



Aportes históricos a la construcción del concepto de campo eléctrico:

un análisis histórico-crítico desde la perspectiva sociocultural

Yubrainer Hurtado Angulo

Universidad del Valle

Instituto de Educación y Pedagogía

Santiago de Cali

Febrero, 2018



Aportes históricos a la construcción del concepto de campo eléctrico:
un análisis histórico-crítico desde la perspectiva sociocultural

Yubrainer Hurtado Angulo

Trabajo de grado para optar por el título de Licenciado en Matemáticas y Física

Mg. Nelson Enrique Hoyos

Director

Universidad del Valle
Instituto de Educación y Pedagogía
Santiago de Cali
Febrero, 2018

Agradecimientos

A mi madre LUZ DARY ANUGLO MORENO por enseñarme a ser la persona que soy, enseñarme formar el carácter y tener una moral definida siempre con humildad y vivir queriendo tener más valores y conocimiento.

A mis familiares y amigos por aportar en mi desarrollo como persona tratando de mostrarme las cosas malas y buenas que se deben y no hacer siempre buscando la felicidad.

A mi tutor NELSON ENRIQUE HOYOS por su acompañamiento y este proceso y sus enseñanzas que fueron parte inicial y final en este trabajo.

Al equipo de rugby LOBOS RUGBY UNIVALLE todos sus integrantes hicieron parte importante en mi formación y el deporte me ayudó a descubrir muchos factores importantes de mi vida.

Índice

Resumen	1
Introducción	2
1. Planteamiento del problema.....	4
1.2. Objetivos	10
1.2.1. Objetivo general.....	10
1.2.2. Objetivos específicos.....	10
1.3. Antecedentes	11
1.4. Justificación	17
2. Marco teórico.....	22
2.2. Perspectiva sociocultural.....	22
2.2.1. Formación de profesores.....	25
2.2.2. Historia y enseñanza de la física.....	29
2.3. Como surge el concepto de campo electrico	35
3. Metodología	39
3.1. Análisis histórico-crítico.....	40
4. Análisis histórico-crítico: Experimento de Faraday en la construcción del concepto de campo.....	43
4.1. Vida de Faraday	43
4.2. Análisis del episodio histórico	47

5. Conclusiones.	60
Bibliografía	63
Anexo 1	67

Lista de Figuras

Figura 1 tomado de (Faraday, 1839)	50
Figura 2 tomado de (Faraday, 1839)	50
Figura 3 tomado de (Faraday, 1839)	53
Figura 4 tomado de (Faraday, 1839)	54

Lista de anexos

Anexo 1 Traducción del apéndice iv de experimental reasearches in electricity.....	66
--	----

Resumen

En el siguiente trabajo trata de realizar un análisis histórico crítico del campo eléctrico tomando el texto original de Faraday (1839) titulado *Experimental researches in electricity*, se analiza un apartado de este libro teniendo en cuenta la perspectiva sociocultural, la cual dice que en la realización de este análisis no es posible desligar lo social y lo cultural del concepto, se ahondará sobre esto más ampliamente en el marco teórico, se exponen algunas problemáticas en la enseñanza y aprendizaje del campo eléctrico surgiendo así este trabajo para la ayuda de profesores en formación de Física.

Palabras clave: análisis histórico-crítico, perspectiva sociocultural, historia y enseñanza de la ciencia.

Introducción

Este trabajo trata de exponer algunos aportes que realiza la historia de la física en la enseñanza del campo eléctrico, por medio de un análisis histórico-crítico desde una perspectiva sociocultural que deja en evidencia aportes fundamentales en la construcción del concepto de campo eléctrico. Se estudia un texto original de un científico importante en la construcción de este concepto como lo fue Faraday, es sabido que no es el creador del concepto de campo, pero fue quien inicio con la idea de líneas curvas de fuerza eléctricas y magnéticas que posteriormente con ayuda de Maxwell se convertirá en la teoría que se conoce hoy en día, Faraday realizó algunos aportes a esta teoría y consiguió un cambio ontológico a lo que se le puede llamar revolución científica(Furió & Guisasola, 1997) que hoy en día se conoce como electromagnetismo.

Esta revolución científica dejó en su elaboración conceptos relevantes en el desarrollo de la física, con algún nivel de comprensión para los estudiantes como es el caso del campo eléctrico, ya que en trabajos realizados se han encontrado algunas dificultades en el aprendizaje de este (Furió & Guisasola, 1999)(Furió & Guisasola, 1998)(García E. , 2006) concepto catalogado como estructurante en los fenómenos electromagnéticos(Furió & Guisasola, 1998). En este trabajo se mencionan algunos de estos problemas o dificultades en el aprendizaje del campo eléctrico y se realiza un aporte desde la historia de la física para la enseñanza de este concepto.

Otro aspecto a considerar es que en algunas ocasiones las dificultades en el aprendizaje solo son atribuidas a los estudiantes pero, debido a que la enseñanza del maestro influye en el aprendizaje del estudiante es necesario que los docentes de física se pregunten ¿cómo se está introduciendo el concepto de campo en el aula? (Martín & Solbes, 2001). En este trabajo se exponen ideas

referente a la formación de profesores de física, en donde se aborda la idea de que la física que se le enseña a los profesores en formación debe ser diferente a la que se le enseña al científico en formación debido a que el enfoque de ciencia que se va aplicar en sus respectiva profesión es diferente, el científico requiere de una física descriptiva pero también estructurada y axiomática, en cambio el enfoque de física para un docente en formación además de tener todos estos aspectos debe estar enriquecida con aspectos como la historia, la filosofía y la didáctica de las ciencias (Ayala M. , 1992), donde es importante los procesos de construcción de conocimiento y apropiación del concepto.

Por lo tanto, surge el interrogante de ¿Cómo la filosofía, la historia y la didáctica de las ciencias ayudan en su enseñanza? En este trabajo se pretende exponer cómo uno de estos tres aspectos (la historia de las ciencias) ayuda y contribuye en la enseñanza de la física, primero se exponen algunas dificultades que se presentan en el aprendizaje del campo eléctrico tomadas de algunas investigaciones como las de Furió y Guisasola (1998) aquellas dificultades en las que la historia de la física puede ayudar, luego se presentan características fundamentales de la historia de la ciencias que colaboran en el proceso de enseñanza y aprendizaje de esta, como por ejemplo la humanización de los conceptos (ver los conceptos de la física como la explicación de fenómenos de la naturaleza además de que intervienen en nuestra vida cotidiana) y ver a estos como un proceso de construcción.

Posteriormente se desarrollará el análisis histórico-crítico del campo eléctrico, donde se pretende establecer cuáles son esos aportes que realiza la historia a la enseñanza de dicho concepto, utilizando el libro *Experimental reseaches in electricity* (Faraday, 1839). Es importante saber que no se busca hacer la reconstrucción histórica del concepto, se busca establecer la historia de la física como aspecto importante en el proceso de enseñanza de ella.

1. Planteamiento del problema

En el siguiente apartado se expondrán diversas dificultades que recurrentemente se encuentran en la enseñanza del campo eléctrico, se enuncia el poco uso de la historia de la ciencia en la clase de física y como el mal uso de esta historia puede generar dificultades en el aprendizaje del estudiante (Solves & Traver, 1996), se enuncian ideas del porqué es un problema que la enseñanza de la física no esté influenciada por aspectos históricos que en este trabajo se consideran importantes.

De acuerdo con algunas investigaciones la actitud de los estudiantes hacia el aprendizaje de la física, es discutida por su aparente poca motivación hacia ella (Manassero & Vázquez, 2005), el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias se hace difícil con las actitudes negativas que los estudiantes tienen por la ciencia y representa un gran problema para este proceso (Vázquez & Manassero, 2008). Es una ayuda en la enseñanza que el profesor se preocupe por la motivación de los estudiantes en el desarrollo de la clase de manera que pueda tener la atención de casi todos sus estudiantes y así ellos intenten comprender lo que el profesor esté desarrollando en el aula.

Por tal motivo la manera como el profesor guía la clase de física es importante para el aprendizaje y la motivación del estudiante, este factor en la enseñanza es necesario considerarlo ya que algunos estudiantes ven la física como conceptos los cuales tienen una existencia por sí solos, es decir, que el fenómeno no necesita de nadie para que él exista y también tienen la idea de que estos conceptos tienen una poca relación con su entorno, aunque el enfoque primordial de la física sea todo lo contrario como lo explica Zapata J. (2015) de la siguiente manera.

La mayoría de los alumnos creen que la ciencia consiste en descubrir una realidad preexistente e ignoran el papel fundamental del trabajo científico, el cual busca la construcción de modelos teóricos explicativos para interpretar los comportamientos de la naturaleza, a partir de la resolución de problemas, la investigación de hipótesis y la edificación de conceptos. (p.35).

Este papel fundamental del trabajo científico que los estudiantes ignoran es de vital importancia para la comprensión de la física como tal, ya que comprender los fenómenos de la naturaleza a través de modelos permitirá una postura crítica en el estudiante. De esta manera, se aportará en el estudiante en aspectos científicos como también en su interacción con el mundo. Si es un buen aprendizaje lo que se quiere lograr en los estudiantes, con la enseñanza de fórmulas para resolver problemas no se va a lograr, es trabajo del profesor buscar los medios y recursos necesarios para que los estudiantes tengan una buena idea del concepto, “si se persigue una razonable asimilación de conceptos y teorías creo que recurrir parcialmente al menos, a la historia es inevitable” (Navarro, 1997, p.427). Siendo así, la historia una herramienta de ayuda en la enseñanza de la física, entendiendo la historia como una ciencia de la cual se debe hacer uso en el aula de clases, para con ella ganar puntos valiosos en el aprendizaje de las ciencias.

Muchas investigaciones afirman que son pocos los profesores que hacen uso de la historia para la enseñanza de las ciencias, además de ello, en algunos casos cuando esta es incluida en el aula de clase, se realiza un mal uso de ella, lo que hace que algunos estudiantes no puedan adquirir o interpretar bien algún concepto, Solbes, J. y Traver, M. J. (1996) lo plantean de la siguiente manera.

Nuestra hipótesis es que, en general, se ignoran los aspectos históricos en la imagen de la física y la química que se transmite y cuando se utilizan, se introducen tergiversaciones y errores históricos. Como consecuencia de ello los alumnos tienen una imagen deformada de cómo se construyen y evolucionan los conceptos científicos (p.103).

De acuerdo con lo anterior, esa imagen deformada la cual surge por tergiversaciones que se le hace a la historia o también por errores históricos dentro del aula de clase, no permite un buen aprendizaje en el estudiante o se convierte en un problema para el aprendizaje de las ciencias ya que de la idea mental que construyan los estudiantes sobre los conceptos científicos depende la construcción y asimilación del concepto por parte de ellos mismos, y lo que se busca es que esta construcción sea la mejor posible, por tal motivo la enseñanza de las ciencias se enfrenta a un problema y es uso de la historia en ella.

Además otro motivo por el cual la historia de la física aparece poco en su enseñanza es porque el docente muchas veces debe cumplir con un currículo impuesto por el colegio que lo cohibe de realizar aclaraciones sobre la historia, que son necesarias para la comprensión de algunos temas (Slisko, 2008). De esta manera, es difícil para el docente llevar nuevas herramientas para implementar en el aula, Sin embargo, reconociendo el papel del profesor en el aula, se considera que tiene las herramientas a través de su relación directa con el estudiante para propiciar transformaciones en el entorno educativo.

Por consiguiente, el maestro y más el maestro de ciencias debe buscar y hacer uso de herramientas que permitan que el aprendizaje de las ciencias por parte de los estudiantes sea el adecuado, siendo el profesor uno de los actores importantes en el proceso de enseñanza y aprendizaje, se espera que el docente tenga conocimientos en la materia (en este caso física) y

conocimientos de la pedagogía que le ayuden en la enseñanza de un concepto(Ayala, 2006).Podemos decir que un maestro tiene una buena interpretación de concepto físico cuando representa su fenomenología, conoce la teoría de este y muy importante cuando conoce los problemas y dificultades que se tuvieron para la construcción de este concepto(Ayala, 2006). En otras palabras cuando conoce la historia del concepto, la interpretación que genera el maestro sobre este es mucho mejor comprendiendo cómo fue posible su construcción y bajo qué circunstancias se dio dicha construcción

Cuando el maestro de física conoce la construcción del concepto y sabe cómo fue posible llegar a su definición y generar una interpretación física de él, es más fácil construir los modelos explicativos, los cuales son los que se tratan de generar en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física,En este proceso se espera que los estudiantes participen en la construcción de estos modelos y puedan aplicarlos para así poder tener una imagen de los fenómenos del mundo real (Ayala, 2006), estos fenómenos ocurren con frecuencia en el mundo y para las personas es un beneficio saber y conocer más sobre su entorno y sobre estos fenómenos que son evidenciables en la vida cotidiana.

Dentro de estos fenómenos existe uno que tiene sus orígenes hace más de 20 siglos y que fue de gran ayuda en la construcción de la sociedad tal como la conocemos hoy en día, este concepto es el campo eléctrico, concepto vital para el entendimiento de la electrocinética.Martin y Solbes (2001) plantean que:

Sin esta idea básica de campo, la evolución posterior de la física relativista y cuántica resulta inconcebible. El impacto que el descubrimiento de las ondas electromagnéticas ha

tenido sobre la física es muy profundo. Ellas le han impuesto una segunda revolución conceptual (p.393).

Siendo entonces la idea de campo necesaria para la comprensión del mundo físico de hoy en día, sabiendo también que se utiliza la teoría electromagnética implícitamente en la vida cotidiana, por ejemplo en los circuitos de corriente que hay en las casas para el uso de la electricidad o en las ondas electromagnéticas que se usan para la comunicación en los celulares. Es entonces el electromagnetismo y el concepto de campo sobre todo, importante en la vida del ser humano y utilizado con frecuencia en el mundo, de igual manera se presentan diversas dificultades en el aprendizaje de este concepto, lo cual lo hace un buen objeto de estudio, entre las diversas dificultades en el aprendizaje del campo eléctrico se encuentran:

- Algunas dificultades en el aprendizaje del campo eléctrico son atribuidas a las ideas previas de los estudiantes, las experiencias sensoriales que anteriormente han tenido con fenómenos eléctricos (Furió & Guisasola, 1998).
- Muchas definiciones de conceptos en física se enseñan matemáticamente como por ejemplo el campo eléctrico (es la fuerza que ejerce una carga sobre una carga de prueba), pero realmente es necesario que el estudiante sepa como el campo eléctrico modifica el espacio y que mentalmente construya su visión sobre el campo eléctrico. La mayoría de los estudiantes son incapaces de dar un significado físico al campo eléctrico sin recurrir a la fuerza eléctrica (Furió & Guisasola, 1999)
- Existe un cierto paralelismo entre las dificultades de los alumnos y los problemas epistemológicos que superó la historia la física en el concepto del campo eléctrico (Furió & Guisasola, 1998)

Surgen así grandes interrogantes en su enseñanza, pero el objetivo de este trabajo no es responder a todas las dudas que puedan surgir en la enseñanza y aprendizaje del campo eléctrico, sino que, la pretensión de este trabajo es hacer el mayor esfuerzo para resolver la pregunta que se considera dentro del contexto histórico-crítico la cual es.

¿Cuáles son los aportes que se hacen desde la historia de la física para la enseñanza del concepto del campo eléctrico a profesores en formación, teniendo en cuenta la perspectiva sociocultural?

1.2.Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Establecer aportes desde la historia de la física en la enseñanza del campo eléctrico a través de un análisis histórico-crítico teniendo en cuenta la perspectiva sociocultural.

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar y explicar características que subyacen desde la historia del campo eléctrico que aportan a su enseñanza.
- Proponer elementos de reflexión que le aporten al proceso de enseñanza del campo eléctrico desde una perspectiva sociocultural de las ciencias.

1.3. Antecedentes

Reconociendo que los antecedentes de un trabajo de grado son la base para determinar la pertinencia del trabajo, se toma como referencia en este trabajo autores que se involucran con la problemática de la historia de las ciencias en su enseñanza como lo son Furio y Guisasola (1998), García (2011), Zapata (2015), Solves y Traves (1996).

La revista enseñanza de las ciencias presenta un artículo escrito por Furio y Guissasola (1998) en él se plantea cómo existe un cierto paralelismo entre los problemas epistemológicos (que tuvo que superar la historia de la electricidad para llegar al concepto de campo eléctrico) con las dificultades en el aprendizaje por parte de los estudiantes con los conceptos de carga y campo eléctrico. En este trabajo titulado *dificultades de aprendizaje de los conceptos de carga y de campo eléctrico en estudiantes de bachillerato y universidad*, se describen algunos cambios en la forma de razonar cuando se realizó la construcción de la teoría eléctrica, luego hace referencia a las diversas dificultades por parte de los alumnos cuando se quiere comprender estos conceptos, además presenta un cierto paralelismo de estas dificultades con las ideas que en algún momento se tuvieron de esta teoría como por ejemplo el modelo hidrostático de Franklin, que se puede evidenciar en las respuesta de algunos estudiantes cuando realizan explicaciones sobre procesos eléctricos. Para descubrir aquellas dificultades se realiza una encuesta de ocho preguntas abiertas a estudiantes de bachillerato y universidad a los cuales se les está enseñando este tema en ese momento, también se escogen algunos de ellos para realizar entrevistas con preguntas sobre esta teoría, de estas encuestas y entrevistas se obtienen los resultados que expresan en su trabajo, los cuales reafirma su hipótesis de la similitud en las dificultades del aprendizaje de los concepto de carga y campo eléctrico con los problemas superados por la historia del campo eléctrico en su construcción.

Son estas similitudes de ayuda para la enseñanza del campo eléctrico, porque logran dar una idea de posibles problemas que se puedan llegar a presentar en la enseñanza del concepto, Dentro de las similitudes se encuentran: ver las ideas de fluido que Franklin le atribuía a la electricidad ver el campo desde una visión newtoniana de la electricidad que utilizo por muchos años. No es fácil la comprensión de este concepto para algunos estudiantes y en ocasiones para profesores. Pero estas similitudes de ser tomadas en cuenta, ayudaran al profesor a percibir la historia de las ciencias un recurso en la enseñanza de campo eléctrico que puede generar algunos cambios en el aprendizaje de este, ya que resulta beneficioso saber que ideas tomar y cuales ideas obviar o tener cuidado cuando se va a construir la idea de campo eléctrico.

Se considera entonces este artículo como punto de partida para saber que pueda hacer la historia de la ciencia en la enseñanza de ella, y se puede decir que el artículo presenta un análisis preliminar sobre las concepciones que los estudiante tienen de la carga y el campo eléctrico obteniendo así información que será de ayuda en el proceso de enseñar la teoría electromagnética.

El segundo artículo titulado: *Resultadosobtenidos introduciendo historia de la ciencia en las clases de física y química: mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas* es un artículo de la revista enseñanza de la ciencias escrito porJordi Solves y Riber Traves, el cual es una continuación de un trabajo anterior presentado por los mismos autores en 1996, en este trabajo se desarrolla la idea de cómo la historia de las ciencias es poco trabajada en la enseñanza de la misma en especial de la física y la química. Plantea que el aspecto actitudinal es importante en la enseñanza y que la historia de las ciencias puede lograr una mejora en este aspecto, trabajando el desarrollohistórico de los conceptos y su contexto social, hace mención al cuidado que se debe tener con la aplicación de la historia en el aula ya que su mala incursión en

la enseñanza de las ciencias puede generar ideas erróneas en el estudiante y mayor desinterés por la ciencia. Se realizan actividades con influencia histórica para su aplicación en el aula con base en el trabajo hecho anteriormente por los autores para verificar si los alumnos a los cuales se le enseña desde una perspectiva histórica tienen una mayor comprensión de la ciencia que los estudiantes que se les enseña de manera tradicional. Los resultados muestran que la comprensión de factores importantes en el aprendizaje de la física tiene un aumento en el número de estudiantes cuando a estos se les presenta una idea histórica además de ello que la actitud de los chicos hacia la ciencia es un poco mejor.

Esta mejora en la actitud de los estudiantes y en la comprensión de aspectos importantes de los conceptos, son un buen argumento para seguir trabajando con la historia de la ciencia para la mejora de su enseñanza, ya que los resultados se hacen visibles como los que se presenta el trabajo de Solves y Traves (1996) ya mencionado. De esta forma es pertinente plantear que el lugar donde se debe poner en práctica estos aspectos históricos de la ciencia primordialmente es en la formación de profesores de física en este caso, dado que son ellos los futuros docentes que enseñarán a los nuevos estudiantes de los colegios estos conceptos. El aprendizaje de la física suele mencionarse como difícil, es por esto por lo que su enseñanza debe de estar nutriéndose de elementos que faciliten la comprensión de estos temas, la implementación de la historia de la ciencia hace parte de estos elementos y el trabajo de Solves y Traves (1996) logra implementar con buenos resultados este elemento.

Uno de los escritos más importante para este trabajo de grado es el presentado por Zapata (2015) titulado: *Implicaciones didácticas de la inclusión de la historia y filosofía de las ciencias en la enseñanza de las ciencias: una interpretación histórica del electromagnetismo*. Es un trabajo reciente publicado por Zapata, P. (2015) en el cual expresa los beneficios de la inclusión

de la historia y filosofía de las ciencias (HFC) en la enseñanza de las ciencias también expresa los problemas que puede generar la no inclusión de la HFC en su enseñanza, además presenta aportes importantes que beneficiaran a los cursos de física realizando un recorrido histórico del electromagnetismo y presentando aspectos didácticos que favorecerán a estos cursos y por último presenta algunas reflexiones en las cuales expone su postura respecto a los temas ya mencionados.

La similitud del trabajo de Zapata (2015) con el presente trabajo es grande, es por esto que se ha elegido como un antecedente base, ya que presenta de manera argumentativa una solución a la pregunta problema presentada en este trabajo. Este trabajo sirve de apoyo para el desarrollo del actual trabajo de grado, por presentar beneficios de la inclusión de la HFC en la enseñanza de las ciencias, el rescate de estos aportes de la HFC son un guía para el avance del trabajo ya que es lo que se quiere exponer aquí son aquellos beneficios de la historia de la física, uno de ellos los menciona Zapata (2015) así “la inclusión de HFC puede contribuir en el aprendizaje al favorecimiento en los estudiantes de una imagen crítica de la ciencia”(P.36), él sigue mencionando otros beneficios que son una buena ayuda en la sustentación este trabajo de grado, otro de los beneficios.

Además que es posible aumentar el interés de los estudiantes hacia el estudio de la física y la química, a través de un tratamiento mínimamente detenido de algunos aspectos históricos introducidos en el proceso de adquisición de los diferentes conceptos y teorías científicas, en relación a que esta contextualización histórica permite mostrar una imagen de la ciencia más acertada y próxima a la realidad del trabajo de los científicos. (Zapata, 2015, p.36).

Es por estos beneficios que menciona el autor y por el enfoque que maneja en su texto que es una ayuda y un soporte en el avance de este trabajo. Otro aspecto que se enuncia en este texto es la presentación de un recorrido histórico del electromagnetismo expresando consideraciones acerca de la inclusión de la HFC en la enseñanza de las ciencias en este recorrido histórico del electromagnetismo, el campo eléctrico es un concepto relevante y la presentación de aquellas consideraciones no está muy alejada de los aportes que realiza la historia de la física en la enseñanza del campo eléctrico, que es la idea la cual se desarrolla en este trabajo.

La tesis doctoral del profesor García (2011) en el cual se realiza un análisis histórico-crítico de la electrostática, *Las prácticas experimentales en los textos y su influencia en el aprendizaje: aporte histórico y filosófico en la física de campos*, en el que analiza la retórica utilizada por los libros textos los cuales son usualmente tomados como guía para la enseñanza de esta teoría, el autor expone la hipótesis de que estos libros tienen pocos cambios en su retórica aunque la formación de profesores en física se ve influenciada por varios factores positivos como la historia de las ciencias, ejecuta una encuesta a estudiantes de la Universidad del Valle para observar en donde ellos presentan problemas con esta teoría, también realiza un análisis histórico-crítico de la electrostática y con un énfasis en la idea de campo, con el fin de establecer una recontextualización de saberes (García, 2011), la recontextualización es vista en pocas palabras como poder realizar la enseñanza de un concepto desde un contexto, como por ejemplo el leer los conceptos que tienen los libros y poder realizar su enseñanza dependiendo el lugar donde se está enseñando, García (2011) examina otras definiciones de recontextualización como “la recontextualización como la modificación necesaria que deben llevar los conocimientos desde las comunidades científicas que lo producen hasta los nuevos contextos

culturales que lo apropián”(Berstein citado en Garcia, 2011 p.86). Este trabajo presenta algunas afirmaciones sobre los beneficios de la historia de la física en la enseñanza del electromagnetismo, como también que los estudiantes carecen de esta parte histórica por lo que su aprendizaje suele ser memorístico y de aplicación de fórmulas. Habla de cómo los textos no diferencian la idea de campo con la idea de acción a distancia y que utilizan muy poco a aportes históricos en su retórica.

Por consiguiente, el trabajo realizado en esta tesis doctoral sirve de soporte y afirmación para la hipótesis que se presenta en este trabajo de grado, dado que realiza un análisis histórico-crítico del campo eléctrico que es lo que se pretende en este trabajo, no como un recuento histórico, sino haciendo énfasis en aquellos momentos que ayudaron en la construcción del concepto de campo eléctrico y como la comprensión de él necesita de varios aspectos que con la historia evidenciar. Es una tesis muy completa ya que además de analizar la retórica de algunos textos de física compara este análisis con concepciones de estudiantes sobre el campo eléctrico, todo esto considerando a la historia y filosofía de la ciencia como una ayuda en la enseñanza de ella.

1.4. Justificación

Este apartado trata de responder el porqué es importante la inclusión de la historia de la física en la enseñanza del campo eléctrico relacionando ideas, como la importancia de la enseñanza del campo eléctrico, aspectos pertinentes de la historia de la física y cómo la formación de profesores debe ser enriquecida con estos aspectos para así lograr una mejor enseñanza del concepto ya mencionado, la relación de estos tres aspectos estará presente en todo el trabajo, ya que es esta relación la que ayuda a responder la pregunta problema y a desarrollar los objetivos planteados.

De esta manera se procede a justificar porque es un problema la no inclusión de la ciencia en el proceso de enseñanza de la misma. La ciencia estudia la interacción del hombre, la naturaleza y la sociedad, ella siempre se está planteando interrogantes para comprender fenómenos, además entendiendo que los cambios en la ciencia provocan un cambio en la forma de ver la naturaleza por parte del hombre (Heisenberg, 1985), por esto se considera que la ciencia es importante en la vida del hombre. La visión que hoy en día tenemos de la naturaleza no es la misma que hace 1500 años y es debido a que existe una influencia del trabajo científico en la forma de como el hombre ve el mundo, los cambios que ha dejado la ciencia en la forma de pensar son indudables (Furió & Guisasola, 1997), es por tal motivo que resulta necesaria su enseñanza.

Es importante que en un país como Colombia donde su realidad social, política y en educación es regular, cuente con una sólida enseñanza de las ciencias, que le permita a los estudiantes que además son el futuro del país tener una postura crítica frente algún tema. La enseñanza de las ciencias y sobre todo de la física es necesaria en nuestro país, ya que su enseñanza busca estimular la observación y que se puedan construir modelos que ayuden a

comprender el mundo (Zapata, 2015), además de que la física depende de un contexto social lo cual ayudará al estudiante a comprender que las revoluciones científicas generan un cambio en el mundo y la realidad social de este país necesita un cambio.

Se presenta de esta manera la física como un elemento indispensable en la enseñanza colombiana, entendiendo la enseñanza de la física como un proceso de construcción y sabiendo que la ciencia ha permitido importantes avances en la forma de ver el mundo (como la visión aristotélica, mecanicista o newtoniana, corpuscular entre otras), estos avances que permite la ciencia no solo se quedan dentro de una comunidad científica, sino que las personas en general también cambian la manera de ver el mundo con los avances que genera la ciencia(Heisenberg, 1985).

Es cierto que la visión de las personas hacia el mundo cambia, pero la explicación de fenómenos de la naturaleza resulta difícil para muchos. Los fenómenos físicos pueden afectar directa o indirectamente en nuestras vidas, el hecho de comprenderlos puede llegar a corregir soluciones de problemas cotidianos. Dentro de los grandes fenómenos que la física intenta modelar o explicar que afectan a la sociedad se puede encontrar un concepto, llamado campo, que marcó un cambio importante en la interpretación que se tenía sobre la interacción entre objetos, renovando la visión de acción a distancia (en la cual un objeto puede generar una fuerza a otro instantáneamente y sin importar el medio) para llegar a la visión de campo (la cual expresa que la interacción entre dos objetos depende del medio, el cual se ve afectado por el “campo”(Martín & Solbes, 2001), generando con ella grandes logros para la ciencia y para la sociedad. Entre los campos que se conocen, uno muy importante para el mundo es el campo eléctrico, que es el que permite el movimiento de cargas y es necesario para la comprensión de la física hoy en día. El campo eléctrico es un concepto de ayuda para desligarse de una física

newtoniana y determinista (Berkson, 1981), además de que él y toda la teoría de la electricidad se encuentra inmersa en la vida cotidiana, el mundo que continuamente se mueve está lleno de aparatos electrónicos que facilitan o no la vida del ser humano.

Este concepto se enseña en la escuela y la universidad y es importante que los estudiantes puedan apropiarse de él ya que su intervención en el mundo es demasiada como para obviarla, es este concepto necesario para comprender la física relativista (Martín & Solbes, 2001) y poder comprender un poco más el mundo y el universo gracias a grandes científicos que trabajaron en ello, por tal motivo es necesario de que ellos avancen en interpretaciones del campo eléctrico que ya se han superado, pero Furió, C. y Guisasola, J. (1998) plantean que aquellos problemas epistemológicos que tuvo que superar la teoría de la electricidad son muy parecidos a las dificultades que presentan los estudiantes al enfrentarse a esta teoría, por ejemplo la ideas de fluidos que tenía Franklin para lo que hoy conocemos como carga eléctrica, esta representación hidrostática de la carga se presenta en algunos alumnos cuando se enfrentan a problemas eléctricos (Furió & Guisasola, 1998) también los alumnos tienden a representar la interacción entre cargas como una acción a distancia que era como anteriormente se entendía la interacción entre carga. Una posible solución a estos problemas en el aprendizaje es mejorar los aspectos históricos para los futuros profesores de física, ya que la historia de las ciencias es de gran influencia en su enseñanza como lo plantea Ayala (2006) de la siguiente forma.

La Didáctica de las ciencias se ha enriquecido con una serie de aspectos anteriormente omitidos y la historia de las ciencias, en particular, ha cobrado un especial reconocimiento en el ámbito de la formación de profesores de ciencias así como en el de la enseñanza de las ciencias (p.20)

El reconocimiento que ha ganado la historia de la ciencia dentro de la formación de profesores y la enseñanza de la ciencia es debido a que ella genera en el estudiante una mayor humanización de los conceptos físicos, además permite que exista una mejor motivación en el aprendizaje de las ciencias por parte del estudiante (Navarro, 1997). Pero en muchos casos la historia de la física es vista como un dato curioso o introducción a un tema, aunque la intencionalidad de ella en la enseñanza de la física, es generar la apropiación de un concepto mediante su construcción, obteniendo de esta manera un mejor acercamiento en la comprensión de la ciencia, observando algunos obstáculos en la comprensión de los alumnos y aportando en gran medida en la reelaboración de la imagen de ciencia (Zapata, 2015). Se considera entonces a la historia de la física como la mejor guía para saber en qué momento se debe introducir cada característica respecto al tema y cuáles son los pensamientos que se deben evitar para no generar confusión en el estudiante. Para Navarro (1997) la historia de la física es un gran aporte en la enseñanza de la física y lo plantea de la siguiente manera.

Enseñando física mediante el uso de la historia es plausible que se logre una mayor “humanización” de aquella, que ahora aceptara como una faceta más de nuestra vasta cultura. Ello debe representar un importante elemento de motivación para el estudiante medio, que percibirá entonces la ciencia como una elaboración humana, con todas las consecuencias; llegará así a una comprensión más adecuada de las ideas y de los conceptos, al analizarlos en el contexto de su aparición y desarrollo. (p.424)

Siguiendo esta forma de ver la historia de la física en la enseñanza de la misma, está claro que no se trata solo de un recuento histórico o anécdotas curiosas que motivan la clase, además de ello nos sirve para mirar el concepto como una construcción humana y para entender como surgen el concepto desde un contexto establecido. Otro gran aporte de la historia de las ciencias

es que logra determinar características primordiales en la naturaleza de las ciencias y el trabajo científico, que son de gran importancia para encontrar visiones distorsionadas de la ciencia que pueden estar en la enseñanza de ella (Furió & Guisasola, 1997).

De esta manera, se infiere que la historia de las ciencias no solo ayuda en su enseñanza, sino que es un buen apoyo en la formación de profesores de física, ya que no solo está interesada en la construcción del concepto, además comprende el contexto en el que fue elaborado, las dificultades que se tuvieron para su construcción, esto hace que la formación del docente de física no sea llena de fórmulas y definiciones logradas por algunos pocos pensadores, sería más bien una física “social” por así llamarla una física que comprende ese contexto social y lo incluye en sus explicaciones directa o indirectamente, además de que antes de ser docente de física se es docente que ayuda a formar a un estudiante como persona dentro de una cultura y eso es tan importante como la explicación de fenómenos naturales.

2. Marco teórico

El marco teórico se encuentra dividido en cuatro partes que son los ejes centrales de este documento, la perspectiva sociocultural, la formación de profesores, la historia de las ciencias y el campo eléctrico. De esta manera se dará a explicación de cada uno dentro en este apartado, para que el lector tenga una clara visión sobre el documento en el proceso de dar respuesta a la pregunta problema.

2.2.Perspectiva sociocultural

En este apartado se expresa que es la perspectiva sociocultural y como ella es importante para este trabajo, se habla sobre la relación entre contexto, cultura e historia y como esta relación es de ayuda en la enseñanza de las ciencias.

El conocimiento científico no es neutral, responde a problemas del contexto para su construcción y continuo avance, entonces se podría decir que el conocimiento científico depende en parte del contexto y la cultura donde este se desarrolla, esta perspectiva sociocultural parte de algunas premisas, la primera mencionada anteriormente (el conocimiento científico no es neutral), la segunda que el desarrollo científico influye en la comunidad y en su forma de entender la naturaleza pero, este avance científico también está influenciado por la cultura de la comunidad y la época en la cual se desarrolla este avance, la tercera premisa es que la perspectiva sociocultural no responde a un modelo central, sino que permanece en constante cambio, dado que la cultura no siempre es la misma en diferentes contexto o en fechas diferentes del mismo contexto (Garcia E. , 2006).

Ahora bien, es importante hacer una diferenciación entre contexto y cultura, ya que en ocasiones existe una confusión entre estos dos términos, posiblemente por la relación tan directa

entre ellos. Cultura hace referencia a la manera de actuar de una comunidad, son todas aquellas creencias que son heredadas de sus antecesores, así mismo lo expresa Garay (2011) él dice que:

Podemos entender cultura como: el modo de vida de un pueblo, un legado social que el individuo adquiere de su grupo, una manera de pensar, sentir y crear, un depósito del saber almacenado, conducta aprendida, un mecanismo de regulación normativa de la conducta, una serie de técnicas para adaptarse tanto al ambiente exterior, como a otros hombres, un precipitado de la historia, Un tamiz, mapa, matriz. (p. 55)

Viendo la cultura de esta forma, el individuo es parte y se ve afectado por ella, ya que dependiendo del lugar donde crezca y se críe, así mismo este se comporta, adquiere unas creencias que van muy de la mano con las que en ese lugar se tienen. Estas creencias, valores y demás aspectos ya mencionados, están enmarcados dentro de un lugar, a este lugar es al que se le conoce como contexto, es decir, es la demarcación de donde ocurren los mismos aspectos culturales para una población, Garay (2011) define contexto como:

un ente imaginario que delimita alguna cosa, esto es, una línea imaginaria o mejor un recipiente imaginario en el cual es posible depositar absolutamente todo, este recipiente permite relaciones entre los diferentes elementos contenidos, así como con los elementos de otros recipientes lo que ha sido denominado por algunos investigadores como cruce de frontera cultural. Podría establecerse como un lugar de contacto en donde se comparte la cultura, tal contacto se encuentra mediado por tradiciones, símbolos, signos y toda posible forma de comunicación (p. 55).

De la anterior manera, se aborda el contexto en este trabajo, reconociendo que este es importante cuando se quiera hablar de algo o de alguien, ya que el contexto en donde se

encuentra el personaje afecta en muchos factores, como por ejemplo el comportamiento del personaje y por tal motivo se hace necesario tenerlo en cuenta cuando se dispone a elaborar un escrito de aquel personaje. Son de ayuda las anteriores definiciones, ya que caracterizan de manera individual el contexto y la cultura aunque dentro de las mismas se puede ver que es difícil hablar de una sin tener que hacer referencia a la otra. Precisamente ese es uno de los intereses de este trabajo establecer algunas relaciones del contexto y la cultura en parte de la construcción de un concepto, para esbozar algunos aportes en la enseñanza del concepto para profesores en formación.

Otros fragmentos importantes de la perspectiva sociocultural en este trabajo son, la historia de las ciencias y el contexto, dos aspectos interconectados ya que es difícil hablar del uno sin hablar del otro. Cuando se hable de historia sea necesario saber dónde ocurrió, delimitarla de alguna manera generando así una claridad espacial, es decir, en qué contexto sucedió todo lo que se quiere explicar; al hablar de contexto es pertinente referirse a que ha pasado en este contexto, cual ha sido la historia para que el ámbito contextual del cual se habla este como está. Garay (2011) lo menciona de la siguiente manera:

Las relaciones entre la historia de las ciencias y el contexto cultural, no son, como se pudiera considerar, las que emergen de la casualidad o el azar, sino que se puede establecer una relación bidireccional en términos de interdependencia, es decir, tanto la una depende de la otra y lo que se suceda en el interior de una se vera de una u otra forma reflejado en el carácter externo e interno de la otra. Es decir, todo aquello que influencia directamente en la historia tendrá un devenir contextual y viceversa (p.57).

De esta manera, la perspectiva que en este trabajo se maneja (sociocultural) es una necesidad cuando se quiere hablar de historia, ya que una se ve afectada por la otra directa o indirectamente, en este sentido hablar del personaje sin tener en cuenta el contexto o la naturaleza sería inverosímil.

Se convierte entonces este aspecto en una buena herramienta para la formación de profesores de ciencias, dado que la enseñanza de la ciencia debe tener en cuenta el contexto y la cultura donde ocurre la misma ciencia, también debe tener presente que la construcción de los conceptos de ciencia se realiza dentro de un contexto que directa o indirectamente influyen en su proceso de construcción.

2.2.1. Formación de profesores

Se entiende la formación de profesores desde una mirada sociocultural ya que la enseñanza y aprendizaje de los conceptos están intrínsecamente relacionados con la sociedad y la cultura en la cual se desarrollan. Son muchas las investigaciones en formación de profesores y desde hace ya mucho tiempo; algunas de estas investigaciones nacen debido a que el proceso de enseñanza en la escuela no es el esperado, esto se puede ver reflejado en los resultados de las pruebas colombianas donde los estudiantes en su gran mayoría tienen puntajes un poco bajos o también en la falta de explicación por parte de los estudiantes a fenómenos físicos. Cuando se le pregunta a los docentes, por qué la mayoría de los estudiantes no solucionan correctamente los problemas de aplicación de fenómenos físicos en su mayoría las respuestas son atribuidas a la mala lectura por parte del estudiantado o el poco dominio de matemáticas (Gil, Torregrosa, & Senent, 1988). Pero estas respuestas representan un grave problema el cual es, considerar que la única causa por la cual los estudiantes no aprenden es por ellos mismos; sí bien el estudiante debe realizar un

esfuerzo para comprender algún tema de complejidad es deber del profesor ayudar a que los estudiantes comprendan e interioricen los conceptos que él enseña.

Por consiguiente es necesario trabajar en el ámbito de la enseñanza de las ciencias para tratar de lograr un cambio en el aprendizaje de ellas, además se han venido planteando dos posturas que menciona Ayala (1992) la primera es que solo basta tener un buen conocimiento sobre lo que se va a enseñar para poder realizar una buena enseñanza, que ocurre mucho en Colombia donde no es necesario ser un licenciado para ser un profesor, por ejemplo: un ingeniero que tiene conocimientos en matemáticas puede enseñar matemáticas. La segunda postura dice que es necesario que el docente tenga saberes pedagógicos junto con los de la disciplina a enseñar para que se realice la mejor enseñanza posible, esta segunda postura es la que se esperaría que tuviesen los profesores, pero la concreción de estos saberes (disciplinar y pedagógico) no se ha logrado en su totalidad, los profesores terminan siendo formados con un énfasis en la disciplina y alguno que otro conocimiento de pedagogía que no necesariamente está relacionado al saber pedagógico adquirido (Ayala M. , 1992).

Dentro de este aspecto pedagógico hay muchas herramientas de ayuda para el profesor en la enseñanza, una de ellas es la utilización del contexto y la cultura en la enseñanza de las ciencias ya que esta genera para el estudiante una ciencia más cercana a él, es decir, una ciencia que ocurre y es posible utilizar en su ambiente. Es necesario que los futuros docentes tengan una idea de que es a lo que se van a enfrentar, entonces cuando estén en un aula de clase y se presenten algunos problemas la búsqueda de soluciones a estos problemas sea mucho más fácil, y dado que tener saberes de la pedagogía y de la Didáctica de la disciplina permiten al docente preparar la clase centrada en el estudiante, utilizando los conceptos que él conoce y ayudando en la construcción del tema a tratar, sin estos saberes la clase podría estar estructurada desde el concepto y no se

busca que el concepto llegue a las estudiantes, se busca que los estudiantes puedan apropiarse de este y poder comprender su uso en el contexto donde se encuentra.

De esta manera es necesario que la formación que reciben los futuros profesores de ciencias no sea la misma que se imparten a los científicos en formación, al igual que los científicos, los docentes de ciencias deben crear modelos explicativos sobre fenómenos y teorías pero, estos modelos deben ser enfocados en la comprensión, interpretación y reproducción sobre el tema a enseñar, Ayala (1992) dice que el docente de física y el físico requieren diferente formación y éste debe ser de menor calidad, sino que la diferencia del enfoque es porque el docente se enfrenta a un ámbito cultural diferente al del científico.

Por esta razón, se ha venido trabajando en los programas de enseñanza de las ciencias en Colombia en el ámbito pedagógico, enriqueciéndolo con diferentes componentes como lo son la historia y la filosofía de las ciencias, mientras esto sucede el otro campo de la enseñanza de las ciencias y en particular de la física se resiste al cambio, la física que se presenta en la formación de profesores no ha cambiado mucho en los últimos años (Ayala, 2006), de esta manera resulta mucho más difícil llegar al trabajo colectivo entre lo pedagógico y lo disciplinar si uno de los dos se resiste al cambio, está bien que la didáctica de la física presente nuevos cambios que la enriquezcan, esto debería servir de ejemplo para que la enseñanza de la física de los profesores en formación también experimente cambios.

Otro aspecto importante en la formación de profesores de ciencias es enseñar la ciencia con un enfoque social, dado que “el método en la ciencia está determinado por las dinámicas culturales y por las necesidades e intereses sociales” (García E., 2006), entendiendo el método como un método de enseñanza el cual, como se menciona debe tener en un enfoque social y es

necesario considerar el contexto donde se maneja para que el aprendizaje sea adecuado en el estudiante. Esta perspectiva de enseñanza es la sociocultural en la cual se busca que el aprendizaje se realice teniendo en cuenta el ámbito social y cultural del estudiante.

Siguiendo esta forma de ver el aprendizaje y la enseñanza es necesario que el profesor de ciencias posea muchos conocimientos en pedagogía y didáctica con los cuales su objetivo no sea que el estudiante aprenda las definiciones y fórmulas y las aplique en ejercicios, sino formar al estudiante dentro de su contexto cultural y que el conocimiento que (adquiera o desarrolle) en el aula le sirva tanto para comprender los fenómenos del mundo, como para su vida cotidiana.

Por tal motivo, se hace necesario que la formación de profesores de ciencia tenga un cambio en cuanto al aprendizaje que tienen los estudiantes de las ciencias (Ayala M. , 1992), que el proceso de enseñanza donde el profesor esta involucrado no este meramente dedicado a la explicación teórica sino, que existen otros factores importantes a tomar en cuenta como el realizar análisis dentro de la experiencia misma (Garcia E. , 2006). Algunas investigaciones afirman que en ocasiones esto no ocurre en el aula y son varios los factores que pueden influir, pero es el docente de ciencias es el encargado de que la experimentación juegue un papel crucial, dado que en la ciencia y sobre todo en la física las clases que involucran la experimentación son clases igual de importantes que las clases teóricas.

Por esta razón, más que profesores de ciencias que explique las teorías establecidas y plasmadas en los libros se necesitan formar un docente con un rol de investigador, aprendiendo y enseñando con ayuda del medio social que lo rodea y que sus explicaciones estén influidas por la cultura en donde se desenvuelve, con el fin de que el aprendizaje de las ciencias no sea algo abstracto para el estudiante, sino que pueda entender un mundo físico a través del contexto en el

cual él se encuentra. Dentro de perspectiva sociocultural la enseñanza de verdades absoluta no es lo que se busca sino que se tratar de construir estas verdades a partir del contexto donde se encuentra el estudiante, así estas afirmaciones que estará creando el estudiante no sean alejadas para él, ni las repita solo porque están en un libro.

2.2.2. Historia y enseñanza de la física

Dentro de la formación de profesores de ciencias hay aspectos importantes los cuales en ocasiones no se les da mucha relevancia, uno de estos lo es la historia de las ciencias la cual es importante en la enseñanza de las ciencias que posteriormente se explicará.

Conociendo que en el transcurso de la historia se han presentado cambios en el mundo que ha llevado a la civilización a lo que es hoy en día, algunos de ellos los ha tenido la ciencia, realizando varias revoluciones científicas en el transcurso de la historia. Con estos cambios científicos también surgieron cambios en la forma de ver el mundo (ontológicos), en la forma de razonar (epistemológicos), en los métodos (metodológicos) y en la teoría como tal (axiomáticos)(Furió & Guisasola, 1997).Es por esto que la historia de la ciencia guarda con ella revoluciones de pensamiento ocurridos anteriormente, como se ha mencionado la ciencia está relacionada con la manera en la que miramos la naturaleza y el mundo (Navarro, 1997).

En consecuencia, es importante saber que sucedió en nuestro pasado, lo cual es un punto de partida para llegar al desarrollo de ciencia que hoy en día se tiene. En este sentido percibir los conceptos como un acabado sería un error, para llegar a lo que se tiene ahora ocurrieron sucesos importantes que marcaron de manera significativa(Solves & Traver, 1996) la construcción de la ciencia como hoy en día se conoce.

Pero, aunque el ser consiente de estos cambios es lo que se busca, García(2011) menciona que muchos libros de física y algunos profesores desde una postura positivistas creen que lo mejor es enseñar la física como un acabado con verdades absolutas, lo que para Ayala (2006) es un problema de la enseñanza de la física, ella habla que cuando se introduce la historia en la enseñanza de la física hay que olvidar este tipo de ideas que creen los positivistas Ayala (2006) lo expresa así:

Ahora bien, reconocer el carácter histórico de la física implica dejar de lado dos ideas muy generalizadas: que la física maneja verdades absolutas aunque con un dominio restringido y que hay un progreso inmanente de ella hacia verdades cada vez más completas (p.25)

Es esta forma de percibir la ciencia es la que genera dificultades en el aprendizaje de ella en los estudiantes, por tal motivo vemos que cada vez se encuentran más trabajos de investigación los cuales involucran la historia de la ciencia con la enseñanza(Furió & Guisasola, 1998), ya que ella es de gran ayuda en la pedagogía del maestro como para apoyar en el aprendizaje del alumno, Solves & Traver (1996) dejan claro que la historia de la física trae grandes beneficios cuando es aplicada en la enseñanza de la misma, cómo permitir plantear problemas en los cuales el alumno comprenda el tema en vez de ser mecánico frente a ejercicios, esto contribuye a las actitudes y el aprendizaje del alumnado.

Otros beneficios de la incursión de la historia en la enseñanza de la física los menciona Ayala(2006), ella habla de tres planos que benefician a la enseñanza de la física desde la historia, el primero es el plano de motivación en el cual se busca que el estudiante construya una imagen de la naturaleza a partir de la idea de ciencia que se le presenta en clase, el segundo plano es el

derescate de argumentos en este se pretende que las ideas que se presentan al estudiante no sean verdades absolutas sino que el estudiante argumente y refute para generar una construcción en la explicación de conceptos, el tercer plano es de las estrategias didácticas en el cual se busca elaborar actividades teniendo en cuenta las ideas de los estudiantes y el conocimiento científico (Ayala, 2006). Estos énfasis son importantes en el proceso de enseñanza y aprendizaje ya que tratan de guiar este proceso hacia la apropiación del concepto. Ayala (2006) También hace referencia a que la historia debe ser vista como un proceso de recontextualización de saberes lo cual se explicará más adelante, ya que para ella una manera de apropiarse de los conceptos es partiendo de las ideas que el alumno tienen y afrontarlas con el contexto histórico.

Siendo entonces la historia de gran ayuda tanto en la enseñanza de la ciencia como en el aprendizaje de la misma a través de los planos anteriormente mencionados, también en el ámbito pedagógico vemos su aporte en puntos como la selección y secuenciación de los temas y/o contenidos que se presentan en clase (Furió & Guisasola, 1997), esta selección de contenido es con el fin de que el estudiante pueda comprender de buena manera el concepto a tratar como lo menciona Martín & Solbes(2001)

Si organizamos los contenidos de modo que, además de presentar los conceptos en su forma final, se pongan también de manifiesto los problemas que propiciaron su aparición, su evolución histórica y la potencialidad del nuevo marco conceptual establecido, se facilitará el aprendizaje significativo. (p.396)

De esta manera la historia de las ciencias es vista como herramienta importante en la enseñanza, con el fin de generar un buen aprendizaje en el estudiante, además que el docente también aprende de la construcción de conceptos que hacen los alumnos (dificultades y

problemas que presentan en el transcurso) y en la apropiación del concepto, el docente es el encargado de incluir esta herramienta en su trabajo, pero para que los resultados sean buenos la utilización de esta herramienta debe ser buena, ya que una mala utilización de ella puede lograr problemas en el aprendizaje del estudiante(Solves & Traver, 1996).

Las herramientas que utiliza el profesor para realizar la enseñanza de un concepto son de gran influencia en el aprendizaje del mismo entonces, un aspecto muy importante en la enseñanza son los materiales que usan los maestros para alimentar y nutrir sus explicaciones, dentro de los materiales más usados por los docentes se encuentran los libros de textos que son un buen material de enseñanza, pero la tarea del maestro está en saber que libros escoger para sustentar sus ideas, el problema que nos concierne respecto a estos libros es cómo se presentan los conceptos y más específicamente aún cómo se presenta la historia del concepto si es que se hace, algunos de estos libros mencionan la historia como la introducción a un tema (Slisko, 2008).

Esta forma de presentar la historia ha sido cuestionada en varias investigaciones ya que no solo es el profesor quien lee estos libros sino, que algunos de ellos sirven de guía para las clases de ciencias y en ocasiones terminan siendo los libros los que dan las clases, también los alumnos acuden a los libros para aclarar y despejar dudas, por esta razón es importante que el material histórico que se presente en los libros sea el adecuado, también sucede que muchos de estos libros no han cambiado respecto a la introducción de aspectos importantes de la historia,García(2011) lo menciona de la siguiente manera:

La utilización de la historia y filosofía de la ciencia como recurso didáctico en la enseñanza de las ciencias se hace cada vez más evidente, por lo menos en lo que a

programas de formación de docentes se refiere. Sin embargo, los libros de texto que son utilizados como recurso fundamental en la enseñanza de física general, no parecen sufrir en sus contenidos, modificaciones significativas en esta dirección. (p.8)

Esto representa un problema para los recursos y herramienta que el docente de ciencias necesita utilizar en su trabajo, ya que la dirección que se persiguen en los libros de textos no será la misma que un docente deba tener y es por esto que el docente debe realizar un análisis de los libros que utilizará como guía en el proceso de enseñanza, debido a que son los libros de texto una herramienta importante en la enseñanza pero, más importante es no asumir todo lo que dicen ellos como cierto o relevante (García E. , 2006), por esta razón realizar un análisis histórico-crítico de estos libros se hace necesario desde una perspectiva sociocultural. Este análisis se hace necesario, ya que el planteamiento histórico en algunos de los libros de texto en la enseñanza no es el adecuado (Slisko, 2008), lo que puede causar una visión distorsionada de la física en el maestro y en el estudiante (Furió & Guisasola, 1997).

2.2.2.1. *Historia y la recontextualización de saberes.*

Surge una pregunta crucial para los procesos de reconstrucción histórica y es ¿existe una historia objetiva? Para responder a esta pregunta primero se debe plantear como se percibe a la historia, el trabajo que aquí se realiza no es el de un historiador pero se pretende utilizar la historia para generar algunas reflexiones en torno al concepto de campo eléctrico y la percepción que se tiene de la historia es que ella es una comunicación, una comunicación entre el historiador y los hechos o entre el historiador y los autores a estudiar o entre el historiador y el contexto histórico (Carr E. , 1984), la historia que se va a contar está ligada al presente ya el historiador se encuentra en un contexto del cual le es imposible escapar, por tal motivo la historia es vista como

una recontextualización de los saberes, se entiende la recontextualización como una idea o un concepto el cual es visto desde un contexto diferente en el cual surgió (Garcia E. , 2006).

De este modo mirar el pasado con ojos del presente que es lo que se lleva a cabo en un análisis histórico que es realizar la recontextualización de un saber en particular (Ayala, 2006), parecido a una definición que utiliza Carr (1984) de la historia dice que “historiar significa interpretar” ya que historiar no es realizar una escritura textual de los sucesos del pasado, sino que es la puesta en escena del dialogo del historiador con los texto originales o no en los cuales se describe lo sucedido desde la postura de quien lo escribe, por eso una de las tareas del historiador es tratar de comprender el contexto en donde se desarrolla la idea a estudiar para que así su conversación con los autores de la época sea más fluida, tenga más sentido y genere un buen desarrollo.

Esta conversación tiene una parte clave Carr (1984) dice que el historiador debe comprender y entender el pasado sin llegar a sesgarse, para poder así tener una mejor comprensión del presente, ya que al fin de cuentas se está hablando de un concepto el cual tiene una definición y valides en el presente, puede que diferente a la que se tuvo en el pasado. Cada historia que es leída tiene un punto de vista el cual es que el mejor considerado por el autor en ese momento, una de las partes del arduo trabajo que debe realizar el historiadores reflexionar acerca de la naturaleza del hombre (Carr E. , 1984), esta reflexión es lo que se llama recontextualización de saber, poder abordar un concepto que tiene sus orígenes en la historia y generar una interpretación de él, conociendo su definición actual e interpretando lo ocurrido a través de la historia.

2.3.Como surge el concepto de campo electrico

En el siglo XIX se dio todo el apogeo o los mayores avances de la teoría eléctrica, en este siglo surgieron aportes importantes como la clasificación de los materiales según su esencia eléctrica, la creación de la pila por parte de volta, el principio del motor eléctrico, los desarrollos electromagnéticos expuestos por Ampere, Oersted, Faraday y Maxwell, la construcción del concepto de campo, entre otros muchos avances, estos aportes a la física hicieron de esta teoría una revolución científica(Furió & Guisasola, 1997), dado que no solo cambio la forma de ver los conceptos, sino que también cambio la forma de ver el mundo y provoco el surgimiento de nuevas teorías.

Dentro de todos los avances encontrados en este siglo el desarrollo de la idea de campo aporta a entender el comportamiento de la luz como una onda y logra explicar más adelante el movimiento de ondas electromagnéticas, todo esto insidio en el paso a una física relativista(Berkson, 1981), es por eso que se considera importante al menos para este texto este concepto. Él no tuvo presencia sino hasta después de 1820 con los trabajos de Oersted y Faraday los cuales buscaban determinar la relación entre los procesos eléctricos y magnéticos y con sus experimentos aportaron al desarrollo de esta teoría esta teoría.

El experimento de Oersted marca un principio en la relación de los fenómenos eléctricos y magnéticos que posteriormente se llega a la noción de campo, el experimento consiste en una brújula la cual se defleca al estar cerca de una corriente que pasa por hilo conductor. Lo que realmente sucede es que la corriente que pasa por el hilo genera a su alrededor un campo magnético que hace redireccionar la aguja de la brújula, pero en ese entonces no se tenía esta

explicación para el experimento, Faraday conoce este experimento lo reconstruye y lo estudia(Berkson, 1981).

Faraday no era matemático por lo que sus resultados no fueron de este tipo, trabajó como asistente de Humphry Davy quien era un químico por muchos años, conoció a grandes científicos de la época y desarrollo varios descubrimientos en la química, fue miembro de la Royal Society (sociedad científica más antigua del reino unido) donde desarrolló grandes avances en el electromagnetismo. Faraday realizó el primer paso para la noción de campo, después de repetir los experimentos de Oersted y trabajar en experimentos electromagnéticos logro llamar líneas de fuerzas a las líneas de acción de la fuerza magnética en un imán las cuales estaban en el espacio y logro dibujarlas, esto cambiaba la noción de acción a distancia que para ese entonces se tenía para estos fenómenos eléctricos y magnéticos.

La idea que Faraday tenia es que la fuerza debería ser aplicada por algo que se expandía hacia fuera desde las cargas, este algo es lo que llamó líneas de fuerzas y dijo, que La fuerza seria fuerte cerca de las cargas y débil lejos de las cargas donde las líneas están más espaciada(Berkson, 1981). La idea de líneas de fuerza saliendo del imán o de cargas eléctricas fue un paso importante para que Maxwell llevara a cabo tanto la matemática del electromagnetismo como el desarrollo del concepto de campo. El electromagnetismo logra ser una de las pocas grandes revoluciones científica en el mundo, la gran síntesis maxweliana del electromagnetismo es comparada con la gran síntesis newtoniana (que logra un puente entre los fenómenos del cosmos y los terrenales), dado que Maxwell logra reunir los grandes hallazgos que hasta el momento se tenían de la teoría eléctrica y de la magnética y estable una relación entre ellas.

Uno más de los actores importantes en la construcción del concepto de campo es Gauss quien logra establecer que el flujo eléctrico en una superficie cerrada es proporcional a la carga neta encerrada, que es una ley y está basada y fundamentada en el concepto de campo. Otro aporte que logra el campo es desligar lo que por ese entonces permeaba muchas leyes físicas y es la idea newtoniana, tanto así que se hablaba de fluido eléctrico y cómo este fluido se trasladaba de un cuerpo a otro, Franklin propuso que había un solo fluido eléctrico el cual podía ser negativo o positivo (Furió & Guisasola, 1998). En esta época el estudio de algunos fenómenos se veían relacionado con las ideas newtonianas, por ejemplo los fenómenos de calor donde se consideraba al calor como una sustancia la cual se podía pasar de un cuerpo a otro.

Antes de la idea de campo, la interacción entre “cargas” era vista como una acción a distancia e instantánea, basada en una física newtoniana y determinista. Pero fue un punto de partida para comprender estos fenómenos eléctricos, algunos autores como Coulomb trabajaron con ideas parecidas a las de Newton y lograron avances en esta teoría como lo fue establecer que la fuerza eléctrica entre dos cargas dependía del producto de las dos cargas y variaba con el inverso del radio al cuadrado, por eso es que el papel de las analogías fue vital para el desarrollo de esta teoría, existieron científicos como Franklin se basó en una explicación semejante a los fenómenos de fluidos para dar respuesta a algunos fenómenos eléctricos.

Por consiguiente, es necesario conocer que la creación de un concepto no es un desarrollo fácil, es necesario recurrir a personas que anteriormente hablaron del concepto para así saber que el proceso de construcción fue largo y ayudado por muchos, además si se quiere tener una idea de campo es necesario comprender su definición pero, se debe mirar el campo con una visión un tanto cualitativa, las investigaciones de Faraday se destacaron por ser cualitativa (Greca & Moreira, 1998). Con esta visión se pretende que el campo no sea visto con la idea de acción a

distancia o instantánea, que con regularidad llega a confundir al estudiante entre el campo eléctrico y la fuerza eléctrica (Furió & Guisasola, 1997).

3. Metodología

Este trabajo tendrá una primera fase en la cual se realizará una búsqueda de material, con el fin de efectuar una organización de los hechos y una descripción general de los acontecimientos sucedidos de manera cualitativa para explicar cómo se llega al concepto de campo en el siglo XIX, también se estudiará y analizará un texto que para este trabajo se considera importante en la historia del electromagnetismo en donde se presenta el concepto de campo, teniendo el autor de este libro es Michael Faraday, que con una visión diferente a la visión newtoniana presentó avances importantes en la visión de campo. Dentro de la recolección de material se tendrá en cuenta un poco los cambios ontogénicos surgidos en la historia referente al electromagnetismo, dado que estos cambios presentaron un avance en la forma de interpretar el mundo, pero la idea de este trabajo es determinar factores importantes en la construcción del concepto de campo que pueden llegar a ser omitidos o poco presentados en la enseñanza usual del campo eléctrico, por esta razón existirán puntos en el electromagnetismo en los cuales no se hará mucha insistencia debido al enfoque que se presenta.

El enfoque que aquí se busca es fortalecer concepto de campo a través de un análisis histórico-crítico, el cual consiste en analizar este concepto con una postura sociocultural con referentes históricos, es decir, estudiar tanto la teoría para el desarrollo y evolución del concepto como el contexto cultural que se tenía en esa época, que influye en el desarrollo de la teoría electromagnética, se hará hincapié en aquellos momentos que representaron un cambio en la noción de acción a distancia a campo. Se estudiarán referentes teóricos con respecto al desarrollo del electromagnetismo en el siglo XIX, como también el papel que jugaron estos desarrollos en la sociedad y viceversa. Este análisis está enfocado en el docente y en su formación como lo menciona Ayala (2006) “análisis histórico críticos desarrollado con el fin de orientar los

procesos de recontextualización de saberes para la formación en física de los profesores de física” (p.21).

Estableciendo así que el objetivo primordial de este análisis más que una reconstrucción histórica del campo eléctrico trata de, como ya mencionamos anteriormente determinar aquellos factores claves importantes dentro de la historia de la física en el campo eléctrico, esta será una segunda fase la puesta en escena del análisis histórico-crítico, en el cual se realizará un estudio de aquel texto, características y experimentos del campo eléctrico que lo llevan a definirse como campo y no como una acción a distancia independiente del medio, dando paso así a algunas reflexiones de tipo curricular con respecto a la enseñanza de este concepto en el aula.

Las reflexiones que se mencionaran son en búsqueda de que el acercamiento por parte del profesor y los estudiantes al concepto de campo sea más fácil y un poco más manejable, conociendo que el objeto o personas de estudio son los futuros docentes de física, este proceso será la etapa final de la recontextualización de la idea de campo, en el cual se tendrá en cuenta tanto la historia científica o de hechos físico-matemáticos que ocurrieron en la transcurso de la construcción de este concepto, cómo también el contexto social político que en ese entonces se vivía para enriquecer un poco la descripción cualitativa que en el trabajo se quiere manejar.

3.1. Análisis histórico-crítico

Este apartado dará inicio presentando como se entiende el análisis histórico-crítico en este trabajo, apoyándose en algunos autores como García (2011), Cabreta y Quintanilla (2014) y Cabrera (2016) que encaminan este análisis por el estudio de los textos originales creado por algunos científicos, donde “El propósito que se tiene con este tipo de análisis es profundizar en la búsqueda de definiciones” (Cabrera & Quintanilla, 2014, p. 204), todo esto visto desde un ámbito

sociocultural, ya que tanto el contexto como la sociedad y la cultura son factores que influyen en el desarrollo científico y para estudiar dicho desarrollo en una época específica es necesario estudiar el contexto social y cultural de la época (Cabrera & Quintanilla, 2014).

El análisis histórico-crítico además de estudiar los factores ya mencionados posee algunas características que lo hacen una fuente enriquecedora para la educación, en este caso para la enseñanza de la física, como por ejemplo, el enfoque que él presenta, es una mirada cultural sobre la historia, es decir, reconocer que los hechos desarrollados (avances en la física) en alguna época en particular fueron influenciados por lo que sucedía en ese entonces, como por ejemplo la invención del ultrasonido, fue creada en la primera guerra mundial para detectar la distancia a la que se encontraban submarinos. Es por eso por lo que para hablar de historia es bueno saber el contexto donde fue desarrollada dicha historia. En este análisis además de tener claro el contexto donde se desarrollaron los hechos es importante saber que no se puede realizar una historia 100% objetiva, es decir, una historia que describa los hechos como sucedieron en la época y con la visión que se dieron en ese entonces, ya que el conocer el desarrollo de las teorías o artefactos de los que se van a hablar también influye en el análisis a realizar (MarcadorDePosición1)

Estas y algunas otras características que mencionaré más adelante son las que hacen de este análisis una herramienta útil e importante en la enseñanza de la física. El análisis histórico-crítico es realizar un análisis de los textos originales del tema a tratar, Ayala (2006) expresa así lo que se busca con él.

Desde nuestra perspectiva, no se trata de encontrar el significado de un texto, como si éste estuviera en él, ni de desvelar lo que ciertos autores (científicos) concebían acerca de fenómenos o problemáticas particulares de acuerdo con el contexto en que fueron

elaborados, ni de hacer seguimientos de la evolución de una noción o concepto específico, ni de esclarecer los obstáculos por los cuales diferentes teorías tienen dificultades en ser asimiladas. Se trata más bien de establecer un *diálogo* con los autores a través de los escritos analizados, con miras a construir una estructuración particular de la clase de fenómenos abordados y una nueva mirada que permita ver viejos problemas con nuevos ojos.(p.29).

Este dialogo es lo que convierte al análisis histórico-crítico en una recontextualización de saberes, ya que no se trata de una escritura textual de los libros originales, sino más bien asumir el texto con los conocimientos que ya se tienen sobre el tema para así poder apropiarse de los conceptos abordados en él que son relevantes para el análisis a realizar, consiguiendo así contextualizar el texto desde la mirada del que realiza el análisis.

Otro aspecto importante del AHC es que en la realización de este, se utilizan 3 conceptos los cuales Pickering (citado en Cabrera, 2016) dice que son: procedimiento material (PM), modelo instrumental (MI), modelo fenoménico (MF). El PM hace referencia a la utilización de los materiales en el experimento llevado a cabo por el científico, el MI se entiende como la explicación de la utilización de los materiales, en el MF se evidencia explícita o implícitamente la idea de ciencia que tiene el autor al explicar sus experimentos o definir sus teorías, estos tres aspectos se verán evidenciados a lo largo del trabajo.

4. Análisis histórico-crítico: Experimento de Faraday en la construcción del concepto de campo

En esta parte del trabajo se realizara una contextualización de la vida de Faraday y posteriormente el análisis de un apartado de su libro *Experimental reseaches in electricity* donde se expondrán elementos de la historia del campo eléctrico que se consideran importantes para la enseñanza de este en nuestra época, antes de realizar el análisis histórico sobre el campo eléctrico con base en un experimento de Faraday se hablara un poco sobre él, como se convirtió en el gran científico que muchos conocen hoy en día.

4.1.Vida de Faraday

Michael Faraday nació el 22 de septiembre de 1791, en Newington Butts en Londres, la familia de Faraday era de escasos recursos lo cual fue un factor importante en la educación de Faraday, “abanó su educación escolar a la edad de 12 años” (Reif, 2001) el ser un chico autodidacta le permitió seguir aprendiendo y conociendo sobre las cosas. Durante 7 años estuvo aprendiendo la labor de encuadernador donde tuvo un acercamiento a la ciencia con los libros que llegaban a sus manos

Entre los libros que más atrajeron su atención se encontraba uno publicado en 1809 por la esposa de un médico Suizo, Mrs. Marcet, titulado "Conversaciones en Química", y una copia la "Encyclopaedia Britannica", 3 edición, 1797, donde se encontró con un artículo escrito por un controvertido químico de la época, Mr. James Tytler, sobre un tópico que inmediatamente cautivó su interés: la electricidad. (Reif, 2001, p.53).

Faraday tenía interés en la ciencia sin haber tenido una gran educación en ella y en 1812 dejó de ser aprendiz para convertirse en encuadernador. Un día un cliente le regaló la oportunidad de asistir a algunas conferencias de Humphry Davy en la Royal Institution acerca de Química, tomo apuntes de las conferencias, para después realizar algo que cambiaría su vida.

La asistencia a estas conferencias le ayudó a tomar una decisión definitiva: buscar un trabajo relacionado con la ciencia, actividad que consideraba noble. Como lo explicaría posteriormente, en sus propias palabras, "mi deseo era escapar del comercio, el cual consideraba perverso y egoísta, y consagrarme al servicio de la ciencia, pues imaginaba que hacía a sus cultivadores amables y generosos"...

Poco tiempo después, Faraday envió dichos apuntes a Davy, acompañando una carta en la que le solicitaba estudiar la posibilidad de conseguirle un trabajo en la Royal Institution. Davy quedó muy impresionado con la diligencia y entusiasmo del joven, y aunque en su primera entrevista formal le aconsejó que continuara dedicado a la encuadernación, también le dijo que tendría en cuenta su nombre a la primera oportunidad que se presentara.(Reif, 2001)

Tiempo después Davy propuso a Faraday ser su ayudante temporal, trabajo el cual acepto y continuó con sus labores de encuadernador, “éste empezó a ejercer la posición a partir del 1° de marzo de 1813, con un salario inicial de 25 chelines semanales.”(Reif, 2001) Desde este momento Faraday tuvo un camino plagado de ciencia, poco tiempo después tuvo un viaje como asistente Davy, fue un viaje de 18 meses en el cual recorrieron Europa realizando diferentes experimentos.

En París, con la ayuda de Ampère, Davy y Faraday hicieron un importante descubrimiento al identificar el yodo como un nuevo elemento químico, mientras analizaban las cenizas de algas marinas...

En la ciudad italiana de Génova estudiaron la descarga eléctrica de una especie de pez denominado torpedo, para tratar de determinar si ella era capaz de descomponer el agua. Sin embargo, los ejemplares con los que trabajaron fueron tan pequeños y débiles que no alcanzaron a obtener resultados perceptibles. El efecto buscado en ese entonces resultaba de gran importancia, dado que existía la duda respecto a si la electricidad animal era igual a la obtenida a partir de otras fuentes...

En el transcurso de su recorrido, y más específicamente en Roma, Davy y Faraday participaron de un experimento en el que se pretendió identificar una conexión por mucho tiempo buscada entre la luz y el magnetismo. Si bien el experimento no tuvo éxito y ambos, en consecuencia, no quedaron convencidos de la existencia de dicha relación, este tipo de actividades, en conjunto con muchas otras, fueron sembrando en Faraday inquietudes acerca de los que más adelante serían temas centrales de su investigación científica.(Reif, 2001)

Todo esto ayudó a madurar a Faraday como hombre de ciencia, fue escalando de a poco en la Royal Institution, pudo dar algunas conferencias y publicar algunos artículos, junto con Davy y Willian Hyde Wollaston importante científico de la época y nombrado luego como director de la Royal Society, con quien realizó experimentos sobre el electromagnetismo.

sugirió a Davy la posibilidad de que el campo magnético podría producir rotación. Faraday interpretó esto como la rotación de un alambre alrededor de su propio eje.

Durante los meses siguientes continuó trabajando, ya en solitario, y poco después, en el verano de 1821, a petición de un amigo próximo, el editor de "Annals of Philosophy", escribió y publicó allí un artículo (su único papel anónimo) "Historical Sketch of Electromagnetism" ("Descripción histórica del electromagnetismo").

Después de esto Faraday no solo realizaba experimentos en la Química sino que amplió su rango de acción realizando trabajos en la Física, el electromagnetismo fue una importante vertiente donde el científico realizaría grandes avances, realizando aportes a la ciencia como el inicio para lo que hoy conocemos como teoría de la relatividad. Faraday tuvo algunos problemas con Davy lo que ponía duda si se convertía en miembro de la Royal Society de la cual Davy era presidente para esa época, pero "En 1825 fue ascendido al cargo de Director del Laboratorio de la Royal Institution con sueldo de 100 libras anuales." (Reif, 2001)

El comienzo de la revolución científica (introducción del concepto de campo) de la cual fue parte Faraday, fue algo difícil para él (Berkson, 1981), ya que grandes científicos estaban en contra de que la acción inductiva eléctrica necesitara del medio para propagarse, que transcurriera un tiempo para que una carga sintiera la presencia de otra o que esta acción pasara en línea curva, lo que se había desarrollado hasta ese momento funcionaba, una teoría newtoniana de la electricidad, el valor de la fuerza decrecía con el inverso del cuadrado de la distancia, igual que para las (masa) y visualmente la interacción era instantánea, estas razones hicieron que las teorías de Faraday se demoraran en ser aceptadas para toda la comunidad científica. Además de que Faraday no era un matemático lo que hubiese podido dar más fuerzas a sus argumentos.

4.2. Análisis del episodio histórico

En este apartado se describirá y analizará un experimento de Faraday para dar cuenta de que la electricidad no actúa solamente en línea recta, Para Faraday la inducción eléctrica era una acción de las partículas contiguas en el medio circundante a través de líneas curvas de fuerza.

En su libro *experimental reseaches in electricity* Faraday(1839) describe muchos experimentos hechos por él y realiza varias conclusiones de gran relevancia en nuestros tiempos sobre la electricidad. Este trabajo se ocupará por analizar un apartado de ese libro, para ser más exactos el apéndice iv (Induction in curved lines) del capítulo o serie once, en este apartado Faraday quiere realizar experimentos simples que justifiquen las hipótesis que ya había planteado, pero que para la comunidad científica no eran correctas, Faraday expresa la simplicidad de sus experimentos de la siguiente manera.

1216. Hay muchas formas de experimentos antiguos que podrían citarse como favorables y consistentes con la visión que he adoptado. Tales son la mayoría de los casos de descomposición electroquímica, cepillos eléctricos, auras, chispas, etc; pero como pueden considerarse pruebas equívocas, en la medida en que incluyen una corriente y una descarga, (aunque desde hace mucho tiempo han sido indicaciones de acción molecular previa (1230.)) me propuse idear tales experimentos para las primeras pruebas, ya que no deberían incluir transferencia, pero se relacionan por completo con la pura acción inductiva de la electricidad estática.¹

¹1216. There are many forms of old experiments which might be quoted as favourable to, and consistent with the view I have adopted. Such are most cases of electro-chemical decomposition, electrical brushes, auras, sparks, &c.; but as these might be considered equivocal evidence, inasmuch as they include a current and discharge, (though they have long been to me indications of prior molecular action (1230.)) I endeavoured to devise such experiments for

1217. También fue importante hacer estos experimentos de la manera más simple posible, utilizando no más de un medio aislante o dieléctrico a la vez, para que las diferencias de conducción lenta no produzcan efectos que erróneamente podrían derivarse de la inducción en líneas curvas. No será necesario describir los pasos de la investigación minuciosamente; De inmediato procederé al modo más simple de probar los hechos, primero en el aire y luego en otros medios aislantes.(Faraday, 1839)²

Faraday debía recurrir a estos experimentos simples que dieran respuestas a su teoría debido a que en la época existía una teoría newtoniana de la electricidad que estaba muy enmarcada, grandes filósofos apoyaban esta teoría además de que en la experimentación era consistente; para personas como Priestley, Coulomb, Poisson, Ampere entre otros científicos, la electricidad era explicada por medio de esta teoría newtoniana donde la fuerza eléctrica variaba con el inverso del cuadrado de la distancia y su acción era en línea recta. La idea que tenía Faraday sobre la materia y el espacio era diferente a las ideas newtonianas fue esto lo que llevo a Faraday a formular planteamientos diferentes(Berkson, 1981) como el experimento que en este capítulo se expondrá.

Sabemos de qué Faraday no era un matemático y algo que hay que resaltar de él es que era muy gráfico con las explicaciones de sus experimentos, de tal manera que el lector puede ir realizando una imagen mental del paso a paso que él seguía al realizar dichos experimentos, también es de

first proofs as should not include transfer, but relate altogether to the pure simple inductive action of statical electricity.

²1217. It was also of importance to make these experiments in the simplest possible manner, using not more than one insulating medium or dielectric at a time, lest differences of slow conduction should produce effects which might erroneously be supposed to result from induction in curved lines. It will be unnecessary to describe the steps of the investigation minutely; I will at once proceed to the simplest mode of proving the facts, first in air and then in other insulating media.

ayuda las imágenes que ilustran lo que por momentos el científico realizaba en los montajes. El experimento que se analizará a continuación puede ser algo simple pero las conclusiones a las que el científico llega a partir de este son cruciales en lo que hoy conocemos como campo eléctrico. La siguiente cita sirve como ejemplificación de uno de los tres elementos propuestos por Pickering (1989) el **PM** del experimento propuesto por Faraday (1839).

1218. Un cilindro de laca sólida, 0'9 de au. de una pulgada de diámetro y siete pulgadas de largo, se colocó en posición vertical sobre un pie de madera (figura 106): se hizo cóncavo o ahuecado en su extremo superior para que una bola de bronce u otra disposición pequeña pudiera apoyarse en él. La mitad superior del tallo se excitó negativamente por fricción con la franela caliente, se colocó una bola de latón, B, 1 pulgada de diámetro en la parte superior, y luego toda la disposición se examinó con la bola portadora y el electrómetro de Coulomb (1180. & c.). Para este propósito, las bolas del electrómetro se cargaron positivamente a aproximadamente 360 °, y luego el transportador se aplicó a varias partes de la bola B, las dos se aislaron mientras estaban en contacto o en posición, luego se aislaron *, se separaron y la carga del transportista examinado en cuanto a su naturaleza y fuerza. Su electricidad siempre fue positiva y su fuerza en las diferentes posiciones a, B, c, d, & c. (Figuras 106. y 107.) observadas en sucesión, fue la siguiente: en a. . por encima de 1000 °

B es w. . . 149

c 270

d 512

130³

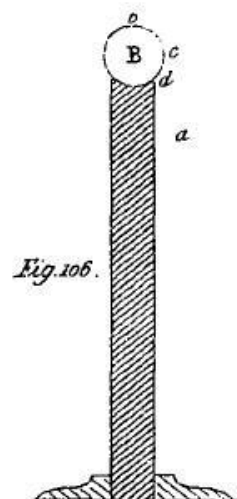


Figura1 tomado de (Faraday, 1839)

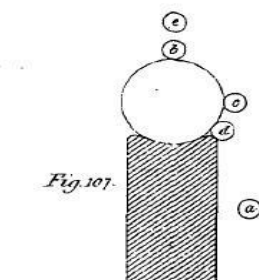


Figura2 tomado de (Faraday, 1839)

³1218. A cylinder of solid shell-lac, 0'9 of au. inch in diameter and seven inches in length, was fixed upright in a wooden foot (fig. 106.): it was made concave or cupped at its upper extremity so that a brass ball or other small arrangement could stand upon it. The upper half of the stem having been excited negatively by friction with warm flannel, a brass ball, B, 1 inch in diameter, was placed on the top, and then the whole arrangement examined by the carrier ball and Coulomb's electrometer (1180. &c.). For this purpose the balls of the electrometer were charged positively to about 360°, and then the carrier being applied to various parts of the ball B, the two were uninsulated whilst in contact or in position, then insulated*, separated, and the charge of the carrier examined as to its nature and force. Its electricity was always positive, and its force at the different positions a, B, c, d, &c. (figs. 106. and 107.) observed in succession, was as follows :

at a . . above 1000°

B it was . . 149

c 270

d 512

B 130

Los materiales utilizados por Faraday en este experimentos no eran muy sofisticados ni extraordinarios para la época, ya que trataba de que su idea fuera aceptada por la comunidad, eran materiales usuales excepto por el electroscopio utilizado, debido a que no era exactamente el electroscopio utilizado por Coulomb si no que realizo pequeñas modificaciones, explicadas mucho antes de la escritura de este experimento.

Con este primer montaje Faraday (1839) logra dar algunas afirmaciones interesantes en el experimento, como por ejemplo “las cargas que se toman de la bola en este estado no aislado que es siempre positivo, o del carácter contrario a la electricidad del shell-lac.” (Faraday, 1839) Lo que significa que el fenómeno que se está llevando a cabo es de inducción¹ y no de conducción². La utilización de los instrumentos por parte de Faraday se realizaba con un fin específico además de conocía los instrumentos a trabajar, como por ejemplo el electrómetro de Coulomb él ya había trabajado con este instrumento además de que había realizado algunas modificaciones en materiales utilizados para la medición esto representa el **MI** que el científico tenia, importante saber esto para entender la siguiente afirmación que realiza.

En el siguiente lugar, las cargas en a, c y d eran de una naturaleza tal como se esperaba de una acción inductiva en líneas rectas, pero la obtenida en b no es así: es claramente una carga por inducción, pero inducción en una línea curva; para la bola portadora mientras se aplica a b, y después de su eliminación a una distancia de seis pulgadas o más

de B, no podría, en consecuencia del tamaño de B, estar conectado por una línea recta con cualquier parte de la capa excitada e inductora -laca.(Faraday, 1839)⁴

Se puede evidenciar en lo anterior un poco del **MF** con el cual Faraday realiza este experimento, menciona por qué esta acción que se presenta debe ser en línea curva. Como en la acción es inductiva no hay movimiento de cargas a través del material ni una electrificación dentro del material, por tal motivo para lograr llegar al punto b, la acción de la electricidad debió ser por una línea curva ya que no puede atravesar el material, para dejar claro esto realiza algunas afirmaciones más y un nuevo experimento; afirma que

Suponer que la parte superior de la bola B no aislada, debe de alguna manera ser retenida en un estado electrificado por esa porción de la superficie de la bola que está a la vista del caparazón, estaría en oposición a lo que saber ya del tema. La electricidad se retiene sobre la superficie de los conductores solo por inducción.(Faraday, 1839)

Para ser aún más claro y tratando de que todas las dudas sobre la acción en línea curva estén un poco más claras plantea.

1221. Suponer, una vez más, que la inducción actúa de algún modo a través del metal del balón o a través del mismo, se ve negativamente por las consideraciones más simples; pero un hecho en la prueba será mejor. Si en lugar de la bola se usa un pequeño disco de metal, el soporte puede cargarse a, o por encima del centro de su superficie superior, pero si la placa se agranda a alrededor de 1 o 2 pulgadas de diámetro, ((fig. 108.)), entonces no se le cobrará a la portadora en f, aunque cuando se aplica más cerca del borde en g, o

⁴In the next place, the charges at a, c, and d were of such a nature as might be expected from an inductive action in straight lines, but that obtained at ò is not so : it is clearly a charge by induction, but induction in a curved line ; for the carrier ball whilst applied to b, and after its removal to a distance of six inches or more from B, could not, in consequence of the size of B, be connected by a straight line with any part of the excited and inducing shell-lac.

incluso por encima del medio en h, se obtendrá una carga; y esto es cierto aunque la placa puede ser una mera película delgada de pan de oro. Por lo tanto, está claro que la inducción no es a través del metal, sino a través del aire circundante o dieléctrico, y que en líneas curvas.(Faraday, 1839)⁵

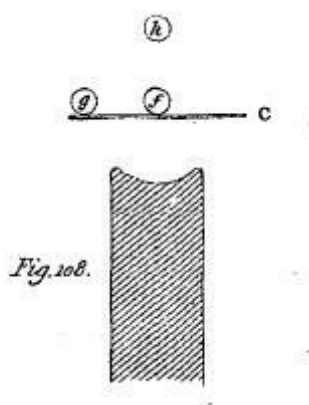


Figura3 tomado de (Faraday, 1839)

De esta manera Faraday logra ejemplificar que la acción inductiva de la carga eléctrica es en línea curva, además de que la acción es a través del medio en el cual se desarrolla. Lo que intenta Faraday en este experimento es generar un ejemplo fácil de ver para la comunidad científica y el resto de las personas, de esta manera su idea de las líneas curvas fuera aceptada. En la anterior cita podemos ver el **PM** y como de su primer experimento a avanzando para dar respuesta a posibles dudas de los lectores, lo que ha hecho es una modificación en el material utilizado en el experimento dándole más fuerza a su hipótesis.

⁵1221. To suppose, again, that induction acts in some way through or across the metal of the ball, is negatived by the simplest considerations ; but a fact in proof will be better. If instead of the ball B a small disc of metal be used, the carrier may be charged at, or above the middle of its upper surface: but if the plate be enlarged to about 1£ or 2 inches in diameter, C (fig. 108.), then no charge will be given to the carrier at /, though when applied nearer to the edge at g, or even above the middle at h, a charge will be obtained ; and this is true though the plate may be a mere thin film of gold-leaf. Hence it is clear that the induction is not through the metal, but through the surrounding air or dielectric, and that in curved lines.

Faraday en este apéndice de su libro realiza algunas modificaciones del experimento con el fin de reafirmar sus hipótesis y reforzar algunas de ellas, manteniendo el **MI** a lo largo del capítulo, realiza algunos otros montajes similares y en ellos obtiene los mismos resultados del experimento ya descrito. Como primer cambio en el montaje se puede ver el siguiente.

1224. Algunos resultados obtenidos con un hemisferio de latón en lugar de la bola B fueron extremadamente interesantes. Tenía (1,36) 1/36 de pulgada de diámetro, (figura 110), y al colocarse en la parte superior del cilindro excitado de la carcasa-laca, la bola portadora se aplicó, como en los experimentos anteriores (1218). (Faraday, 1839)⁶

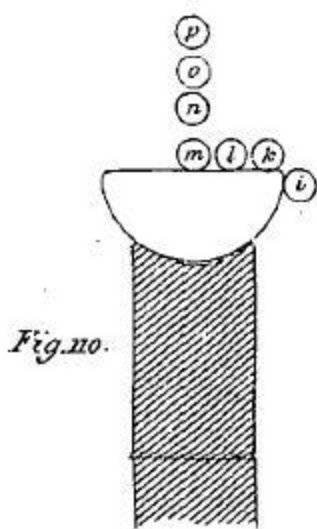


Figura 4 tomado de (Faraday, 1839)

En este montaje ocurre algo curioso para Faraday al medir las fuerzas en los puntos marcados en la figura 110, obtuvo resultados inesperados, pero buenos en todo caso para su teoría ya que a

⁶1224. Some results obtained with a brass hemisphere instead of the ball B were exceedingly interesting. It was 1/36 of an inch in diameter, (fig. 110.), and being placed on the top of the excited shell-lac cylinder, the carrier ball was applied, as in the former experiments (1218.)

estos resultados se les podían dar respuesta con la acción inductiva en líneas curvas. Los resultados fueron los siguientes.

En i la fuerza era 112, en k 108 °, en l 65 °, en m 35 °; la fuerza inductiva disminuyendo gradualmente, como podría haberse esperado, hasta este punto. Pero al elevar el portador a la posición n, la carga aumentó a 87 °; y al elevarlo aún más alto a o, la carga aún aumentó aún más a 105 °: en un punto más alto aún, p, la carga tomada fue menor en cantidad, siendo 98 °, y continuó disminuyendo para posiciones más elevadas.(Faraday, 1839)⁷

Estos resultado llevaron a Faraday a recurrir a expresar su **MF**, como el entendía estos resultados y hacia donde quería llegar con ellos, la explicación que le dio Faraday a estos resultados fue mediante la tensión que puede existir entre las líneas de fuerza como él las llamaba, esto apoyaba su teoría de que la acción debía darse en las partículas contiguas y no entre los dos objetos sin importar el medio, Faraday lo explica de la siguiente manera.

1225. Como otra prueba de que todas estas acciones fueron inductivas, puedo establecer un resultado que era exactamente lo que se podía esperar, es decir, que si la materia conductora no aislada se aproximaba y se acercaba al extremo excitado de la caparazón, entonces la fuerza inductiva fue dirigido hacia él, y no se pudo encontrar en la parte superior del hemisferio. Al eliminar esta cuestión, las líneas de fuerza reasumieron su dirección anterior. El experimento proporciona pruebas de la *tensión lateral* de estas

⁷At i the force was 112 , at fc 108°, at l 65°, at m 35° ; the inductive force gradually diminishing, as might have been expected, to this point. But on raising the carrier to the position n, the charge increased to 87°; and on raising it still higher to o, the charge still further increased to 105° : at a higher point still, p, the charge taken was smaller in amount, being 98°, and continued to diminish for more elevated positions.

líneas y proporciona una advertencia para eliminar dicha materia al repetir la investigación anterior.(Faraday, 1839)⁸

Con estas conclusiones Faraday daba una explicación muy acertada de su teoría a través de un simple experimento, en el comienzo de su carrera como científico Faraday fue químico, realizó algunos trabajos en fenómenos eléctricos relacionados con la química y cuando se adentró en la física logró aportes de gran relevancia en el electromagnetismo. Sería interesante analizar todos los aportes de Faraday en la ciencia, pero son muchos y su análisis llevaría mucho tiempo, por consiguiente se continuará en el apéndice en cuestión del libro *Experimental researches in electricity*, el experimento ya había arrojado resultados coherentes con la teoría de líneas curvas de fuerza, aun así Faraday realizó algunas variaciones en el montaje sin embargo obtuvo las mismas conclusiones, Faraday dice.(Faraday, 1839)

1226. Después de estos resultados sobre la acción inductiva curvada en el aire, extendí los experimentos a otros gases, usando primero ácido carbónico y luego hidrógeno: los fenómenos fueron precisamente los ya descritos. En estos experimentos encontré que si los gases estaban confinados en recipientes que requerían ser muy grandes, ya sea de vidrio o de loza, el poder de conducción de tales materiales es tan grande que la inducción del cilindro de laca excitada hacia ellos es tan grande como si fueran de metal; y si los vasos son pequeños, una porción tan grande de la fuerza inductiva se determina hacia ellos que la tensión lateral o repulsión mutua de las líneas de fuerza antes mencionadas, (1224) por la cual se produce su inflexión, se alivia tanto en otras

⁸1225. As another proof that the whole of these actions were inductive I may state a result which was exactly what might be expected, namely, that if uninsulated conducting matter was brought round and near to the excited shell-lac stem, then the inductive force was directed towards it, and could not be found on the top of the hemisphere. Removing this matter the lines of force resumed their former direction. The experiment affords proofs of the lateral tension of these lines, and supplies a warning to remove such matter in repeating the above investigation.

direcciones, que no se le dará carga inductiva a la bola portadora en las posiciones k, l, m, n, o, p, (figura 110).⁹

La utilización de Faraday de nuevos materiales en su experimento conseguía dar más fuerzas a sus hipótesis, como confinar el experimento en un recipiente pequeño, la carga inductiva en algunos puntos cambio debido a la tensión lateral que el menciona entre las líneas de fuerza este **PM** realizado en esta variación y el que mencionó posteriormente dieron fuerza a que la acción inductiva no está confinada en el material y que esta acción depende del espacio en la cual se lleve a cabo en la siguiente cita se verá como afecto el espacio en la acción inductiva.

1228. Por último, utilicé algunos dieléctricos sólidos para el mismo propósito y con los mismos resultados. Estos eran la laca, el azufre, el borato fundido y fundido de plomo, el vidrio de sílex bien cubierto con una película de laca y el espermaceti. Lo siguiente fue la forma de experimentar con el azufre, y todos eran del mismo tipo. Una placa cuadrada de la sustancia, dos pulgadas de extensión y 0-6 de pulgada de grosor, se proyectó con un pequeño orificio o depresión en el medio de una superficie para recibir la bola transportadora. Esto se colocó sobre la superficie de la semiesfera metálica (figura dispuesta sobre la laca excitada como en casos anteriores, y las observaciones se hicieron en n, o, p y q. Se requirió gran cuidado en estos experimentos para liberar el azufre u otra sustancia sólida de cualquier carga que pueda haber recibido previamente. Esto se hizo

⁹1226. After these results on curved inductive action in air I extended the experiments to other gases, using first carbonic acid and then hydrogen : the phenomena were precisely those already described. In these experiments I found that if the gases were confined in vessels they required to be very large, for whether of glass or earthenware, the conducting power of such materials is so great that the induction of the excited shell-lac cylinder towards them is as much as if they were metal; and if the vessels be small, so great a portion of the inductive force is determined towards them that the lateral tension or mutual repulsion of the lines of force before spoken of, (1224.) by which their inflexion is caused, is so much relieved in other directions, that no inductive charge will be given to the carrier ball in the positions Te, l, τ, π, o, p, (fig. 110.). A very good mode of making the experiment is to let large currents of the gases ascend or descend through the air, and carry on the experiments in these currents.

respirando y limpiando (1203), y la sustancia se encontró libre de toda excitación eléctrica, luego se utilizó en el experimento, después de lo cual se eliminó y se examinó de nuevo, para asegurarse de que no había recibido ninguna carga, pero que había actuado realmente como un dieléctrico. Con todas estas precauciones los resultados fueron los mismos: y por lo tanto es muy satisfactorio obtener la acción inductiva curva a través de cuerpos sólidos, como cualquier efecto posible de la traducción de partículas cargadas en fluidos o gases, que algunas personas podrían imaginar que es el caso, está aquí totalmente negativamente.(Faraday, 1839)¹⁰

Lo que Faraday intenta reafirma con las variaciones del experimento, es como el medio afecta en la interacción eléctrica entre dos cuerpos, estableciendo más razones para decir que la acción eléctrica es mediante partículas contiguas, es decir, que cada partícula en el espacio afecta a las partículas que están a su alrededor y a su vez estas partículas afectadas afectan a las siguientes partículas a su alrededor hasta llegar al objeto en cuestión. Todo el esfuerzo hecho por Faraday por explicar sus hipótesis fue de gran ayuda para que el pensamiento newtoniano (que por la época quería ser aplicado en muchas partes de la física como la electricidad, el magnetismo, la termodinámica) se desligara de algunos componentes de la física ya que algunas cosas pretendían ser explicadas en base a la mecánica clásica de newton.

¹⁰1228. Lastly, I used a few solid dielectrics for the same purpose, and with the same results. These were shell-lac, sulphur, fused and cast borate of lead, flint glass well covered with a film of lac, and spermaceti. The following was the form of experiment with sulphur, and all were of the same kind. A square plate of the substance, two inches in extent and 0-6 of an inch in thickness, was cast with a small hole or depression in the middle of one surface to receive the carrier ball. This was placed upon the surface of the metal hemisphere (fig. 112) arranged on the excited lac as in former cases, and observations were made at n, o, p, and q. Great care was required in these experiments to free the sulphur or other solid substance from any charge it might previously have received. This was done by breathing and wiping (1203.), and the substance being found free from all electrical excitement, was then used in the experiment; after which it was removed and again examined, to ascertain that it had received no charge, but had acted really as a dielectric. With all these precautions the results were the same: and it is thus very satisfactory to obtain the curved inductive action through solid bodies, as any possible effect from the translation of charged particles in fluids or gases, which some persons might imagine to be the case, is here entirely negated.

Hay que reconocer, que la época en la que se nace determina a las personas, es decir, que el contexto en el que se nace impregna de su cultura a las personas, regalándole una base de conocimientos de los antecesores o creencias que en ese contexto predomina, desligarse de estas creencias o hechos que ya son confirmados por una sociedad reconocida es difícil y lograr que las personas puedan ver las cosas de una manera diferente es una difícil tarea, contra esto luchaba Faraday, contra la teoría newtoniana de la electricidad. Si estos factores culturales afectan en la construcción del concepto también es de esperarse que los factores culturales afecten en el aprendizaje de dicho concepto, ya que lo que se busca es que el estudiantes realice una construcción, por tal motivo partimos de que el estudiante tiene algunas creencias sobre el fenómeno y trabajar de mano con la naturaleza para que el maestro pueda ayudar a la estudiante en dicha construcción del concepto.

Otro factor importante que resalta este trabajo es como la historia es una ayuda en la construcción del concepto, vemos que Faraday no parte desde cero para generar las conclusiones que a lo largo de su carrera como científico pudo recrear, es esto un soporte para decir que se debe partir de cero en el momento de la enseñanza de conceptos de física, una buena ayuda para ello es la historia ya que permite preparar al profesor en formación con posibles problemas y dificultades que se puede encontrar cuando se encuentre enseñando este concepto.

Este experimento que realiza Faraday donde lo importante son las conclusiones a las que el científico llega a través del experimento, sería bueno poder recrearlo en clase o tener experiencias similares en las cuales se puedan debatir concepciones que tal vez puedan tener los estudiantes con dichas experiencias, ya que la apropiación del concepto por parte del estudiante será mejor, debido al acercamiento con el fenómeno, las clases prácticas en la física son buenas en la enseñanza ya que lograr que el estudiante interactúe más cerca con el fenómeno.

5. Conclusiones.

Este trabajo genera algunos aportes a los futuros docentes de física, como por ejemplo que el aprendizaje de la ciencia no te garantiza ser un buen profesor, dado que para realizar este proceso de enseñanza se hace necesario contar con aspectos filosóficos, históricos y didácticos de la materia (Ayala M. , 1992), Otro aporte es que el buen uso de herramientas didácticas en el proceso de enseñanza genera una mejor un mejor proceso de aprendizaje por parte de los alumnos (Zapata, 2015), por eso entonces, una conclusión de este trabajo, que la buena inclusión de la historia de la física en la formación de profesores de física genera mayor posibilidades de que el proceso de enseñanza-aprendizaje de algún concepto en este caso campo eléctrico sea bueno.

Otros de los aportes que busca este trabajo para profesores en formación es explicar que el buen uso de la historia de las ciencias en el proceso de enseñanza y aprendizaje logra solidificar las ideas ciertas que puedan tener los futuros docentes, añadiendo además aspectos culturales y sociales a los conceptos, tratando de desmitificar que la física es solo aplicación de fórmulas y la enseñanza se restringe al tablero y marcador, con esto quiero decir, que la enseñanza de la física es un proceso social y como tal es importante tener en cuenta la cultura en la cual se lleva a cabo este proceso, además, ya que la Física trata de explicar fenómenos naturales, sería bueno recurrir a la naturaleza y tratar de recrear dichos fenómenos para la enseñanza de esta.

De la misma manera, otro de los aporte de este trabajo para la enseñanza del campo eléctrico es la ayuda de la experimentación en el aula y que para explicar el campo eléctrico no es necesario recurrir a complejos y sofisticados experimentos, sino que una fácil experiencia puede lograr evidenciar el concepto y teniendo en cuenta las problemáticas que surgieron para la

aceptación de este concepto, los futuros docentes pueden generar estrategias para cuando se intente explicar este concepto, como explica Furio y Guisasola (1998) existe un paralelismo entre los problemas que superó el campo eléctrico en su historia con las dificultades que presentan algunos estudiantes en su aprendizaje, debido a que el proceso de aprendizaje no es el mismo en todos los estudiantes, los docentes debe estar preparados para aquellas dificultades y si para algunos científicos de la época de Faraday era de difícil aceptación lo que en ese momento se proponía, no está bien esperar que para todos los estudiantes se de fácil comprensión este concepto con la misma idea de Faraday.

Otro aporte que trata de esbozar el trabajo es que el campo eléctrico no es algo demasiado complejo ni de difícil comprensión, además que el concepto no surge de la noche a la mañana, la construcción de este concepto fue larga, debido a que representa un cambio en el pensamiento por parte de las personas involucradas en la época y cambiar lo que se cree cierto es difícil, lo importante es que este concepto fue teniendo aceptación con el tiempo y hoy en día es relevante en la comprensión de fenómenos electromagnéticos y también necesario en la física moderna. Además el concepto de campo con Faraday y posteriormente con James Clerck Maswell se convierte en un objeto físico que afecta al espacio, después de esto la interacción entre cargas fue vista a través del espacio y con un tiempo para que dicha interacción se lleve a cabo entre las cargas.

Estas razones expresan lo importante que es el campo eléctrico hoy en día y que no fue fácil obtener el concepto como lo se conoce hoy en día. Otra enseñanza que busca dejar el trabajo es la perseverancia y el arduo trabajo de Faraday pese a las dificultades personales (discusiones con Davy y Wollason presidentes de la Royal Society sobre publicaciones en el electromagnetismo, no fueron impedimento para que el científico siguiera con su idea de la interacción entre

cargas), también presentaba dificultades con colegas que apoyaban la idea de que la interacción debía ser instantánea y en línea recta, pero eso tampoco lo detuvo a demostrar sus hipótesis, así como existieron científicos que estaban en contra de su teoría también hubo científicos que apoyaban a la idea de Faraday o que publicaban artículos en la misma línea de pensamiento, es decir que estas ideas no solo eran rechazadas.

En ocasiones Faraday se apoyaba en documentos, científicos y experimentos para plantear sus ideas, es lo que este trabajo quiere que realicen los futuros docentes, que su conocimiento sobre los conceptos no sea solamente saber la definición y el para que se usan esto, además de ello que los futuros docentes comprendan sobre la construcción del concepto como la aparición de este tiene repercusiones sociales y culturales, el campo eléctrico fue un primer paso para el conocimiento de ondas electromagnéticas y muchos instrumentos de la física hoy en día, es por esto que no se puede seguir enseñando en los colegios al campo solamente como la fuerza sobre unidad de carga de una partícula y trabajar la electricidad con el método newtoniano, teniendo el campo la importancia que tiene hoy en día, es significativo que la comprensión de este concepto por parte de los futuros docentes de física sea buena, para que las personas que van a interactuar sobre este tema con ellos escuchen palabra ciertas sobre el concepto.

Bibliografía

- Ayala, M. (1992). La enseñanza de la física para la formación de profesores de física. *Revista brasileña de ensino de física*, 14(3), 153-157.
- Ayala, M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Pro-Posições*, 17(149), 19-37.
- Berkson, W. (1981). *Las teorías de los campos de fuerza. Desde Faraday hasta Einstein*. Madrid: Alianza editorial.
- Cabrera, H. (2016). Aportes a la enseñanza de la química a partir de un estudio histórico filosófico de la experimentación asociada a la combustión para profesores en formación inicial. (*tesis doctoral*). Universidad del valle, Cali, Colombia.
- Cabrera, H., & Quintanilla, M. (2014). Un análisis de la estructura de dos experimentos asociados a la combustión: algunas implicaciones para la formación inicial docente en ciencias naturales. En M. Quintanilla, S. Daza, & H. Cabrera, *Historia y Filosofía de las Ciencias* (págs. 202-216). Santiago de Chile: Bellaterra.
- Carr, E. (1984). *¿Qué es historia?* Barcelona: Ariel.
- Faraday, M. (1839). *Experimental researches in electricity* (Vol. 1). Londres, Inglaterra: Universidad de Londres.
- Furió, C., & Guisasola, J. (1997). Deficiencias epistemológicas en la enseñanza habitual de los conceptos de campo y potencial eléctrico. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 259-271.

- Furió, C., & Guisasola, J. (1998). Dificultades de aprendizaje de los conceptos de carga y campo eléctrico en estudiantes de bachillerato y universidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 131-146.
- Furió, C., & Guisasola, J. (1999). Concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje en electrostatica. Selección de cuestiones elaboradas para su detección y tratamiento. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 441-452.
- Garay, F. (2011). Perspectivas de historia y contexto cultural en la enseñanza de las ciencias: Discusiones para los procesos de enseñanza y aprendizaje. *Ciencia y Educacion*, 17(1), 51-62.
- Garcia, E. (2006). Enseñanza de las ciencias y recontextualización del conocimiento científico. En E. G. Garcia, *Historia de las ciencia en textos para la enseñanza* (págs. 37-52).
- Garcia, E. (2011). Las prácticas experimentales en los textos y su influencia en el aprendizaje: Aporte histórico y filosófico en la física de campos . (*tesis doctoral*). Barcelona: Universidad Autonoma De Barcelona.
- Gil, D., Torregrosa, J., & Senent, F. (1988). El fracaso en la resolución de problemas de física: Ena investigación orientada por nuevos supuestos. *Investigación y experiencias Didácticas*, 6(2), 131-146.
- Greca, & Moreira, M. A. (1998). Modelos mentales y aprendizaje de la física en electricidad y magnetismo. *Enseñanza de las ciencias*, 16(2), 289-303.
- Heisenberg, W. (1985). *La imagen de la naturaleza en la física actual*. barcelona: Orbis S. A.

- Manassero, M., & Vázquez, Á. (2005). LA CIENCIA ESCOLAR VISTA POR LOS ESTUDIANTES. *Bordón*, 57(5), 125-143.
- Martín, J., & Solbes, J. (2001). Diseño y evaluación de una propuesta para la enseñanza del concepto de campo en física. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), 393-403.
- Navarro, L. (1997). Historia de la física y enseñanza de la física. *Taller iberoamericano de enseñanza de la física universitaria* (págs. 423-438). Habana: Universidad de la Habana.
- Reif, S. (2001). Michael Faraday: De encuadernador a hombre de ciencia. *Educación*, 3(1), 50-72.
- Slisko, J. (2008). La historia de la física en la enseñanza. Desde los objetivos curriculares hasta la práctica docente. *El Cronopio*, 16-21.
- Solves, J., & Traver, M. (1996). La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química. *Educación de las Ciencias*, 14(1), 103-112.
- Vázquez, Á., & Manassero, M. A. (2008). EL DECLIVE DE LAS ACTITUDES HACIA LA CIENCIA DE LOS ESTUDIANTES: UN INDICADOR INQUIETANTE PARA LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(3), 274-292.
- Zapata, J. (2015). Implicaciones didácticas de la inclusión de la historia y filosofía de las ciencias en la enseñanza de las ciencias: Una interpretación histórica del electromagnetismo. En W. M. Mora Penagos, *Educación en ciencias: experiencias investigativas en el contexto de la didáctica, historia, la filosofía y la cultura* (págs. 35-58). Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Anexo 1

iv. Inducción en líneas curvas.

1215. Entre los resultados deducidos de la vista molecular de la inducción (1166), que, siendo de naturaleza peculiar, son las mejores pruebas de la verdad o error de la teoría, la acción esperada en líneas curvas es, creo, la más importante en la actualidad; porque, si se muestra que tiene lugar de una manera irreprochable, no veo cómo puede resistir la vieja teoría de la acción a distancia y en líneas rectas, o cómo puede resistirse a la conclusión de que la inducción ordinaria es una acción de partículas contiguas.

1216. Hay muchas formas de experimentos antiguos que podrían citarse como favorables y consistentes con la visión que he adoptado. Tales son la mayoría de los casos de descomposición electroquímica, cepillos eléctricos, auras, chispas, etc. ; pero como pueden considerarse pruebas equívocas, en la medida en que incluyen una corriente y una descarga, (aunque desde hace mucho tiempo han sido indicaciones de acción molecular previa (1230.)) me propuse idear tales experimentos para las primeras pruebas, ya que no deberían incluir transferencia. , pero se relacionan por completo con la pura acción inductiva pura de la electricidad estática.

1217. También fue importante hacer estos experimentos de la manera más simple posible, utilizando no más de un medio aislante o dieléctrico a la vez, para que las diferencias de conducción lenta no produzcan efectos que erróneamente podrían derivarse de la inducción en líneas curvas. No será necesario describir los pasos de la investigación minuciosamente; De inmediato procederé al modo más simple de probar los hechos, primero en el aire y luego en otros medios aislantes.

1218. Un cilindro de laca sólida, 0'9 de au. de una pulgada de diámetro y siete pulgadas de largo, se colocó en posición vertical sobre un pie de madera (figura 106): se hizo cóncavo o ahuecado en su extremo superior para que una bola de bronce u otra disposición pequeña pudiera apoyarse en él. La mitad superior del tallo se excitó negativamente por fricción con la franela caliente, se colocó una bola de latón, B, 1 pulgada de diámetro en la parte superior, y luego toda la disposición se examinó con la bola portadora y el electrómetro de Coulomb (1180. & c.). Para este propósito, las bolas del electrómetro se cargaron positivamente a aproximadamente 360 °, y luego el transportador se aplicó a varias partes de la bola B, las dos se aislaron mientras estaban en contacto o en posición, luego se aislaron *, se separaron y la carga del transportista examinado en cuanto a su naturaleza y fuerza. Su electricidad siempre fue positiva y su fuerza en las diferentes posiciones a, B, c, d, & c. (Figuras 106. y 107.) observadas en sucesión, fue la siguiente: en a. . por encima de 1000 °

B es w. . . 149

c 270

d 512

B 130

1219. Para comprender la fuerza total de estos resultados, primero debe entenderse, que todas las cargas de la bola B y del portador son cargas por inducción, a partir de la acción de la superficie excitada del cilindro de carcasa-lac; para cualquier electricidad, la bola B recibida por comunicación desde el shell-lac, ya sea en primera instancia o después, fue eliminada por los contactos de desacoplamiento, solo que debido a la inducción restante; y esto se muestra por las cargas que se toman de la bola en este estado no aislado que es siempre positivo, o del carácter

contrario a la electricidad del shell-lac. En el siguiente lugar, las cargas en a, c y d eran de una naturaleza tal como se esperaría de una acción inductiva en líneas rectas, pero la obtenida en b no es así: es claramente una carga por inducción, pero inducción en una línea curva; para la bola portadora mientras se aplica a(to) b, y después de su eliminación a una distancia de seis pulgadas o más de B, no podría, en consecuencia del tamaño de B, estar conectado por una línea recta con cualquier parte de la capa excitada e inductora -laca.

* Apenas puede ser necesario para mí decir aquí, que sea cual sea el estado general la pelota portadora adquirida en cualquier lugar donde no estaba aislada y luego, retuvo en la eliminación de ese lugar, a pesar de que podría pasar a través de otros lugares que le habrían dado, si no están aislados, una condición diferente.

1220. Suponer que la parte superior de la bola B no aislada, debe de alguna manera ser retenida en un estado electrificado por esa porción de la superficie de la bola que está a la vista del caparazón, estaría en oposición a lo que saber ya del tema. La electricidad se retiene sobre la superficie de los conductores solo por inducción (1178.); y aunque algunas personas pueden no estar preparadas para admitir esto con respecto a los conductores aislados, todos lo harán con respecto a conductores no aislados como la bola B; y para decidir el asunto, solo tenemos que colocar la bola del portador en e (figura 107-), de modo que no entre en contacto con B, (uninsulate) sin aislarlo mediante una varilla metálica que desciende perpendicularmente, aislarlo, quitarlo y examinarlo su estado; se encontrará cargado con el mismo tipo de electricidad que, e incluso en mayor grado (1224) que, si hubiera estado en contacto con la cumbre de B.

1221. Suponer, una vez más, que la inducción actúa de algún modo a través del metal del balón o a través del mismo, se ve negativamente por las consideraciones más simples; pero un hecho en la prueba será mejor. Si en lugar de la bola se usa un pequeño disco de metal, el soporte puede

cargarse a, o por encima del centro de su superficie superior, pero si la placa se agranda a alrededor de 1 o 2 pulgadas de diámetro, ((fig. 108.), entonces no se le cobrará a la portadora en /, aunque cuando se aplica más cerca del borde en g, o incluso por encima del medio en h, se obtendrá una carga; y esto es cierto aunque la placa puede ser una mera película delgada de pan de oro. Por lo tanto, está claro que la inducción no es a través del metal, sino a través del aire circundante o dieléctrico, y que en líneas curvas.

1222. Tenía otro arreglo, en el que un cable que pasaba por el centro del cilindro de la carcasa hacia la tierra, estaba conectado con la bola B (figura 109) para mantenerlo en un estado constantemente sin aislar. Esta era una forma muy conveniente de aparato, y los resultados con ella eran los mismos que los que acabamos de describir.

1223. En otro caso, la bola B estaba sostenida por un vástago de concha, independientemente del cilindro excitado de la carcasa, y a una distancia de media pulgada de ella; pero los efectos fueron los mismos. Entonces se usó la bola de bronce de un frasco de Leyden cargado en lugar del caparazón excitado para producir la inducción; pero esto no causó ninguna alteración de los fenómenos. Ambos positivos y negativos los cargos inductores fueron probados con los mismos resultados generales. Finalmente, el arreglo se invirtió en el aire con el propósito de eliminar todas las objeciones posibles a las conclusiones, pero salieron exactamente iguales.

1224. Algunos resultados obtenidos con un hemisferio de latón en lugar de la bola B fueron extremadamente interesantes. Tenía (1,36) 136 de pulgada de diámetro, (figura 110), y al colocarse en la parte superior del cilindro excitado de la carcasa-laca, la bola portadora se aplicó, como en los experimentos anteriores (1218), en las posiciones respectivas delineado en la figura. En i la fuerza era 112, en k 108 °, en l 65 °, en m 35 °; la fuerza inductiva disminuyendo gradualmente, como podría haberse esperado, hasta este punto. Pero al elevar el portador a la

posición n, la carga aumentó a 87° ; y al elevarlo aún más alto a o, la carga aún aumentó aún más a 105° : en un punto más alto aún, p, la carga tomada fue menor en cantidad, siendo 98° , y continuó disminuyendo para posiciones más elevadas. Aquí la inducción se convirtió en una esquina. Nada, de hecho, puede mostrar mejor tanto las líneas curvas o los cursos de la acción inductiva, perturbados como están desde su forma rectilínea por la forma, posición y condición del hemisferio metálico; y también una tensión Lateral, por así decirlo, de estas líneas una sobre la otra: -todo depende, como lo concibo, en la inducción de ser una acción de las partículas contiguas del dieléctrico, que siendo arrojado a un estado de polaridad y tensión, son en relación mutua por sus fuerzas en todas las direcciones

1225. Como otra prueba de que todas estas acciones fueron inductivas, puedo establecer un resultado que era exactamente lo que se podía esperar, es decir, que si la materia conductora no aislada se aproximaba y se acercaba al extremo excitado de la caparazón, entonces la fuerza inductiva fue dirigido hacia él, y no se pudo encontrar en la parte superior del hemisferio. Al eliminar esta cuestión, las líneas de fuerza reasumieron su dirección anterior. El experimento proporciona pruebas de la tensión lateral de estas líneas y proporciona una advertencia para eliminar dicha materia al repetir la investigación anterior.

1226. Después de estos resultados sobre la acción inductiva curvada en el aire, extendí los experimentos a otros gases, usando primero ácido carbónico y luego hidrógeno: los fenómenos fueron precisamente los ya descritos. En estos experimentos encontré que si los gases estaban confinados en recipientes que requerían ser muy grandes, ya sea de vidrio o de loza, el poder de conducción de tales materiales es tan grande que la inducción del cilindro de laca excitada hacia ellos es tan grande como si fueran de metal; y si los vasos son pequeños, una porción tan grande de la fuerza inductiva se determina hacia ellos que la tensión lateral o repulsión mutua de

las líneas de fuerza antes mencionadas, (1224) por la cual se produce su inflexión, se alivia tanto en otras direcciones, que no se le dará carga inductiva a la bola portadora en las posiciones k, l, m, n, o, p, (figura 110). Un modo muy bueno de hacer el experimento es permitir que grandes corrientes de los gases asciendan o desciendan por el aire y continúen los experimentos en estas corrientes.

1227. Estos experimentos se variaron luego mediante la sustitución de un dieléctrico líquido, es decir, aceite de trementina, en lugar de aire y gases. Un plato de vidrio delgado bien cubierto con una película de shelllac, (1272.) que se encontró por ensayo para aislar bien, tenía un aceite altamente rectificado de trementina puesto en él a una profundidad de media pulgada, y luego se colocaba sobre el la parte superior del hemisferio de latón, (figura 110.) las observaciones se realizaron con la bola portadora como antes (1224). Los resultados fueron los mismos, y la circunstancia de que algunas de las posiciones estuvieran dentro del fluido y algo fuera de él, no hicieron una diferencia sensible.

1228. Por último, utilicé algunos dieléctricos sólidos para el mismo propósito y con los mismos resultados. Estos eran la laca, el azufre, el borato fundido y fundido de plomo, el vidrio de sílex bien cubierto con una película de laca y el espermaceti. Lo siguiente fue la forma de experimentar con el azufre, y todos eran del mismo tipo. Una placa cuadrada de la sustancia, dos pulgadas de extensión y 0.6 de pulgada de grosor, se proyectó con un pequeño orificio o depresión en el medio de una superficie para recibir la bola transportadora. Esto se colocó sobre la superficie de la semiesfera metálica (figura dispuesta sobre la laca excitada como en casos anteriores, y las observaciones se hicieron en n, o, p y q. Se requirió gran cuidado en estos experimentos para liberar el azufre u otro sustancia sólida de cualquier carga que pueda haber recibido previamente. Esto se hizo respirando y limpiando (1203), y la sustancia se encontró

libre de toda excitación eléctrica, luego se utilizó en el experimento, después de lo cual se eliminó y se examinó de nuevo, para asegurarse de que no había recibido ninguna carga, pero que había actuado realmente como un dieléctrico. Con todas estas precauciones los resultados fueron los mismos: y por lo tanto es muy satisfactorio obtener la acción inductiva curva a través de cuerpos sólidos, como cualquier efecto posible de la traducción de partículas cargadas en fluidos o gases, que algunas personas podrían imaginar que es el caso, está aquí totalmente negativamente.

1229. En estos experimentos con dieléctricos sólidos, el grado de carga asumido por la bola portadora en las situaciones n, o, p (figura 112), fue decididamente mayor que el dado al balón en los mismos lugares cuando el aire solo intervino entre él y el hemisferio de metal. Este efecto es consistente con lo que en lo sucesivo se encontrará que son las relaciones respectivas de estos cuerpos, en cuanto a su poder de facilitar la inducción a través de ellos (1269. 1273. 1277).

1230. Podría citar muchas otras formas de experimento, algunas antiguas y otras nuevas, en las cuales tiene lugar la inducción en líneas curvas o distorsionadas, pero piensa que es innecesario después de los resultados precedentes; Por lo tanto, mencionaré dos. Si un conductor A, (figura 111.) se electrifica, y una bola metálica no aislada B, o incluso una placa, siempre que los bordes no sean demasiado delgados, se debe sostener antes, un pequeño electrómetro en c o en d, sin aislar, dará señales de electricidad, opuestas en su naturaleza a la de A, y por lo tanto causadas por inducción, aunque los cuerpos influyentes e influenciados no pueden unirse por una línea derecha que pasa por el aire. O si los electrómetros se eliminan, un punto se fija en la parte posterior de la bola en su estado no aislado como en C, este punto se volverá luminoso y descargará el conductor A. Se describe El último experimento es descrito por Nicholson *, quien,

sin embargo, razona erróneamente sobre él. En cuanto a su introducción aquí, aunque es un caso de descarga, la descarga está precedida por inducción, y esa inducción debe ser en líneas curvas.

1231. Como argumento en contra de la teoría de la inducción recibida y en favor de lo que me he atrevido a proponer, T no puede ver cómo se pueden evitar los resultados anteriores. Los efectos son claramente inductivos producidos por la electricidad, no en corrientes sino en su estado estático, y esta inducción se ejerce en líneas de fuerza que, aunque en muchos experimentos pueden ser rectas, se curvan más o menos según las circunstancias. Utilizo el término línea de fuerza inductiva meramente como un modo convencional temporal de expresar la dirección del poder en casos de inducción; y en los experimentos con el hemisferio (1224), es curioso ver cómo, cuando ciertas líneas han terminado en la superficie inferior y el borde del metal, las que estaban antes laterales a ellas se expanden y se abren una hacia la otra, algunas doblándose y terminando su acción en la superficie superior del hemisferio, y otros encontrándose, por así decirlo, arriba en su progreso hacia afuera, uniendo sus fuerzas para dar una carga incrementada a la bola portadora, a una distancia incrementada de la fuente de poder e influyendo entre sí para provocar una segunda flexión en la dirección contraria con respecto a la primera. Todo esto me parece para probar que toda la acción es una de partículas contiguas, relacionadas entre sí, no meramente en las líneas que pueden ser concebidas para formarse a través de la electricidad, entre las superficies inductora e inducida (1483). , pero en otras direcciones laterales también. Esto es lo que da un efecto equivalente a una repulsión o expansión lateral en las líneas de fuerza de las que he hablado, y permite que la inducción gire en una esquina (1304.). El poder, en lugar de ser como el de la gravedad, que hace que las partículas actúen entre sí a través de líneas rectas, cualesquiera otras partículas que puedan estar entre ellas, es más análogo al de una serie de agujas magnéticas, o al estado de las partículas se considera que forma el conjunto de un imán

recto o curvo. De modo que, de cualquier forma que lo mire, y con gran sospecha de la influencia de las nociones favoritas sobre mí, no puedo percibir cómo la teoría ordinaria aplicada para explicar la inducción puede ser una representación correcta de ese gran principio natural de la acción eléctrica.

1232. He tenido ocasión de describir las precauciones necesarias en el uso del aparato inductivo, para referirme a uno fundado en la inducción en líneas curvas (1203.); y después de los experimentos ya descritos, se verá fácilmente la gran influencia que el tallo de la caparazón puede ejercer sobre la carga del bola portadora cuando se aplica al aparato (1218.), a menos que se tenga en cuenta esta precaución.

1233. Creo oportuno, a continuación, en el curso de estas investigaciones experimentales, describir algunos efectos debidos a la conducción, obtenidos con cuerpos tales como el vidrio, lac, azufre, etc., que no habían sido anticipados. Entendidos, nos harán conocer ciertas precauciones necesarias para investigar la gran cuestión de la capacidad inductiva específica.

1234. Uno de los aparatos inductivos ya descritos (1187, & c-) *ûa* (es decir, una copa hemisférica de concha-laca introducida, que estando en el intervalo entre la esfera interior y el hemisferio inferior, ocupaba casi el espacio allí, en consecuencia, cuando el aparato se cargó, la laca era el medio dieléctrico o aislante a través del cual la inducción tuvo lugar en esa parte. Cuando este aparato se cargó por primera vez con electricidad (1198) hasta una cierta intensidad, como 400 °, medido por el electrómetro de COULOMB (1180 .), se hundió mucho más rápido desde ese grado que si se hubiera cargado previamente a un punto más alto, y hubiera caído gradualmente a 400 °, o de lo que sería si la carga se elevara nuevamente a 400 por una segunda aplicación. °: todo lo demás permanece igual. De nuevo, si después de haber sido cargado durante algún tiempo, como quince o veinte minutos, se descargó repentina y perfectamente, incluso si el

vástago le quitara toda la electricidad (1203.), entonces el aparato siendo dejado a en sí, recuperaría gradualmente una carga, que en nueve o diez minutos se elevaría hasta 50 ° o 60 °, y en un caso a 80 °.

1235. La electricidad, que en estos casos volvía de un estado aparentemente latente a uno sensible, era siempre del mismo tipo que la que le había dado la acusación. El retorno tuvo lugar en ambas superficies inductoras; porque si después de la descarga perfecta del aparato, el todo estaba aislado, cuando la bola interna se reanudaba en un estado positivo, la esfera externa adquiriría una condición negativa.

1236. Este efecto se distinguió a la vez del producido por el tallo excitado que actúa en líneas curvas de inducción (1203. 1232.), por la circunstancia de que toda la electricidad devuelta podía ser descargada perfecta y instantáneamente. Parecía depender de la shell-lac dentro, y ser, de alguna manera, 2c2 debido a la electricidad producida a partir de ella a consecuencia de una condición previa en la que había sido provocada por la carga de los revestimientos metálicos o bolas.

1237. Para examinar este estado con mayor precisión, el aparato, con la copa semiesférica de la carcasa-lac, se cargó durante unos cuarenta y cinco minutos por encima de 600 ° con electricidad positiva en las bolas hy B. (figura 104).) arriba y dentro. Fue entonces, descargado, abierto, el shell-lac sacado, y su estado examinado; esto se hizo llevando la bola del portador cerca del caparazón, la aisló, aisló y luego observó qué carga había adquirido. Como sería una carga por inducción, el estado de la bola indicaría el estado opuesto de electricidad en esa superficie del caparazón que la había producido. Al principio, el lac apareció completamente libre de cualquier cargo; pero gradualmente sus dos superficies asumieron estados opuestos de electricidad, la superficie cóncava, que había sido la siguiente bola interna y positiva, asumiendo un estado

positivo, y la superficie convexa, que había estado en contacto con la capa negativa, adquiriendo un estado negativo; estos estados aumentaron gradualmente en intensidad durante algún tiempo.

1238. Como la acción de retorno era evidentemente mayor inmediatamente después de la descarga, volví a unir el aparato y lo cargué durante quince minutos como antes, la bola interna de forma positiva. Luego lo descargué, quitando al instante el hemisferio superior con la bola interior, y, dejando la copa concha en el hemisferio inferior sin aislar, examiné su superficie interna por la bola portadora como antes (1237 -) - 1 h de esta manera encontré el superficie de la carcasa-lac realmente negativa, o en el estado inverso a la bola que había estado en ella; este estado desapareció rápidamente, y fue sucedido por una condición positiva, aumentando gradualmente en intensidad durante un tiempo, de la misma manera que antes. La primera condición negativa de la superficie opuesta a la bola de carga positiva es una consecuencia natural del estado de cosas, la bola de carga está en contacto con el caparazón solo en unos pocos puntos. No interfiere con el resultado general y el estado peculiar ahora bajo consideración, excepto que ayuda a ilustrar de una manera muy marcada la suposición final de las superficies del casco de una condición electrificada, similar a la de las superficies metálicas opuestas. a contra o contra ellos.

1239. Glass fue examinado con respecto a su poder de asumir este peculiar estado. Tenía una copa semiesférica de vidrio flint formada, que encajaría fácilmente en el espacio del hemisferio inferior (1188. 1189.); se había calentado y barnizado con una solución de laca de shell en alcohol, con el fin de destruir la potencia de conducción de la superficie vítrea (1254). Después de haber estado bien calentado y experimentado, encontré que también podría asumir el mismo estado, pero aparentemente no en el mismo grado, la acción de retorno asciende en diferentes casos a cantidades de 6 ° a 18 °.

1240. Spermaceti experimentó de la misma manera dio resultados sorprendentes. Cuando la carga original se había mantenido durante quince o veinte minutos a aproximadamente 500° , la carga de retorno era igual a 95° o 100° , y tardaba unos catorce minutos en llegar al efecto máximo. Una carga continuada durante no más de dos o tres segundos fue reemplazada por una carga de retorno de 50° o 60° . Las observaciones hechas anteriormente (1234.) se mantuvieron buenas con esta sustancia. Spermaceti, aunque aislará una carga baja durante un tiempo, es un mejor conductor que laca, el vidrio y el azufre; y este poder conductor está conectado con la disposición con la que exhibe el efecto particular bajo consideración.

1241. Sulphur.-Estaba ansioso por obtener la cantidad de efecto con esta sustancia, primero, porque es un excelente aislante, y en ese sentido ilustraría la relación del efecto con el grado de poder conductor que posee el dieléctrico (1247.); y en el siguiente lugar, que podría obtener ese cuerpo dando el grado más pequeño del efecto ahora bajo consideración, para la investigación de la cuestión de la capacidad inductiva específica (1277).

1242. "Con una buena copa hemisférica de azufre sólida y sólida, obtuve la carga de retorno, pero solo en una cantidad de 17° o 18° . Por lo tanto, el vidrio y el azufre, que son conductores corporales muy malos de la electricidad, y de hecho casi aisladores perfectos, dieron muy poco de este cargo de devolución.

1243. Probé el mismo experimento teniendo aire solo en el aparato inductivo. Después de una carga alta y continua durante algún tiempo, pude obtener un pequeño efecto de la acción de retorno, pero finalmente se remontaba al borde del tallo.

1244. Intenté producir algo así como este estado con una sola energía eléctrica y sin "inducción" para la teoría de un fluido eléctrico o fluidos, que no parecía imposible, y entonces debería haber

obtenido una carga absoluta (1169. 1177-)> o algo equivalente a esto. En esto no pude tener éxito. He excitado el exterior de un cilindro de shell-lac muy alto durante un tiempo, y luego lo descargué rápidamente (1203.), esperé y observé si cualquier carga de retorno lo haría aparecer, pero ese no fue el caso. Este es otro hecho a favor de la inseparabilidad de las dos fuerzas eléctricas (1177 -) y otro argumento para la opinión de que la inducción y sus fenómenos concomitantes dependen de la apolaridad de las partículas de la materia.

1245. Aunque al principio me he sentido inclinado a referir estos efectos a una peculiar condición enmascarada de una cierta porción de las fuerzas, creo que desde entonces los he rastreado correctamente a los principios conocidos de la acción eléctrica. Los efectos parecen deberse a una penetración real de la carga a cierta distancia dentro de la electricidad, en cada una de sus dos superficies, por lo que llamamos conducción; de modo que, para usar la frase corriente, las fuerzas eléctricas que sostienen la inducción no están solamente en las superficies metálicas, sino también dentro y dentro del dieléctrico, extendiéndose a una profundidad mayor o menor desde los revestimientos metálicos. Deje c (figura 113.) ser la sección de una placa de cualquier dieléctrico, siendo a y b los recubrimientos metálicos; no se aíse, y se cargará positivamente j después de diez o quince minutos, si a y b se descargan, aíslan e inmediatamente se examinan, no aparecerá electricidad en ellos; pero en poco tiempo, en un segundo examen, aparecerán cargados de la misma manera, aunque no en el mismo grado, como lo fueron al principio. Ahora supongamos que una porción de la fuerza positiva, bajo la influencia de coerción de todas las fuerzas involucradas, penetró el dieléctrico y tomó su lugar en la línea p, una porción correspondiente de la fuerza negativa también asumió su posición en la línea n ; que, de hecho, la electricidad en estas dos partes se ha vuelto positiva y negativa; entonces está claro

que la inducción de estas dos fuerzas será mucho mayor una hacia la otra, y menos en una dirección externa, ahora que están a la distancia $n p$ entre sí, que cuando estaban en el intervalo más grande $a b$. Entonces deje que a se descarguen; la descarga destruye o neutraliza toda inducción externa, y los recubrimientos se encuentran, por lo tanto, por la bola del transportador no electrificada; pero también elimina casi la totalidad de las fuerzas por las cuales la carga eléctrica fue conducida al dieléctrico, y aunque probablemente una parte de esa carga avance en su paso y termine en lo que llamamos descarga, la mayor porción regresa en su curso al superficies de r ., y consecuentemente a los conductores a y b , y constituye la recarga observada.

1246. El siguiente es el experimento en el que descanso por la verdad de este punto de vista. Dos placas de spermaceti, d y f (figura 1H.), Se juntaron para formar el dieléctrico, siendo a y e los recubrimientos metálicos de esta placa compuesta, como antes. El sistema se cargó, luego se descargó, se aisló, se examinó y se encontró que no daba indicaciones de electricidad a la bola del portador. Las placas d y f se separaron una de la otra, y al instante a con d se encontraron en un estado positivo, y b con e en un estado negativo, casi toda la electricidad está en los revestimientos a y e . Por lo tanto, está claro que, de las fuerzas buscadas, lo positivo estaba en la mitad de la placa compuesta y la negativa en la otra mitad; porque cuando se separaban físicamente con las placas de la influencia inductiva de cada uno, aparecían en lugares separados, y se reasumía por necesidad su poder de actuar por inducción en la electricidad de los cuerpos circundantes. Si el efecto hubiera dependido de una relación peculiar de las partículas contiguas de materia solamente, entonces cada media placa, d y e , debería haber mostrado fuerza positiva en una superficie y negativa en la otra.

1247. Por lo tanto, parece que los mejores aislantes sólidos, como el shell-lac, el vidrio y el azufre, tienen propiedades conductivas en tal medida que la electricidad puede penetrar en ellos

físicamente, aunque siempre sujetos a la condición de inducción de la inducción (1178.) En cuanto a la profundidad a la que las fuerzas penetran en esta forma de carga de las partículas, teóricamente, debería estar en toda la masa, por lo que la carga del metal hace por la parte del dieléctrico que está a su lado, debe ser hecha por la carga dieléctrico para la porción siguiente más allá de nuevo; pero probablemente en los mejores aislantes la carga sensible sea a una profundidad muy pequeña solo en el dieléctrico, ya que de lo contrario desaparecería más en el primer caso mientras se mantiene la carga original, se requeriría menos tiempo para la suposición del estado particular, y más electricidad volvería a aparecer como chai'ge de retorno.

1248. La condición de tiempo requerida para esta penetración de la carga es importante, tanto en lo que respecta a la relación general de los casos con la conducción, como a la eliminación de una objeción que de otro modo podría elevarse a ciertos resultados respetando capacidades inductivas específicas. que debe darse (1269. 1277.).

1249. Se supone por un tiempo de este estado cargado del vidrio entre los revestimientos en el frasco de Leyden, lo que da origen a un fenómeno bien conocido, generalmente referido a la difusión de electricidad sobre la porción no recubierta del vidrio, concretamente , la carga residual. La magnitud de la carga que puede ser recuperada espontáneamente por una batería grande, después de una perfecta separación de ambas superficies, es muy considerable, y con mucho, la mayor parte de esto se debe al retorno de la electricidad de la manera descrita. Una placa de seis pulgadas cuadradas y media pulgada de grosor, o una placa similar de espermaceti de una pulgada de grosor, recubierta por los lados con papel de aluminio como un arreglo Leyden, mostrará este efecto muy bien.

1250. La condición peculiar de los dieléctricos que ahora se ha descrito, es evidentemente capaz de producir un efecto que interfiere con los resultados y conclusiones extraídos del uso de los dos

aparatos inductivos, cuando shell-lac, glass, & c. se usa en uno o en ambos, de ellos (1192. 1207-); porque al dividir la carga en tales casos de acuerdo con el método descrito (1198. 1207-), es evidente que el aparato que acaba de recibir su mitad de carga debe caer más rápido en su tensión que el otro. Para suponer aplicación yo. primero cargado, y la aplicación ii. solía dividirse con eso; aunque ambos realmente pueden perder igual, pero la aplicación. i., que se ha reducido a la mitad, se mantendrá con un cierto grado de acción de retorno o carga (1234.), mientras que la aplicación. ii. se hundirá más rápidamente desde la llegada del estado particular. Me he esforzado por evitar esta interferencia realizando todo el proceso de comparación lo más rápido posible y tomando la fuerza de la aplicación. ii. inmediatamente después de la división, antes de que pueda producirse una disminución sensible de la tensión derivada de la asunción del estado peculiar; y lo he asumido como aproximadamente tres minutos pasados entre la primera carga de la aplicación. yo. y la división, y tres minutos entre la división y la descarga, cuando se mide la fuerza de la electricidad no transferible, las tendencias contrarias para esos períodos mantendrían ese aparato en una condición moderadamente estable y uniforme durante la última parte del tiempo.

1251. La acción particular descrita se produce en la coraza de los tallos, así como en el dieléctrico utilizado dentro del aparato. Por lo tanto, constituye una causa por la cual el exterior de los tallos puede cargarse con electricidad en algunas operaciones, independientemente de la acción del polvo o partículas que transportan (1203.).

Traducción del texto experimental researches in electricity serie 11 apartado iv