmar que los átomos son cuerpos extensos? Todo lo que necesitamos suponer es que hay un punto que tiene asociada una fuerza que es atractiva o repulsiva según la distancia (Berkson, 1974, pág. 46).

Bajo esta conceptualización, Boscovich presenta una renovada teoría destinada a explicar la impenetrabilidad de los cuerpos, la unidad de todas las fuerzas, y el espacio donde suceden estas acciones. Según esta propuesta, la fuerza puede transformarse en atracción o repulsión dependiendo de la proximidad entre dos cuerpos. A pequeñas distancias la fuerza es repulsiva, a medida que se aumenta la distancia, la fuerza será atractiva. El espacio donde suceden estas interacciones estará constituido por puntos inextensos todos idénticos. Estos presentarán una cierta cantidad de inercia, en donde la acción será a distancia obedeciendo una ley de interacción oscilatoria⁸, generando una diferenciación entre materia y fuerza.

7.2. Las Circunstancias Científicas Imperantes en la Época de Faraday.

Cuando Faraday comenzó sus investigaciones, se estaban gestando una serie de acontecimientos que allanarían el camino para importantes avances en los campos de la electricidad y el magnetismo. Luigi Galvani (1737 -1789), desde la experimentación con ranas, proponía la existencia de una electricidad propia de los animales, la “electricidad animal”. Por el

⁸ Véase, Acosta (2012), pp. 34-5.

contrario, Alessandro Volta (1745 - 1827), rechazaba dicha idea y proponía que esa manifestación eléctrica, venía dada desde el círculo formado por los metales puestos en contacto junto a el conductor húmedo (la rana) y, por lo tanto, no era una electricidad propia o particular de los animales. (Garzón, Ayala et al., 2020). Todo esto se gestó a partir de la invención de la pila voltaica, la cual proporcionó una comprensión más clara de los fenómenos eléctricos, unificándolos y demostrando la conversión de una fuerza a otra, específicamente de la afinidad química a la eléctrica, indicando la unidad de las fuerzas y constituyendo una de las numerosas razones que llevaron a Faraday a pensarse varios de sus posteriores descubrimientos, como las leyes de la electrólisis, el motor homopolar, entre otros.

Continuando con esta línea de pensamiento, unos de los primeros experimentos que dieron cuenta de la conversión o relación entre la electricidad y el magnetismo, fueron los realizados por Benjamin Franklin (1706 - 1790). Aunque Franklin no tenía una comprensión completa de esta relación y negaba la relación entre estas dos fuerzas⁹, la capacidad de magnetizar agujas mediante descargas eléctricas de una botella de Leyden¹⁰ y la observación del curioso fenómeno en el que una brújula invertía su polaridad debido a un rayo, ya daban cuenta de la unidad de estas. Franklin generará una primera teoría sobre la electricidad, en donde propondrá la existencia de un *fluido único* para dar explicación a las descargas eléctricas. Esta teoría postula la presencia de dos estados eléctricos que surgen a partir del exceso o la carencia de fluido en la materia, siendo el exceso *positivo* y la carencia *negativo* (Orozco , 1996). Una teoría alterna y contemporánea a la de Franklin, era la propuesta por el francés Charles Dufay (1689 - 1739), la cual propone la existencia

⁹ En una carta de 1773 en que discute la analogía entre electricidad y magnetismo, Franklin escribe que, en relación al magnetismo que parece ser producido por la electricidad, su opinión es que esos dos poderes de la naturaleza no poseen afinidad mutua. La aparente producción de magnetismo por las descargas eléctricas era concebida como puramente accidental y, por lo tanto, no se podía concluir de esas observaciones ninguna conexión más íntima entre electricidad y magnetismo. (Vaccaro , 2014, pág. 20).

¹⁰ Esta magnetización se realizaba conectando los terminales de la botella a los extremos de las aguja.

de otro fluido. Resinoso y vitreo (o positivo y negativo) son asignados a estos dos fluidos y, el desbalance y la disposición de estos, permitirán la explicación de todos los fenómenos eléctricos. Es importante destacar que, hasta comienzos del siglo XIX, no existía una relación clara entre el magnetismo y la electricidad, esto llevaba a científicos como Coulomb (1736 - 1806) a considerar la distinción entre fluidos eléctricos y fluidos magnéticos, destacando la inseparabilidad de los últimos como principal diferencia y aclarando que la única interacción que se puede generar es la que se da entre fluidos de la misma clase, dando como resultado la separación entre estas dos fuerzas.

Un partidario de la teoría de los dos fluidos es Oersted (1777 - 1851), pero su interpretación era diferente, debido a su pensamiento kantiano. Los fluidos de Oersted se encuentran en un constante conflicto debido al movimiento contrario que se produce dentro de un hilo conductor. Este movimiento contrario, crea un desbalance en cada porción del hilo conductor, que se balancea al instante posterior, generando un flujo intermitente u ondulatorio. En cuanto al origen del conflicto de los fluidos de Oersted y una explicación complementaria de los mismos, W. Berkson propone:

La teoría del conflicto eléctrico nació cuando Oersted intentaba explicar la existencia de la luz polarizada. Supuso que la polarización de la luz era en realidad una polarización eléctrica y estableció la siguiente relación entre esta hipótesis y los efectos ordinarios de la electricidad: La electricidad positiva y la negativa siempre impregnan el conductor y el espacio que las rodea; incluso cuando no hay carga neta, las cargas positivas y negativas pueden vibrar rápidamente de aquí para allá “el conflicto”. (Berkson, 1974, pág. 57)

Con este conflicto de fluidos y bajo la idea de la unidad de las fuerzas¹¹, Oersted inicia una serie de experimentos para demostrar la relación entre electricidad y magnetismo. Esta relación, aunque ya se había observado anteriormente, estaba malinterpretada. No se concebía una afinidad intrínseca entre estos dos fenómenos, y su conexión se consideraba meramente accidental. En 1820, Oersted hizo un descubrimiento trascendental al observar cómo una aguja magnética se veía afectada por un flujo de corriente cercano. Este hallazgo no solo demostró la interconexión entre la corriente eléctrica y el magnetismo, sino que también respaldó la noción de la unidad de las fuerzas. Para dar explicación a este fenómeno, Oersted continúa desarrollando la idea del conflicto entre fluidos. La vibración que es generada a partir del conflicto afectará al conductor y a las partículas que se encuentren en el espacio circundante de este. Las partículas no magnéticas, no opondrán ninguna resistencia al paso del fluido, mientras que las partículas magnéticas si lo harán, produciendo este fenómeno. La "vibración" en cuestión actuará de manera circular alrededor del conductor, describiendo así la forma en la que se propaga y la interacción que se produce entre estos cuerpos. (Berkson, 1974).

André-Marie Ampère (1775-1836), no cree que esta interacción se produzca de esta manera, ya que, al igual que Coulomb, no concibe la relación entre fluidos de diferentes clases (magnéticos y eléctricos). Intentando generar una "gran teoría" que diera explicación a los fenómenos eléctricos y magnéticos, Ampere decide hacerle frente a este nuevo enigma articulando al paradigma vigente. La gran teoría de Ampere consistió en reducir todos los fenómenos magnéticos a fenómenos eléctricos, eliminando la noción de "fluido de magnético". (Blondel & Wolff, 2009).

¹¹ La concepción de la unidad de las fuerzas de Oersted se vio influenciada por la propuesta de Kant. Al igual que Boscovich, Kant seguía las teorías newtonianas, pero experimentaba una marcada fascinación por la perspectiva leibniziana. En cuanto a la unidad de las fuerzas, Kant postulaba que todas ellas eran simplemente manifestaciones de fuerzas atractivas y repulsivas.

La pieza central en la articulación de esta teoría se da desde un experimento fundamental que involucra la interacción entre dos cables conductores de electricidad. Estos cables exhiben fuerzas de atracción o repulsión, dependiendo de la dirección en la que fluya la corriente eléctrica a través de ellos. Cuando la corriente fluye en la misma dirección, los cables experimentan una atracción mutua, por el contrario, si fluye en direcciones opuestas, se produce una fuerza de repulsión entre ellos. En consonancia con esta idea, los imanes en su interior albergarán corrientes eléctricas circulares, que pueden interactuar con las corrientes de otros imanes y con la de los cables (Berkson, 1974) . Desde esta explicación, Ampere reduce todos los fenómenos magnéticos a interacciones entre corrientes eléctricas, dando una nueva explicación al descubrimiento de Oersted e iniciando una nueva rama de la física: La electrodinámica.

7.3. Cosmovisión de Faraday.

Lo expuesto brinda una visión panorámica del contexto científico y filosófico del cual fue partícipe Michael Faraday (1791 - 1867).

Una noción fundamental que surgió de este contexto fue la idea de la unidad de las fuerzas, evidenciada experimentalmente por los trabajos de Volta y Oersted, donde se hace presente la convertibilidad de fuerzas¹², manifestando la idea de una fuerza esencial, ya anunciada en las primeras conferencias de Faraday, mediante la propuesta de fuerzas fundamentalmente atractivas.

En su conferencia sobre electricidad y magnetismo, Faraday presenta lo siguiente:

Recuerden que hablamos de la atracción gravitatoria de todos los cuerpos entre sí por el acercamiento. Recuerden que hablamos de la atracción mutua de las partículas de la misma especie. Recuerden que encontramos, al examinar el agua, que también las partículas de dos especies diferentes podían atraerse recíprocamente. (pág. 97)

¹² De química a fuerza eléctrica y de fuerza eléctrica a fuerza magnética.

Bajo la idea de la unidad de las fuerzas, distanciándose de la teoría de los fluidos de Ampere, desde la idea del conflicto de Oersted que afecta al espacio circundante, entre otras ideas, Faraday planteará un espacio físico en donde materia y fuerza son una sola entidad que ocupa todo el espacio, un mar de fuerzas¹³. Si dichos fluidos existieran, tendrían que estar constituidos por un complejo de fuerzas y esta idea según Berkson se sustenta en lo siguiente: “El razonamiento se basaba en que como la materia actúa solo a través de la fuerza, y la fuerza es única, única debía ser la materia.” (Berkson, 1974). Dando como resultado la reducción de estos fluidos hipotéticos a una configuración especial de la fuerza como entidad material¹⁴.

Para Faraday, todos los fenómenos físicos podrán ser explicados desde la fuerza como entidad material que se conserva y desde la configuración de esta en el espacio. Los cuerpos serán sistemas convergentes de fuerza y la interacción entre estos será contigua, cada punto de este espacio tendrá una dirección y una intensidad. Este espacio se desarrollará con la introducción de las líneas de fuerza: “El espacio de Faraday es básicamente un entramado de líneas físicas de fuerza que se extienden en todas las direcciones conectando los centros de fuerza; estos son concebidos, básicamente, como centros de tensión.” (Orozco , 1996). Esta hipótesis cuestionará las nociones corpusculares de la materia y la acción a distancia.

La noción de *fuerza* en la época de Faraday fue una idea que ayudó a articular diferentes teorías. Durante este proceso se generó un vasto conocimiento, destacando las conferencias *Las Fuerzas de la Materia* impartidas por Faraday. Electricidad y magnetismo, hacen parte de este conjunto de conferencias y ya una vez presentado el contexto, se procede a realizar el respectivo análisis para develar el discurso pedagógico de Faraday.

¹³ Este "mar de fuerzas" exhibirá notables similitudes con el "mar de materia" de Descartes.

¹⁴ Para Faraday, esta nueva entidad se considera como real.

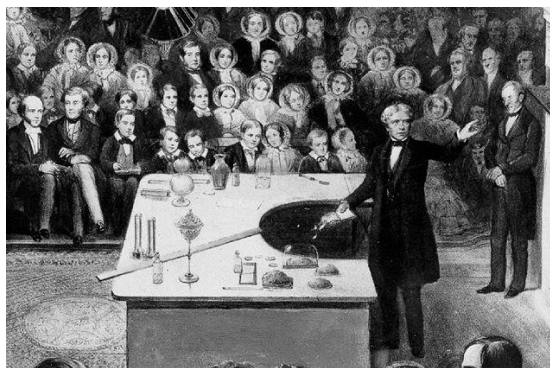
8. Conferencias - Las Fuerzas de la Materia.

En este contexto, Faraday desarrolló una gran variedad de conocimientos innovadores que contribuyeron al desarrollo científico en diferentes aspectos. En la divulgación y educación científica, Faraday realizó su aporte desde la creación de las *Christmas Lectures*, impartidas en la Royal Institution de Londres. Estas conferencias iniciaron en el año de 1825 y como lo señala su nombre, se daban en la temporada navideña a la comunidad londinense, centrándose especialmente en un público joven, no especializado en ciencias. Faraday se destacará como un expositor formidable, que tendrá como principal herramienta de comunicación el lenguaje descriptivo sencillo, para dar a conocer los fenómenos presentes en sus experimentos mentales y reales, prescindiendo del lenguaje matemático.

Las Fuerzas de la Materia constituyen una serie de seis conferencias que hacen parte de las *Christmas Lectures*. Estas conferencias incluyen:

1. La fuerza de la gravitación.
2. Gravitación. Cohesión,
3. Cohesión. Afinidad Química.
4. Afinidad Química. Calor.
5. Electricidad. Magnetismo.
6. La correlación de las fuerzas.

Figura 1 - Michael Faraday en una de sus conferencias.



Nota. Tomada de (Blaikley, 1856)

Faraday comienza esta serie de conferencias destacando la indiferencia del ser humano hacia los acontecimientos que lo rodean, la escasa o nula reflexión sobre la razón de existir, el simple hecho de nacer y morir, sin considerar el encanto de la naturaleza. Si esta fuera la totalidad de la situación, no se lograrían determinar *las leyes maravillosas* que rigen el mundo físico. Sin embargo, esto no ha sido así, y gracias al trabajo de algunas mentes investigadoras, se ha logrado comprenderlas parcialmente. Es importante destacar que cada una de estas conferencias busca consolidar la noción de la unidad de las fuerzas, propósito que se manifiesta de manera explícita en la última conferencia.

Las leyes maravillosas que rigen nuestro crecimiento y nuestra existencia, y que nos permiten gozar de la vida, nos revelan que todo ello es el resultado de la existencia de ciertas fuerzas o potencias tan comunes que ninguna otra podía serlo más; pues nada es más común que ese conjunto de fuerzas maravillosas que nos permiten permanecer erguidos y que son esenciales a nuestra existencia en todo momento. (Faraday , 1825, pág. 15)

8.1. La fuerza de la gravitación.

La primera conferencia inicia con la explicación de la palabra fuerza o potencia. Define lo qué es la materia, y continúa con el desarrollo del concepto de densidad para hablar de cuerpos más pesados que otros. Desde esta diferenciación, se dispone a realizar un experimento en el cual vierte agua de una botella en un recipiente. Señala como la experiencia ha enseñado a colocar la botella encima del recipiente para que el agua caiga, pero esta experticia no es la que genera la caída, si no otra razón, la gravedad, comenta Faraday. La conferencia avanza, enriqueciéndose con experimentos mentales y reales, para proporcionar una comprensión más profunda de la atracción de los cuerpos y la relevancia de los centros de gravedad. Comenta que todos los cuerpos que son

atraídos por la tierra gravitan¹⁵, pero resalta que este fenómeno de atracción no es único de la tierra, ya que todos los cuerpos lo presentan.

8.2. Gravitación. Cohesión

En la segunda conferencia se retoma el tema de la gravitación y se introduce la ley del inverso del cuadrado de la distancia, para dar explicación a esta razón de atracción. Se expondrán diversos experimentos con el objetivo de esclarecer la fuerza de atracción presente en todo tipo de cuerpos, centrándose en los de pequeñas dimensiones. Faraday le preguntará a la audiencia de qué manera se puede simplificar la atracción que hay entre estos pequeños cuerpos o partículas, y revelará la respuesta al introducir el concepto de cohesión. En lo que resta de conferencia, se exponen las diferentes propiedades de la cohesión, resaltando la intensidad de esta, su relación con la disposición de la materia y la atracción reciproca de los cuerpos.

8.3. Cohesión. Afinidad Química

La tercera conferencia inicia con la demostración de los medios que se tienen para alterar la fuerza de cohesión. El primer medio presentado será la fuerza conocida como calor¹⁶. Definirá sus propiedades y presentará diversos experimentos que ilustran la absorción y liberación de este. Cuando se disminuya la atracción de cohesión se absorberá calor y cuando se aumente esta atracción se presentará la liberación, generando una explicación para los cambios de fase y estados de la materia. El segundo medio vendrá dado desde la fuerza eléctrica producida por la pila voltaica. Con esta fuerza, desde la experimentación con agua y con los montajes realizados en la

¹⁵ Este concepto en la conferencia es presentado a la audiencia como un término científico. Faraday muestra una clara conciencia del uso y la distinción entre el lenguaje científico y el coloquial al elaborar sus explicaciones. Esto se hará presente a lo largo de las conferencias, con conceptos como: Cohesión, electrificación, etc.

¹⁶ Faraday define el calor como una fuerza, en contraste con las posturas de corte sustancialista predominantes en la época.

conferencia¹⁷, se hablará de una nueva fuerza que atrae y combina partículas de diferentes especies, vence la fuerza de cohesión y es conocida como la afinidad química, explica Faraday.

8.4. Afinidad Química. Calor

La cuarta conferencia comienza con una explicación adicional de las propiedades y formas de actuar de la afinidad química. Se señala su relación directa en la producción de luz y calor. A diferencia de la gravedad, el calor no será continuo, y desaparecerá en cuanto cese la acción química, lo mismo sucederá con la luz, comenta Faraday. En la segunda parte de la conferencia, se llevarán a cabo varias demostraciones con el propósito de ilustrar y profundizar en las cualidades del calor y su relación con la afinidad química, resaltando la contracción y dilatación de los cuerpos.

8.5. La correlación de las fuerzas.

En la sexta conferencia¹⁸ se destaca cómo cada una de las fuerzas mencionadas son el resultado de la acción de alguna otra fuerza. Se sintetizan los hallazgos de cada una de las conferencias, enriquecidos con nuevos experimentos, para así elucidar la correlación entre las diversas fuerzas y proponer la unidad de estas.

Hemos visto a menudo, en el transcurso de estas conferencias, que alguna de las potencias o fuerzas de la materia cuyos nombres he escrito sobre el pizarrón ha producido resultados que son debidos a la acción de alguna otra fuerza. No debemos sólo observar la forma en que una fuerza afecta a la otra, como afecta la energía calorífica a la afinidad química, por ejemplo, sino que debemos de tratar de comprender cuál es la relación que tienen entre sí y cómo estas facultades pueden ser intercambiadas. (Faraday , 1825, pág. 117)

¹⁷ Véase, Faraday. (1825), pp. 71 – 4.

¹⁸ Se omite la descripción en este punto de la quinta conferencia, ya que es el objeto de análisis de esta investigación y posteriormente se presentará.

9. La fenomenología y la perspectiva fenomenológica

La fenomenología, asume la máxima de su fundador E. Husserl, de ir "a los asuntos mismos", sean éstos los que sean, para que en la ciencia respectiva sean esos asuntos los que mostrándose directamente se nos presenten en persona y, por decirlo así, "nos hablen por sí mismos", de sí mismos y desde sí mismos. (Hoyos, 1991, pág. 1)

Los asuntos percibidos directamente dan lugar a la experiencia, la cual, al ser estructurada, conforma el fenómeno. Este proceso de organización se realiza principalmente a través del lenguaje, que se utiliza para describir y configurar lo sentido. Con base en esto la perspectiva fenomenológica se centra en proponer y desarrollar experiencias en el aula de clase (Ayala, Malagón et al., 2018). Estas experiencias vendrán desde la actividad propuesta por el maestro, y es desde esta que se empiezan a configurar los sentidos de los estudiantes (Orozco, Chaparro et al., 1996). Una actividad inicial puede ser un experimento que muestre el asunto y, a partir de él, se generen experiencias, no es la única generadora de estas últimas, ya que el entorno en el que se desarrolle dicha actividad también aporta experiencias. Lo mencionado anteriormente adquiere una mayor claridad a través del análisis de la conferencia.

10. Análisis de la Conferencia – Electricidad. Magnetismo.

Para realizar el análisis, se tendrá en cuenta la perspectiva fenomenológica como un proceso de recontextualización, que se puede asociar a lo realizado por Faraday en esta conferencia, con el propósito de identificar cómo el científico exhibe sus conocimientos en contextos no especializados. Una parte importante en la ejecución de este análisis y considerando a Faraday como uno de los más grandes experimentadores, es resaltar el rol que se le da al experimento en la conformación de explicaciones.

Recuerde, cuando se menciona contextos no especializados, se destaca que estas conferencias se dirigían al público del común de la Gran Bretaña de la primera mitad del siglo XIX, caracterizado por tener un nivel educativo bajo o nulo en aspectos relacionados con la filosofía natural.

En el transcurso de estas seis conferencias, se ha podido denotar la formalización del dominio fenomenológico con respecto a la fuerza y su influencia en la materia. La organización de los diferentes efectos sensoriales que se hacen presentes en sus experimentos mentales y reales, cuidando su forma y modo de hablar al momento de introducir conceptos científicos y teorizar con ellos, configurando magnitudes, haciendo uso del sentido común para ampliar y refinar la experiencia del público en torno a los fenómenos, son aspectos constituyentes¹⁹ que se observan en la conformación del dominio por parte de Faraday en sus conferencias. Estos aspectos son la base del análisis y se sustentarán a continuación.

Faraday realiza una síntesis con el fin de organizar los fenómenos mencionados en las conferencias previas, al inicio de su discurso. En este proceso de organización, se pueden observar las diferentes relaciones que crea el científico con los dominios fenomenológicos previamente establecidos, en torno a la idea de *fuerzas esencialmente atractivas*, para comenzar a construir explicaciones con respecto a la electricidad y el magnetismo. “La selección de lo relevante para dar cuenta de un cierto dominio de la experiencia conlleva a establecer una relación de este dominio con al menos otro campo fenomenológico” (Ayala, Malagón et al., 2018)

Recuerden que hablamos de la atracción gravitatoria de todos los cuerpos entre sí por el acercamiento. Recuerden que hablamos de la atracción mutua de las partículas de la misma

¹⁹ Véase, Ayala, Malagón et al. (2018), pp. 5-8.

especie. Recuerden que encontramos, al examinar el agua, que también las partículas de dos especies diferentes podían atraerse recíprocamente. El hidrógeno atraía al oxígeno y lo convertía en agua, pero no era capaz de atraer sus propias partículas, de manera que nos daba un primer indicio de la existencia de dos clases de atracción. Hoy llegamos a un tipo de atracción aún más curioso, a la atracción cuyo carácter es doble. (Faraday , pág. 97)

Se generarán tres montajes experimentales para demostrar este carácter dual de atracción. En el primer montaje, se utiliza una varilla de laca, un trozo de franela y una pelota de goma liviana, la cual está inflada y suspendida de un hilo. En una primera instancia, varilla y pelota no presentan atracción, como lo señala la experiencia. La varilla es frotada con el pedazo de franela, se acerca a la pelota y se observa el fenómeno de atracción. Se pasa la mano por la varilla y este fenómeno desaparece. Para el siguiente montaje, se toma un pedazo de laca, Faraday lo dota del poder de atracción por medio de la fricción, usando un pedazo de franela. Se suspende por medio de un estribo de papel, otro pedazo de laca es dotado de la misma manera, se acerca al pedazo de laca suspendido y se observa el fenómeno de repulsión (Figura 2). Se hace una segunda prueba en donde las condiciones cambian, pero se mantiene el montaje. Faraday frota el pedazo de laca con la franela y este es suspendido, se le acercará una varilla de vidrio, que fue frotada previamente con un pedazo de seda y se observa la atracción. En el transcurso de esta segunda demostración, se observa la introducción del concepto de excitación, para hablar de los fenómenos que se presentan en las varillas y pedazos que son frotados y acercados. Para el tercer montaje se retoma la varilla de laca suspendida que se encuentra excitada por medio del pedazo de franela. Faraday le otorgará el nombre de indicador a este dispositivo. Se toma otra varilla de laca, se le coloca un capuchón de franela en una de sus puntas, se frota ambos objetos y estos se mantienen en contacto (Figura 2). Son acercados al indicador y no se presenta ningún fenómeno. Son separados y

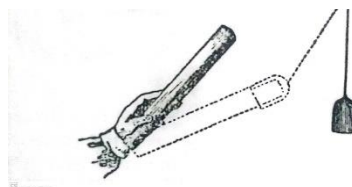
nuevamente acercados, la laca presentará una fuerte repulsión, y la franela una fuerte atracción. Se unen y se acercan nuevamente, ya no se presenta ningún fenómeno. Desde esta construcción fenomenológica, en donde se observa un discurso exhibitivo, que muestra el asunto como es en sí mismo (Orozco, Chaparro et al., 1996), Faraday configura e introduce la magnitud *Electricidad*.

Figura 3 – Varillas excitadas.



Nota. Adaptado de (Faraday , 1825)

Figura 2 – Varilla y Capuchón



Nota. Adaptado de (Faraday , 1825)

Es importante resaltar el paso a paso que se genera en la conformación de explicaciones por parte de Faraday, al momento de introducir términos científicos, para generar un concepto desde lo descrito. La distinción entre conocimiento común y conocimiento científico es clara para Faraday, y esto se pone de presente en su lenguaje, “lo que deben comprender es que todos los cuerpos que son atraídos hacia la Tierra, es decir que gravitan, para usar un término más científico” (Faraday , 1825, pág. 23), y en la distinción, entre las formas de acceder a la realidad desde el conocimiento común y el conocimiento científico, ya que en la vida cotidiana no se necesita de un método para que las cosas se exhiban, por el contrario, toda ciencia demanda de un método o discurso especial (Orozco, Chaparro et al., 1996), esto se pone de presente en la configuración de los montajes y en las posteriores explicaciones por parte de Faraday. Esta primera parte de la

conferencia terminará con la diferenciación entre la electricidad producida por la fricción de la laca con una franela y la del vidrio con el pedazo de seda.

La siguiente parte de la conferencia, inicia con la exhibición de magnetos o imanes provenientes de Suecia. Faraday señalará que estos cuerpos están sujetos a la influencia de todas las otras fuerzas, pero poseen una cualidad dual y distintiva que ha perdurado durante varios siglos, y no puede ser eliminada. Esta nueva fuerza podrá ser replicada artificialmente.

Para la primera demostración, se usa un imán con forma de barra y una llave de hierro. La llave se acerca a una de las extremidades de la barra y se presenta el fenómeno de atracción. Este proceso continúa a lo largo de la barra, para probar la influencia de atracción en cada punto. El centro de la barra estará desprovisto de influencia, y la fuerza de atracción crecerá de forma gradual, a medida que nos alejamos de este. Son estos los argumentos utilizados por Faraday para señalar una diferencia notable con respecto a las otras fuerzas, la atracción no estará en toda la substancia. “¿No les parece curioso el hecho de que esta barra tenga un poder de atracción en sus extremidades que no existe en la parte media, es decir, que la fuerza de atracción resida en dos lugares diferentes?” (Faraday , pág. 104).

Este imán con forma de barra será suspendido y equilibrado. Se le acercará un pedazo de hierro, y se observará cómo un extremo atrae y el otro también, un fenómeno que ya se evidenció en el caso de la laca y el vidrio. Se le acerca un magneto de la misma forma, y en uno de sus extremos se presentará repulsión, en la otra atracción y en la mitad, no se presentará fenómeno alguno. Desde esta exhibición, Faraday configura e introduce la magnitud *Magnetismo*.

Estamos frente a dos tipos de fuerza, cada uno de los cuales atrae diferentes extremidades del magneto; una fuerza doble que ya existe en estos cuerpos y que asume la forma de la

atracción y de la repulsión. Cuando escriba en adelante la palabra *Magnetismo*, comprenderán ustedes que me refiero a este doble poder. (Faraday , pág. 105)

Esta segunda parte de la conferencia es un símil de la primera, ya que las construcciones fenomenológicas que se dan en torno a la electricidad y el magnetismo siguen el mismo método o discurso. En este punto, es importante resaltar la relación de equivalencia²⁰ que realiza Faraday entre electricidad y magnetismo, desde la naturaleza dual que estas presentan²¹.

Aunque pueda parecer evidente que este poder de atracción se manifiesta únicamente en las extremidades del imán con forma de barra, en realidad se extiende por toda su longitud, aclara y comenta Faraday. Se frota una barra de acero con un magneto y esta se convierte en un imán, Faraday se refiere a este proceso como imantación. Cuando esta barra es colocada en las proximidades de una aguja magnética, una extremidad repele y la otra atrae. La parte central sigue sin presentar ningún poder, como lo indica la experiencia. Si la barra se corta por la mitad, ambos fragmentos resultantes se magnetizarán, convirtiéndose en nuevos imanes.

En esta forma puede demostrarse que todas las partes del magneto contienen la misma capacidad de atracción y de repulsión, pero que solo se hace evidente en las extremidades de la masa. Lo que deben considerar por ahora es que cada parte de esta barra de acero es de por sí un magneto. Podemos producir o substraer el poder magnético y prácticamente hacer de él lo que queramos. (Faraday , pág. 107)

Desde el método de Faraday, se llega a un punto de síntesis en donde se consolida el dominio del magnetismo y se termina la exhibición de este en la conferencia. La conformación de

²⁰ Véase, Ayala, Malagón et al. (2018), pp. 9-15.

²¹ Son dos las relaciones que se establecen en esta obra entre electricidad y magnetismo: La de equivalencia mencionada y la categorización como fuerza. La relación descubierta por Oersted no se aborda en estas conferencias, a pesar de que su descubrimiento tuvo lugar cinco años antes de que comenzaran (1825).

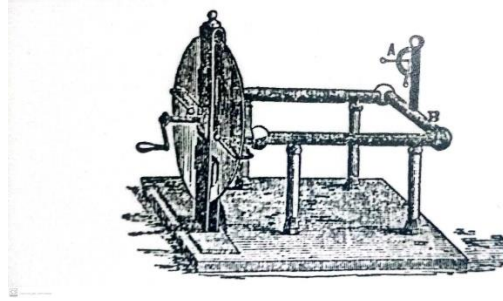
esta fenomenología se puede asociar a una ruta establecida por parte del conferencista, en donde se observa la solución de varias preguntas y problemas, que llevan a identificar el proceso y a diferenciarlo de otro (Ayala, Malagón et al., 2018). Esta situación sucede de igual forma en la construcción del dominio eléctrico.

Se retoma el tema de la electricidad en esta parte de la conferencia, con el fin de destacar una propiedad que unas fuerzas tienen y otras no, la transmisibilidad. Con este objetivo en mente, se vuelve a examinar el calor y se realizan varios experimentos²² que ilustran su capacidad de transmitirse. También se experimenta con electricidad, y se utiliza una máquina de influencia o máquina de fricción, que se asemeja a la de Francis Hauksbee²³ (Figura 4), para ilustrar esta propiedad. La máquina es accionada y comienza a cargarse. Cuando un dedo se aproxima a una de las partes conductoras, se produce una chispa. En este caso el efecto de transmisión es inmediato, en el caso del calor, será progresivo, comenta Faraday. Este fenómeno se produce en presencia de otro cuerpo, y a este proceso, Faraday lo nombrará conducción. “Estas fuerzas se trasladan de un lugar a otro. Tanto el calor como la electricidad pueden ser conducidos.” (Faraday, 1825). En lo que queda de conferencia, se realizan varios experimentos para demostrar la conductividad de varios materiales e indicar la mucha o poca conductividad que estos presentan. Se finaliza la conferencia y con esta, la construcción fenomenológica en torno a la electricidad.

²² Véase, Faraday (1825), pp. 108-9.

²³ Francis Hauksbee fue un físico inglés del siglo XVIII conocido por su trabajo en electricidad y óptica. Es especialmente recordado por sus experimentos con la electricidad estática y por inventar el tubo de Hauksbee, un dispositivo que generaba electricidad estática mediante la fricción de una esfera de vidrio contra un globo de azufre.

Figura 4 – Máquina de influencia.



Nota. Adaptado de (Faraday , 1825)

Antes de continuar, es importante resaltar dos supuestos fundamentales que configuran la tradición fenomenológica según Steven Shapin, y su relación con la conferencia.

El primero dice que el actuar en base al sentido común supone que existe un mundo externo a nosotros, que este mundo tiene un cierto orden objetivo determinado, y que este orden es independiente de los actos de observación y representación por los cuales se lo conoce y se informa acerca de él. (Shapin, 2016, pp. 80-1)

Desde una posición epistemológica, esta afirmación implica que la persona confía en que su percepción y comprensión del mundo están alineadas con una realidad externa independiente de su propia conciencia. Se puede creer en los sentidos y en la capacidad de estos para interpretar el mundo de una manera precisa y fiable. En la exhibición que realiza Faraday, el conocimiento que se forma acerca del mundo, se adquiere principalmente desde la observación y experiencia directa, proceso en el que se evidencia este primer supuesto.

Desde una posición ontológica, esta afirmación sugiere que existe una realidad externa que tiene una estructura y un orden intrínseco, independiente de las percepciones individuales o subjetivas. Estos fenómenos que presenta Faraday van a estar al margen de cómo los perciba o los represente la mente humana. Los fenómenos están, y es el marco de referencia que se da desde la

experiencia, lo que permite analizarlos. Entiéndase este marco como el sentido común que usa Faraday para exhibir lo que se realiza en la conferencia.

El segundo supuesto dice que la acción cotidiana supone que nosotros y los demás seres humanos estamos constituidos de tal forma que este mundo externo, objetivo y determinado, está, *ceteris paribus*, disponible a las percepciones de todos nosotros, y que, cuando estamos convencidos de que cada uno de nosotros está presente en la misma región espacial y temporal, vemos juntos un ejemplo de “lo mismo”. (Shapin, 2016, pp. 80-1)

En este segundo supuesto, se sugiere que todos los seres humanos comparten una disposición intrínseca que les permite percibir el mundo externo de manera similar. Cuando Faraday realiza la construcción de los dominios fenomenológicos, estos son percibidos y experimentados en una misma región espaciotemporal, generando una experiencia en común que se interpreta como “lo mismo”. En este punto, es importante resaltar cómo el contexto requiere de una explicación única que se adapte a las necesidades de éste si se quiere llegar a construir una fenomenología.

11. Criterios y/o pautas para la enseñanza del electromagnetismo.

El análisis previo proporciona la base para generar una serie de criterios y/o pautas destinadas al diseño y desarrollo de dinámicas para la enseñanza del electromagnetismo, desde la perspectiva fenomenológica que se le asocia a Faraday en esta conferencia dirigida a un público no especializado.

Ir a los asuntos mismos: En esta conferencia Faraday va a los asuntos mismos, para que estos le hablen por sí mismos, de sí mismos y desde sí mismos (Hoyos, 1991). La construcción de conocimiento que se da desde este proceso se logra a través de la experiencia. En este punto, es

importante resaltar qué, aunque se genere una experiencia en común, cada sujeto forma la suya en particular desde el sentido propio que le otorga.

El sentido propio o el sentido que el individuo le da al mundo se fundamenta en unas reglas o modelos externos, pero estas no lo definen, ya que es una construcción intrínseca del individuo consciente, que diferencia las experiencias que se le exhiben. Esta es la principal razón para que la metodología fenomenológica no pueda existir, y en cambio, se hable de la construcción o configuración de sentidos en la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva fenomenológica.

Entendamos, desde nuestro punto de vista, que un modelo, básicamente, se reduce a la definición de unas estructuras fundamentales y de un conjunto de reglas ~ una metodología ~ en virtud de las cuales se establecen todas las posibles relaciones entre aquéllas. Aspecto que no tiene cabida si se pone en el plano de indagar o construir conocimientos fenomenológicamente, porque se caería en el plano perceptivo: “mire la experiencia, condúzcala así, haga esto y como resultado obtendrá aquello”. (Orozco, Chaparro et al., 1996, pp. 23-6)

Durante esta conferencia, la actividad llevada a cabo por Faraday se puede vincular con una configuración de sentidos, donde la verdadera importancia en términos de enseñanza no radica en la exhibición del fenómeno, sino en cómo cada individuo puede construir un sentido de mundo a través de éste. “El sentido del mundo es descifrado como el sentido que yo doy al mundo, pero este sentido es vivido como objetivo, lo descubro, de lo contrario no sería el sentido que el mundo tiene para mí” (Orozco, Chaparro et al., 1996). El docente debe considerar la creación de dominios fenomenológicos como una actividad que contribuye a la configuración de sentidos, en sintonía con el discurso de Faraday presente en esta conferencia. Asimismo, debe tener en cuenta la

interacción continua del estudiante con su entorno para la modelación de dichos sentidos, ya que desde esta perspectiva fenomenológica el docente no es el único que aporta experiencias.

Es la actividad la que empieza a configurar sentidos, la actividad es lo que aparece importante, no son las leyes ni las teorías y cada individuo tiene la libertad de darle sentido, todos tenemos la posibilidad de explorar un sentido y de definir, en correspondencia, el o los asuntos a través de los cuales dicho sentido se puede realizar. (Orozco, Chaparro et al., 1996, pp. 23-6)

Apariencia, manifestación y fenómeno: En su búsqueda por clarificar el concepto de fenómeno y distinguirlo de dos términos relacionados, Apariencia y Manifestación, que también se traducen del griego como *Phainomenon*, Heidegger propone una serie de criterios (Hoyos, 1991), que sí se vinculan con la educación, pueden llegar a ser útiles para los maestros que deseen enseñar los fenómenos electromagnéticos, permitiéndoles presentar el fenómeno tal como es en sí mismo.

“El fenómeno no es apariencia, entendida esta como parecer-ser, aunque la apariencia incluye necesariamente algo que si es fenómeno. Apariencia significa el aparecer aparente, engañoso, como si se fuera, pero en verdad no se es como se aparenta ser.” (Hoyos, 1991, pág 33). La aclaración anterior puede vincularse con la parte de la conferencia en la que Faraday exhibe el poder dual del imán. Aparentemente, este poder solo se manifiesta en los extremos de la barra, pero cuando se parte a la mitad, se demuestra que está en toda la sustancia, presentándose el fenómeno como es en sí mismo. Al enseñar, el maestro debe reconocer que la apariencia tiene algo del fenómeno, pero no es el fenómeno en sí mismo.

El fenómeno no es manifestación, aunque ésta incluye necesariamente algo que sí es fenómeno, y se fundamenta en el fenómeno. Lo que se manifiesta no se muestra, sino que

se anuncia, y si se anuncia es porque no se está mostrando en sí mismo (Hoyos, 1991, pág. 33).

Cuando Faraday frota los diferentes materiales y estos presentan atracción o repulsión, según lo usado y acercado, hay que tener en cuenta, que estos tipos de electrificación que se dan son manifestaciones del fenómeno, son anuncios de este, mas no el fenómeno en sí. Al enseñar, es crucial enfocarse en la exhibición del fenómeno en lugar de su mera manifestación.

El discurso de Faraday: El análisis que se realizó con respecto a la conferencia, básicamente muestra el discurso exhibitivo de Faraday, en donde este es legitimado por lo que la realidad misma le mostró en su exhibición original (Hoyos, 1991). El maestro debe elaborar un discurso en el que el asunto tratado se exprese por sí mismo, evitando que el lenguaje científico o especializado, sin la adecuada introducción, distorsione la esencia de los temas en cuestión. En este punto se resalta la gran construcción que realiza Faraday al momento de introducir las magnitudes electricidad y magnetismo como modelo de referencia.

Les haré ver otro experimento con el fin de que esto sea más claro; de nuevo montaré el indicador rústico de antes (la laca excitada suspendida en el estribo de papel); es elemental pero suficientemente sensible para nuestro propósito. Si tomo este pedazo de laca y elimino su poder de atracción, lo que me es fácil con sólo pasarla por mi mano, y si coloco encima de ella un pedazo de franela bien seca en forma de capuchón, obtendremos un hermoso resultado. Produciré fricción entre la laca y la franela – lo que lograré haciendo girar la laca – y las mantendré en contacto: cuando trato de averiguar, acercándolas al indicador, si hay fuerza de atracción, la respuesta es negativa: pero las separo, y pregunto cuáles serán entonces sus respectivas actitudes. Pues bien: la laca es fuertemente repelida como lo era antes: en cambio el capucho de franela atrae intensamente; sin embargo, si los vuelvo a

acercar, no hay atracción; esta ha desaparecido por completo. (El experimento fue repetido.) Es evidente que estos dos cuerpos poseen aún su poder de atracción: lo pudieron ustedes comprobar cuando estaban separados, a pesar de que dicha atracción no se manifestaba estando juntos. Esto será suficiente, por el momento, para darles una idea de la naturaleza de la fuerza que llamamos ELECTRICIDAD. (Faraday , 1825, pp. 100-1)

Conocimiento previo: La conferencia Electricidad. Magnetismo, hace parte de una serie de conferencias que llevan el título *Las Fuerzas de la Materia* como ya se mencionó anteriormente. Cada una de estas conferencias retomaba lo dicho en la conferencia previa, y desde ahí se empiezan a generar nuevas explicaciones. “La selección de lo relevante para dar cuenta de un cierto dominio de la experiencia conlleva a establecer una relación de este dominio con al menos otro campo fenomenológico” (Ayala, Malagón et al., 2018). La idea que Faraday deseó mostrar en cada una de esas conferencias fue la de la unidad de las fuerzas dándoles la connotación de esencialmente atractivas. En este punto se resalta la conformación por parte de Faraday de un conocimiento previo, que ayuda a articular las posteriores exhibiciones. El otro conocimiento previo, aquel que no es moldeado por Faraday y reside en cada uno de los participantes de la conferencia, también se emplea, aunque bajo la dirección del conferencista.

¿Por qué mantengo la botella encima del recipiente cuando vierto el agua? Dirán ustedes: porque la experiencia me ha enseñado que así debe ser. Lo hago por una razón mejor: porque la caída del agua hacia la tierra es una ley de la naturaleza y este método simple, que utilizo para que el agua penetre en el recipiente, es el que se requiere para la caída de todas las masas de agua. (Faraday , 1825, pág. 18)

Desde lo realizado por Faraday y asociándolo a la enseñanza de los fenómenos electromagnéticos, el docente debe considerar la construcción de conocimiento que ocurre en su

clase, así como su aplicación futura en el proceso de enseñanza. Parte importante de este proceso es guiar adecuadamente el conocimiento previo inherente de cada estudiante.

Los montajes de Faraday: Como se evidenció en el análisis, una faceta fundamental en la presentación de los fenómenos radicó en la utilización de diversos montajes. Estos, aunque puedan parecer simples, constituyen una parte esencial en el discurso de Faraday. La experimentación que se realiza desde estos montajes exhibe la teoría en una primera instancia, y en las posteriores demostraciones la verifica, resaltando el rol tan relevante del experimento en la conformación de explicaciones. El maestro ha de utilizar este tipo de herramientas para que los estudiantes vean legitimada la naturaleza que se va a presentar o de la que se habla.

Tanto el calor como la electricidad pueden ser conducidos; y éste dispositivo les permitirá ver cómo puede transmitirse el primero. Consiste simplemente en una barra de cobre. Colocando una lámpara de alcohol – ésta es una de las maneras de obtener la energía calorífica – debajo de esa pequeña chimenea, la llama envolverá la barra de cobre y la calentará. Ustedes se dan cuenta de que el calor es conducido, desde la llama de esa lámpara, al cobre, y poco a poco verán cómo es llevado a lo largo del metal, de partícula en partícula, ya que estas esferas de madera, mantenidas adheridas a la barra por medio de un poco de cera, a diferentes distancias del punto donde el cobre es calentado, van cayendo una tras otras, primero las centrales y luego las que están más distantes, a medida que el calor atraviesa paulatinamente el cobre. Esta conducción es muy lenta comparada con la de la electricidad. (Faraday , 1825, pp. 110-11)

12. A Modo de Reflexión.

Los trabajos de Faraday no solo se centran en el ámbito de la investigación científica, sino que, conforme con lo que se presencié en la(s) conferencia(s) y desde lo analizado, se puede observar un fuerte compromiso con la divulgación y enseñanza de las ciencias.

Espero que el conocimiento que han adquirido aquí sobre ciertas leyes que rigen el Universo pueda ser la razón de que algunos dirijan su atención hacia estos temas, pues ¿Qué estudio es más apropiado para la mente del hombre que el de las ciencias físicas? Y nada puede ser mejor para hacer que se compenetre de la acción de tales leyes, que una erudición que al despertar el interés por los fenómenos más triviales de la naturaleza haga que el estudiante observador encuentre “palabras en los árboles, un libro en cada río, discursos en las piedras, y en todas las cosas el bien”. (Faraday , 1825, pág. 136)

Faraday reconocía el contexto, y este determinaba la manera de presentar los conocimientos. Este proceso de recontextualización es un esfuerzo por parte del autor para llevar ideas científicas a contextos que tiene poco o nulo conocimiento sobre este tipo de temas.

Desde una perspectiva fenomenológica, el análisis que se realizó, brindo una serie de criterios y/o pautas para la enseñanza del electromagnetismo, y si se quiere, para la enseñanza de las ciencias. Los montajes experimentales son fundamentales para la conformación de los dominios fenomenológicos en esta conferencia, ya que son la principal fuente en la producción de efectos sensibles. Esto enfatiza la significativa contribución del experimento en la formación y organización de explicaciones coherentes y comprensibles con la naturaleza que se exhibe. Junto a esta producción de efectos sensibles, se resaltan los procesos de teorización y conceptualización que Faraday va configurando a lo largo de cada una de las conferencias desde su discurso exhibitivo. Esto le permite desarrollar nuevos dominios fenomenológicos con dominios previamente establecidos.

Podemos decir, entonces, que la constitución de un dominio fenomenológico implica la elaboración de constructos teóricos y conceptuales, la construcción de magnitudes y la ampliación de la experiencia que se traducen en modos de hablar y de modos de hacer. (Ayala, Malagón et al., 2018, pág. 20)

Los criterios y/o pautas que se brindan desde esta propuesta fenomenológica, se establecen como una opción para la configuración de discursos exhibitivos y descriptivos de cada experiencia de conocimiento (Orozco, Chaparro et al., 1996). Estos han de ajustarse a cada contexto espaciotemporal de acuerdo a su pertinencia y utilidad.

Finalmente, Faraday comprendía que para promover el avance científico era esencial estimular las mentes de todas las edades, especialmente las de los jóvenes, reconociendo su entorno y formando parte de él, fomentando así una conexión más profunda con el mundo natural que se va a exhibir.

Pese a ello, reclamo, como lo he hecho siempre en estas ocasiones, el derecho de dirigirme a los miembros más jóvenes del auditorio: para lo cual -aunque parezca extraño por parte de un hombre de edad, y convaleciente – volveré a la segunda infancia y me convertiré, por así decirlo, en un joven entre los jóvenes. (Faraday , 1825, pág. 13)

13. Bibliografía.

- Acosta , J. (2012). Los estudios histórico-críticos en la formación de licenciados en Física y Ciencias Naturales: el caso de la estructura de la materia de Roger Boscovich. *Tesis de Pregrado*. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.
- Albornoz, P. (2019). Análisis conceptual del tratado de J.C Maxwell desde la perspectiva de campos para la enseñanza de la electrostática. *Tesis de Pregrado*. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.
- Alonso, H. (2015). *Faraday y “La historia química de una vela” Seis históricas conferencias (y sin proyector)*. Buenos Aires : MEDICINA .
- Ayala , M. (2006). *Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades*.
- Ayala, M., Malagon, F., Sandoval, S., & Garzon, M. (2018). Constitución De Un Dominio Fenomenológico Para La Enseñanza De Las Ciencias. Implicaciones Desde El Estudio Del Caso Del Fenómeno Voltaico. *Revista Ensaio*.
- Berkson, W. (1974). *Las teorías de los campos de fuerza. Desde Faraday hasta Einstein*. Madrid : Alianza Editorial.
- Blaikley, A. (1856). Faraday Michael Christmas lecture. *Michael Faraday delivering a Christmas lecture at the Royal Institution*. Royal Institution, London.
- Blondel, C., & Wolff, B. (2009). Ampère jette les bases de l'électrodynamique.
- Coba, J. (2017). Construcción de una secuencia de tareas a partir de una fenomenología didáctica del concepto de función. *Tesis de Maestría*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá.
- Faraday , M. (1825). *Las fuerzas de la materia e historia química de una vela*. (S. B. EMECÉ EDITORES, Ed., & R. N. Viola., Trad.) Londres: Royal Institution.
- Forero, S. (2014). SADI CARNOT Y LA SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA. (*Tesis de Doctorado*). Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.
- Garzon , M., Tarazona , L., Sandoval , S., Malagon , F., & Ayala , M. (2020). *EL EFECTO VOLTA. UN CASO DE ESTUDIO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE EFECTOS SENSIBLES Y LOS PROCESOS DE TEORIZACIÓN EN CIENCIAS*. Belo Horizonte: Revista Ensaio.
- Gil Pérez, D. M. (1987). *EL FRACASO EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE FÍSICA: UNA INVESTIGACIÓN*. Valencia.
- Granés, J., & Caicedo, M. (1998). *DEL CONTEXTO DE LA PRODUCCIÓN DE CONOCIMIENTOS - Análisis de una experiencia pedagógica*. Bogotá.
- Hoyos, J. (1991). La fenomenología de Martin Heidegger. (U. d. Antioquía, Ed.) *Estudios de Filosofía N°3*.
- Martínez , D. (2012). Recontextualización sobre una recontextualización: una revisión de la enseñanza del Electromagnetismo en torno a los trabajos de Maxwell. *Tesis de pregrado*. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.

- Moreira, M., & Greca, I. (1998). *MODELOS MENTALES Y APRENDIZAJE DE FÍSICA EN ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO*. Porto Alegre, Brasil: Instituto de Física, UFRGS. Caixa Postal,.
- Orozco , J. (1996). El encanto de la diferenciación: Aproximaciones con Faraday a la Enseñanza de las Ciencias. *Tesis de Maestria*. . Universidad pedagogica nacional, Bogotá.
- Orozco , J., Chaparro , C., Gonzalez , J., Pedreros , R., & Vallejo , J. (1996). *Introducción a la física de procesos desde una perspectiva fenomenológica*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional .
- Shapin , S. (2016). *Una historia social de la verdad: la hidalguía y la ciencia en Inglaterra XVII*. (L. Lassaque, Trad.) Buenos Aires: Prometeo Libros.
- Vaccaro , D. (2014). Las primeras investigaciones sobre fenómenos electromagnéticos: Ampère y Faraday (1820-1831). *Tesis de Maestria* . Universidad Nacional de Tres de Febrero, Buenos Aires.