

**LA EXTINCIÓN Y EL PERSISTENTE RENACIMIENTO DE LAS TEORÍAS DEL
ÉTER.**

AUTORA: ANYI LORENA VALENCIA PLAZAS

ASESOR: JUAN CARLOS OROZCO CRUZ

PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE LICENCIATURA EN FÍSICA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE FÍSICA-LÍNEA DE PROFUNDIZACIÓN ENSEÑANZA

DE LA FÍSICA Y LA RELACIÓN FÍSICA- MATEMÁTICA.

2019

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL Renovando la educación	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 5	

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado.
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central.
Título del documento	La extinción y el persistente renacimiento de las teorías del éter.
Autor(es)	Valencia Plazas, Anyi Lorena.
Director	Orozco Cruz, Juan Carlos.
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2019. 77 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional.
Palabras Claves	TEORÍAS DEL ÉTER; HISTORIA DE LA FÍSICA; PROPAGACIÓN; ACCIÓN FÍSICA; FENÓMENOS FÍSICOS; ESTUDIO HISTÓRICO; ENSEÑANZA DE LA FÍSICA.

2. Descripción
Es un trabajo de investigación que analiza la propagación de la acción física, el surgimiento, permanencia, muerte y restauración de las teorías del éter, a la luz de un estudio histórico crítico y recopilación de originales, cartas, conferencias y artículos. Este asunto, condujo al origen de arduos trabajos de investigación y sobre todo fue el principal paradigma de la ciencia del siglo XIX. La forma en que los físicos resuelven de manera más satisfactoria el problema de la transmisión de la acción física es postulando la existencia de un medio por el cual es posible sustentar la propagación. En este camino, se ubican puntos históricos donde las teorías del éter son reformadas, y de la misma manera evolucionan con el fin de brindar explicaciones satisfactorias a los fenómenos físicos. A su vez, se visibiliza como la reconstrucción histórica promueve la producción de conocimiento científico y potencia, de esta manera, la enseñanza de la física.

3. Fuentes
Es indispensable traer a locución dos documentos que hacen un buen recuento historiográfico de las teorías del éter: 1. SHAFFNER, KENNETH, (1972), Theories of the Ether in the nineteenth century, Pergamon Press, New York. 2. CONRAD RANZAN, (2008), A Compendious Summary and Chronology of the Aether Theorie. Ahora bien, las siguientes fuentes dan cuenta del impacto de la historia en la enseñanza de la física, y reflejan la postura de diferentes autores respecto a las teorías del Éter, siendo las principales motivadoras del trabajo: 3. CASSINI, A., & LEVINAS, L. (2005). La reinterpretación radical del experimento de Michelson-Morley por la relatividad especial

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <i>Enseñanza de la Pedagogía</i>	FORMATO	
RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE		
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 2 de 5	

4. CASSINI, L., & LEVINAS, M. (2009). El éter relativista: un cambio conceptual inconcluso.
5. ANTONIO LAFUENTE, (1978). La hipótesis del éter en España. Facultad de medicina Universidad complutense Madrid.
6. MARÍA MERCEDES AYALA, (2004). Los análisis históricos críticos y la re-contextualización de saberes científicos. Facultad de ciencia ay tecnología Universidad pedagógica nacional de Colombia.
7. 5.MARGARET MORRISON, (28 de enero de 2000). Teorías científicas unificadoras: conceptos físicos y estructuras matemáticas.
8. SONIA KRAPAS (2008). El Tratado sobre la Luz de Huygens y su transposición didáctica en la enseñanza introductoria de Óptica.

Y, por ultimo las fuentes documentales primarias ya que se basan en una recopilación de originales, cartas, conferencias y artículos:

9. CHRISTIAAN HUYGENS, (1690). Traité de la Lumière: retrospección sobre el surgimiento de la teoría ondulatoria.
10. AGUSTÍN FRESNEL (1818). Primera memoria sobre la difracción de la luz.
11. GABRIEL STOKES (1845). Sobre la aberración de la luz.
12. JEAN EISENSTADT (2015). Antes de Einstein: relatividad, luz y gravitación.
13. FARADAY (1846). Acerca de la estructura del éter y la naturaleza de la acción a distancia.
14. MICHELSON Y MORLEY (1887). Sobre el movimiento relativo de la tierra y el éter luminífero.
15. LORENTZ (1825). Treatise on Electrical and Magnetic Phenomena in Moving Bodies.
16. EINSTEIN (1905). Sobre un punto de vista heurístico concerniente a la producción y transformación de la luz.
17. EINSTEIN (1905). Depende la masa inercial de la energía.
18. EINSTEIN (1920). El éter y la teoría de la relatividad
19. LUIS SANZ (2006). La física del éter.
20. JOSÉ AHUMADA, MARZIO PANTALONE Y VÍCTOR RODRÍGUEZ (2006). Epistemología e historia de las ciencias.

4. Contenidos

CAPITULO I. CONCEPCIONES PRELIMINARES

El primer capítulo se ocupa de identificar la necesidad de involucrar los estudios históricos en la enseñanza de la física, para así promover la producción de conocimiento científico. Se describe el problema o problemas de investigación, objetivos, justificación, antecedentes, marco teórico, metodología y en general esboza una imagen de la necesidad de reconocer, de una manera más profunda, la historia de las teorías del éter.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <i>Resistencia al cambio</i>	FORMATO	
RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE		
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 3 de 5	

CAPITULO II: ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El segundo capítulo despliega todo un análisis histórico de las teorías del éter, teorías que resuelven de diferentes maneras el problema de la acción a distancia y la aberración estelar. Se presentan los momentos cruciales de cambio y transformación de las teorías, vislumbrando la postura de los precursores de la teoría ondulatoria, ante los fenómenos radiantes. Se contrastan diferentes teorías y al mismo tiempo se presentan soluciones en relación con la hipótesis más satisfactoria en el momento. Para ello se pone de presente la postura de: Fresnel, Stokes, Maxwell, Faraday y la aparente muerte del éter con la interpretación de Lorentz acerca del experimento de Michelson y Morley.

CAPITULO III: NACE LA TEORIA DE LA RELATIVIDAD ESPECIAL, PERO MUERE EL ÉTER Y RESUCITA EN LA TEORIA GENERAL DE LA RELATIVIDAD

El tercer capítulo se acerca a una aproximación de cómo trasciende y cambia el paradigma de la física. El coeficiente de contracción de Lorentz y la predilección del éter como marco de referencia privilegiado, forman parte de una pre-relatividad especial que da paso a la aparente muerte del éter. Revolucionando la manera de ver el espacio y consecuentemente, situando un éter inanimado e inútil en la explicación de la teoría de la relatividad especial de Albert Einstein. Donde, debido a la evolución misma de esta teoría, años más tarde el éter resucita en la teoría general de la relatividad y los problemas de la física moderna recaen justo en los terrenos de las teorías del éter.

5. Metodología

La elaboración del presente trabajo de investigación se realizó en tres fases. En primera medida: el acopio documental. Dentro del cual se encuentran las fuentes primarias, incluyendo: originales no interpretados, revistas, artículos, conferencias y cartas. Así mismo, la información no solo se deriva de originales sino del análisis y comprensión de otros historiadores, como en el caso de Cassini y Levinas o Antonio La fuente, quienes analizan algunos de los originales, y, construyen una serie de reflexiones que se desprenden de un estudio histórico sobre las teorías del éter en el siglo XIX, reflexiones que comparto y complemento. Por consiguiente, un análisis documental que conlleva a establecer la relación entre estas reflexiones y el significado de las teorías físicas de finales del siglo XIX. Y, por otra parte, se analizan los problemas comunes que involucran estas consideraciones con la enseñanza de la física.

6. Conclusiones

Es necesario incluir en la enseñanza de la física los estudios históricos. Para así tener un mejor manejo de los contenidos disciplinares, un manejo más contextualizado y menos metódico.

El estudio detallado de las teorías del éter lleva a un entendimiento profundo de la física, lo que involucra analizar cómo surge el conocimiento y rememorar cada movimiento en la construcción de hipótesis, ideas.

Realizar la reconstrucción histórica de las teorías del éter permite entender los momentos y autores

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL Revolución de la Educación	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 4 de 5	

cruciales en la historia de la física. Demarca los lapsos de trascendencia y sobre todo los paradigmas que surgen entre una teoría científica y otra.

El éter pasa por una serie de etapas y transformaciones que incluyen reconocer la física, en primera medida los fenómenos radiantes y el fenómeno de aberración fueron contundentes en la manera de aceptar cuál de las hipótesis del éter era la más conveniente.

El éter es un objeto real durante el siglo XIX y las teorías del éter no estuvieron guiadas en construir una prueba verídica de su existencia, más bien, las diferentes teorías del éter fueron el solvento de la acción física de los fenómenos.

El éter luminífero y la confrontación entre la teoría del arrastre parcial y total del éter, complementa la explicación del fenómeno de aberración.

El éter pasa de ser transmisor de la acción física a una entidad física que debe cumplir con las propiedades mecánicas y complementar satisfactoriamente la teoría de la luz y el electromagnetismo.

El experimento de Michelson y Morley tuvo una explicación satisfactoria al acoger el coeficiente de contracción de Lorentz y en general, los experimentos de la época solo buscaban establecer cuál de las teorías tendría mejor acogida.

La interpretación del experimento de Michelson y Morley bajo la teoría de la Relatividad Especial logra desenredar y superar cualquier hipótesis del éter. Y, Einstein bajo la consolidación de su teoría no ve necesario acudir a las hipótesis de éter.

Con el surgimiento de la teoría de la Relatividad General, Einstein ve necesario involucrar un éter que adquiere características de forma y dimensión, así como el espacio-tiempo es descrito por equipotenciales gravitatorios.

Estudiar el cambio conceptual del éter implica realizar una aproximación amplia a las teorías, ya que el cambio presupone adiciones, enriquecimiento y reestructuración de las hipótesis y ello remite a todo un proceso en el conocimiento.

El éter es más que un objeto que agonizó en la física. Es un objeto que vivió en la física y que resucita constantemente en la física moderna. El éter de la relatividad general y de la cuántica, nace bajo algunas de las particularidades que no lograron explicar las teorías clásicas.

Es un error desligar de manera radical la enseñanza de la física con la historia de la física por lo que es conveniente elaborar estrategias y herramientas que incluyan la historia de las ciencias en los currículos.

Elaborado por:	Valencia Plazas, Anyi Lorena.
Revisado por:	Orozco Cruz, Juan Carlos.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL Escuela de Pedagogía	FORMATO		
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE		
Código: FOR020GIB	Versión: 01		
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 5 de 5		

Fecha de elaboración del Resumen:	10	11	2019
--	----	----	------

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	4
CAPÍTULO I.....	9
CONCEPCIONES PRELIMINARES	9
1.1. Planteamiento del problema.....	9
1.2. Objetivos.....	12
1.2.1 Objetivo general:	12
1.2.2 Objetivos específicos:	12
1.3 Justificación	13
1.4 Antecedentes	15
1.5 Marco teórico	18
1.6 Diseño metodológico.....	21
1.6.1 Tipo de Investigación	22
CAPÍTULO II.....	24
ANTECEDENTES HISTÓRICOS	24
2.1 LOS PRECURSORES DE LA TEORÍA DE LA LUZ COMO ONDA	24
2.1.1 Christiaan Huygens - Traité de la lumiere 1690	24
2.1.2 Las observaciones de Bradley-1725	30
2.2 LA CONTUNDENCIA DE LA TEORÍA ONDULATORIA DE LA LUZ	33
2.2.1 Augustin Fresnel: “Primera memoria sobre la difracción de la luz”- 1818	33

2.2.2 Gabriel Stokes: “sobre la aberración de la luz”- 1845.	35
2.3 OTRA POSTURA INFLUYENTE Y SIN RESTRICCIONES	43
2.3.1 Acerca de la estructura del éter y la naturaleza de la acción a distancia Faraday-15 de abril de 1846.	43
2.4 MUY CERCA DE LA APOTEÓSICA RESIGNACIÓN.....	49
2.4.1 Michelson y Morley: sobre el movimiento relativo de la tierra y el éter luminífero-1887.....	49
CAPÍTULO III	57
NACE LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD ESPECIAL, PERO MUERE EL ÉTER Y RESUCITA EN LA TEORÍA GENERAL DE LA RELATIVIDAD.....	57
3.1 La teoría de la relatividad especial y la aparente muerte del éter.	57
3.2 El éter y la teoría de la relatividad (Alocución realizada el 5 de mayo de 1920 en la Universidad de Leyden).	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
DEDICATORIA	77

INTRODUCCIÓN

Nada resulta más ilustrativo del tránsito del siglo XIX al XX que el cambio radical que se experimentó en el contexto de las ciencias físicas. Por una parte: la teoría de la relatividad, que nos habla de lo cósmico, una idea de que el universo es mucho más vasto y complejo de lo que se pensaba y que obedece a un tipo de leyes que a veces se desconocen. Leyes descritas por una compleja evolución matemática centrada en la demostración de teoremas. Leyes que llevan consigo un caótico lenguaje, que describe la ciencia del tercer milenio.

Para algunos, la teoría de la Relatividad sustituye, en cierta parte a la mecánica clásica, la mecánica de Newton, quien estableció la ley de gravitación universal para explicar la atracción gravitatoria entre dos cuerpos con masa. Para otros la teoría de la Relatividad es justo el complemento de la mecánica clásica.

En las leyes de Newton está implícito el principio de relatividad de Galileo y se basa en el concepto de fuerza. Y, para definir la ley de gravitación universal se ve necesario explicar el concepto de la interacción a distancia, esta acción a distancia parecía algo mágico en la teoría de Newton, ya que no hay un vehículo que transmita la acción física. Este problema lo cita Newton en la carta que escribe al teólogo Richard Bentley, y dice:

“Es inconcebible que la materia bruta inanimada, sin la mediación de algo que no sea material, influya y afecte a otra materia sin contacto mutuo; como debe ser la gravitación en el sentido de Epicuro es esencial e inherente a la materia, de modo que cualquier cuerpo pueda actuar sobre otro a distancia, a través del vacío, sin la mediación de algo más, a través de lo cual pueda conducirse la acción y la fuerza, es para mí un absurdo tan grande que no creo que exista un hombre con la facultad de pensamiento sobre materias filosóficas que pueda creer en ello. La gravedad debe estar causada por un

agente que actúa constantemente según ciertas leyes, pero el hecho de que este agente sea material o inmaterial, lo dejo a consideración de mis lectores”(Newton, 1693).

Newton, acepto el hecho de que la acción física es transmitida a través del tiempo, y por ende a través del espacio, intento buscar una causa mecánica para explicar su ley, donde el protagonismo del medio en el espacio perdura por casi un siglo en la física. Hasta comienzos del siglo XX en que Einstein le da un giro a los paradigmas de la ciencia del siglo XIX. La relatividad amplía y explica la teoría electromagnética de Maxwell, y la luz como una onda electromagnética.

La propagación de la acción física, ha sido, en la historia de la física, un asunto que ha conducido al origen de arduos trabajos de investigación y sobre todo el principal paradigma de la ciencia del siglo XIX. Y, como fenómeno de la física, la propagación está asociada a la conducción de ondas desde un dado punto en el espacio a otro diferente. El fundamento físico de la propagación dependerá del medio por el cual sea transmitida la acción física, y, es esta idea, la que condujo a la comunidad científica del siglo XIX a grandes avances tanto teóricos como experimentales en el campo de la física.

Ahora bien, la forma en que los físicos del siglo XIX resuelven de manera más satisfactoria, este problema fundamental, es postulando la existencia de un medio por el cual es posible sustentar la propagación de la acción física. Este medio se denomina: éter. Las teorías del éter solventan por muchos años la explicación de la naturaleza de la luz y de gran parte de los fenómenos físicos. El éter es el fundamento de los fenómenos físicos del siglo XIX, la necesidad de explicar cómo se produce la acción física, supera, en la primera mitad del siglo, la misma naturaleza de los fenómenos y sustenta en muchos casos, las explicaciones fenomenológicas de la ciencia.

Destacar en términos de como el éter adquiere y modifica muchas de sus propiedades, en la medida en que se requiere dar cuenta de una acción física, complejiza y diversifica la

caracterización de nuevos fenómenos que desbordan la mecánica. Y, a su vez dichas propiedades han de ser complementarias o contradictorias en momentos específicos. Como, por ejemplo: el éter es perfectamente rígido, es una sábana que se extiende por todo el espacio y permea los objetos, el éter es el encargado de la transmisión de la acción física, es un marco referencial privilegiado, tiene una densidad incalculable, evita totalmente la acción a distancia; entre otras.

James Clerk Maxwell aclara la función del éter en la propagación de la luz, asignándole propiedades mecánicas, y, partiendo de la teoría de ondas vigente. Esto lo presenta en la sexta parte de su artículo “Teoría electromagnética de la luz” y dice lo siguiente:

“Si adoptamos la forma de la teoría ondulatoria de Fresnel, la mitad de la energía en este medio está en la forma de energía potencial, debido a la distorsión de las porciones elementales, y la otra mitad está en la forma de energía cinética, en virtud del movimiento del medio. Podemos por lo tanto concebir el éter como poseyendo elasticidad similar a aquélla de un cuerpo sólido, y como teniendo también una densidad finita.” (*ÉTER Maxwell*, n.d.)

En parte, la necesidad de caracterizar al éter, permitía establecer cuál de los diferentes modelos mecánicos e hipótesis de acción de éter resultaban ser los más compatibles, esencialmente la confrontación entre dos teorías, la teoría de Stokes y Fresnel en la que ambos se ocupaban de sustentar el fenómeno de aberración estelar. Maxwell, asumiendo como válida la teoría del éter de Fresnel se ocupa de que mecanizar al éter para así poder dar cuenta de la acción física y los fenómenos radiantes.

En esencia, la física de mediados del siglo XIX se encargó de dos asuntos: ¿Cuál es el sustento de la acción física? y ¿Cómo se transmite?, eso quiere decir que la mayoría de los experimentos y demostraciones no estuvieron guiados entorno a la existencia del éter. Por el

contrario, el camino fue la búsqueda de la hipótesis más conveniente, la hipótesis que resultara más satisfactoria ante los fenómenos físicos que iban surgiendo.

Ahora bien, pareciera que el exitoso proceso de formalización del lenguaje físico-matemático desarrollado durante el último cuarto del siglo XIX y la primera mitad del siglo XX, alcanza un estadio donde se modifica sustancialmente la naturaleza y papel del éter, incluso llegando a prescindir de él.

En este trabajo se exponen las teorías del éter que están presentes a lo largo de la física, y, así mismo, persisten en momentos en los que la física tiende a transformarse. Los grandes físicos del siglo XIX abordan, cada uno una concepción particular o compartida de lo que es la física del éter, concepciones que se presentarán a lo largo del documento, partiendo del análisis y estudio de originales.

Inherentemente, reconstruir las teorías del éter es reconstruir historia de la física del siglo XIX, en particular la crisis a la que se ve abocada la mecánica newtoniana, lo que conlleva a un entendimiento de los fenómenos menos superficial, ya que es necesario comprender cómo se produce el conocimiento y considerar como pensaban los científicos de la época.

Esta tarea de reconstrucción implica acudir algunos de los textos en los que los protagonistas de estos desarrollos se refieren de manera explícita al problema que nos ocupa. Para llevar a cabo este ejercicio de reconstrucción, el trabajo conlleva un ejercicio de análisis de originales, cartas y artículos. El primer capítulo se ocupa de identificar la necesidad de involucrar los estudios históricos en la enseñanza de la física para así promover la producción de conocimiento científico. El segundo, despliega todo un análisis histórico de las teorías del éter, teorías que resuelven de diferentes maneras el problema de la acción a distancia y la aberración estelar. Por último, acerca de cómo trasciende y cambia el paradigma de la física. Revolucionando la manera de ver el espacio y consecuentemente, situando un éter inanimado e inútil en la explicación de nuevas teorías. Y, debido a la evolución misma de esas teorías, años más tarde

el éter resucita y los paradigmas de la física moderna recaen justo en los terrenos de las teorías del éter¹

¹ La trascendencia de las teorías del éter tiene gran impacto en la actualidad. Por lo que se realiza un congreso internacional, llamado el éter y la modernidad, desde 2014 en Oxford-Inglaterra. Físicos, historiadores de la ciencia y filósofos son invitados a presentar sus trabajos acerca del éter. Donde se discute como el éter fue rechazado, modificado y mantenido en la primera mitad del siglo XX y los posteriores intentos de resucitarlo en la física contemporánea (Anónimo, 2017).

CAPÍTULO I

CONCEPCIONES PRELIMINARES

1.1. Planteamiento del problema

Las teorías del éter que se forjaron en las comunidades científicas de diferentes países a lo largo del siglo XIX, impactaron el avance de la ciencia y la física. La necesidad de dar cuenta de la existencia de un medio imprescindible para la acción física es el punto precursor de dichas teorías.

Al indagar acerca de las teorías del éter en los libros de texto, se encuentra comúnmente la relevancia que se le asigna al experimento de Michelson Morley. Un experimento muy importante y famoso. Irónicamente, los libros presentan que el experimento fue fallido y dio nacimiento a la teoría de la relatividad especial lo que es un común denominador en la gran mayoría de ellos, por ejemplo:

Física de Serway - Capítulo 39 Serway- Vol. 2	“Los resultados negativos del experimento de Michelson–Morley no sólo contradijeron la hipótesis del éter, sino que también demostraron que era imposible medir la velocidad absoluta de la Tierra respecto al marco de éter. <u>No obstante, Einstein ofreció un postulado para esta teoría especial de la relatividad, que indica una interpretación diferente sobre estos resultados nulos.</u> En años posteriores, cuando se supo más acerca de la naturaleza de la luz, se abandonó la idea del éter que permea todo.”
	“Michelson y Morley esperaban que el movimiento de la Tierra a través del éter provocara un desplazamiento de las franjas

Física universitaria con física moderna- Vol. 2 -Young Freedman y Sears Zemansky	de alrededor de cuatro décimos de franja cuando se hiciera girar el instrumento. El desplazamiento que se observó en la realidad fue de menos de un centésimo de franja y, dentro de los límites de la incertidumbre experimental, parecía ser exactamente igual a cero. A pesar de su movimiento en órbita alrededor del Sol, la Tierra parecía estar en reposo en relación con el éter. <u>Este resultado negativo hizo que los físicos negaran la existencia del éter y aceptaran a Einstein en 1905 con la teoría de la relatividad especial.</u> ”
Física 1 – Resnick- 4ta Edición. Sección 21.2 Los postulados de la relatividad especial.	“Desde 1881 Michelson y Morley efectuaron una serie de delicados experimentos ópticos para medir la velocidad a la que se mueve la tierra respecto a un supuesto éter. Par su sorpresa, hallan que, dentro de su pequeño error experimental, el resultado era cero. <u>Se llevaron a cabo grandes esfuerzos teóricos hasta finales del siglo XIX para tratar de explicar la existencia del éter, la brillante contribución de Einstein demostró que el concepto de éter era inútil e innecesario.</u> ”

Tabla 1. Concepción del Exp. de Michelson y Morley según los libros de física.

Por lo general, se presenta que el experimento de Michelson y Morley en vez de mostrar la existencia del éter, no produjo ninguna alteración en la velocidad de la luz y, por tanto, ninguno de los efectos que el "viento del éter" tenía que producir. El aparato se comportó como si no hubiese "viento del éter". Este resultado no podía ser explicado por la teoría de ondas.

Y, claro, por consiguiente, se postula la teoría de la relatividad especial por Albert Einstein en 1905 y las teorías del éter afrontan una crisis, que conlleva a los científicos de la época a considerar la hipótesis del éter como punto de vista superado.

Después de esta breve reseña cabe aclarar que existe un problema de tipo narrativo en la historia de las teorías del éter. Una historia que es superficial, y no se ocupa de la problemática real de la época, en principio el experimento de Michelson y Morley no fue realizado para

comprobar la existencia del éter, porque en el siglo XIX el éter era un objeto real. El experimento se ocupó de verificar cuál de las hipótesis del éter era la más conveniente adaptar en la explicación de los fenómenos radiantes, y, por otra parte, la teoría de la relatividad especial no niega en su totalidad la existencia de un medio etéreo, solo lo considera superfluo.

La idea más generalizada es que con la formulación de la teoría especial de la relatividad, ante la evidencia de los resultados del experimento de Michelson y Morley, se elimina el éter del campo de la ontología física, sin embargo, está bien lejos de las evidencias que se desprenden del estudio de los documentos que los físicos elaboran con posterioridad a 1905. En particular, a propósito del significado físico del espacio-tiempo en la TER se pone de presente que el éter no ha muerto, idea que se sustentara más adelante de acuerdo a una conferencia dada por Einstein en 1920.

Ahora bien, de acuerdo con lo anterior el trabajo de investigación gira en torno a tres preguntas. En primera medida: ¿Qué reflexiones se desprenden de un estudio histórico sobre las teorías del éter en el siglo XIX?, por consiguiente, ¿Qué tienen que ver estas reflexiones con el significado de las teorías físicas de finales del siglo XIX? Y, por ultimo ¿Cómo se involucran estas consideraciones con la enseñanza?

De modo que dar a conocer la indispensabilidad de las antiguas teorías del éter, contribuye, de alguna manera, en el desarrollo de trabajos de investigación posteriores al siglo XIX. Y, por otra parte, en los procesos de formación de los estudiantes de Licenciatura en Física, ya que a través del estudio de originales se potencia el desarrollo de competencias histórico-científicas en la enseñanza de la Física. Así, los estudiantes adquieren una cultura histórica para ubicar con precisión los grandes acontecimientos del pasado: autores, teorías, experimentos, prácticas, etc. Y, sus etapas de: estabilidad, transformación, surgimiento y contextualización de las teorías científicas.

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo general:

Hacer una reconstrucción histórica a cerca de las teorías del éter concebidas en el siglo XIX, y la subsistencia de estas teorías en trabajos de investigación posteriores a este periodo.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Crear una narración estructurada cronológicamente, para el entendimiento de las teorías del éter.
- Reconocer el rol que cumple el cambio conceptual del éter, a lo largo del desarrollo de nuevas teorías en la física.
- Exponer las diferentes hipótesis que construyeron los científicos acerca del éter, y su necesidad de modificar este concepto con el surgimiento de la física moderna.
- Presentar la nueva perspectiva que adquiere el éter en la teoría de la relatividad general y la cuántica.

1.3 Justificación

Uno de los ejes de investigación se basa en un estudio de originales, que describan y caractericen las teorías del éter del siglo XIX. Con la finalidad de generar actualización y reconstrucción en el entendimiento de los fenómenos físicos, explicados a través de las teorías del éter. Por ende, la recuperación de dichas teorías brinda un instrumento valioso para el entendimiento histórico de la física. Sobre todo, para entender porque los físicos del siglo XIX, generan un persistente esfuerzo por traducir lo que no es accesible a los sentidos, a imágenes que sean accesibles a los sentidos.

La física como cualquier actividad humana cambia con el tiempo, destacados investigadores y filósofos analizan esos cambios y afirman que mucho de lo descrito por las teorías científicas no es esencialmente definitivo, es recomendable recurrir a la historia con el fin de generar nuevos conocimientos. Por ejemplo, Isaac Newton en el último cuarto del siglo XVII asume una concepción acerca del espacio. Un espacio vacío en el cual la acción física es instantánea. Esto ocurre a causa de la divinidad y, en general, la física con un creador que sostiene su creación de manera inteligente con leyes bien definidas. Hasta que los científicos del siglo XIX, vieron necesario modificar esta concepción, puesto que no era suficiente para explicar la acción física.

Posteriormente, Albert Einstein a comienzos del siglo XX postula un modelo matemático que sintetiza muchos de los trabajos que se venían realizando. Lo que conlleva a nuevos descubrimientos y explicaciones. Así, los científicos permanentemente recorren el camino de generación de nuevos conocimientos, a través de la revisión, el cuestionamiento y el cambio. Sin que esto le reste objetividad a la investigación científica, ya que utilizando el reconocimiento de estas herramientas históricas se puede incentivar y promover la investigación.

Por ende, el significado histórico de la ciencia es de gran valor. Cabe notar que las teorías del éter acontecen a la misma ontología. Eso quiere decir que tiene existencia real, es una realidad y una necesidad física. Por esta y otras razones, el impacto que generan las teorías del éter a lo largo de la historia y particularmente en investigaciones posteriores al siglo XIX resuelve algunas de las incompatibilidades de estas teorías, en el terreno de la física moderna. En ese mismo sentido, el interés particular de los conocedores de la física, en teorías como: la teoría de la relatividad general, la astronomía, la cosmología, las consideraciones macroscópicas de la materia y del universo, la física cuántica y particularmente la teoría cuántica de campos, no es ajeno a consideraciones que están muy cercanas con problemas afines a los que en su momento contribuyeron a comprender el éter como entidad física.

Ahora bien, la razón por la cual realizar un trabajo de investigación en torno a las teorías del éter y así mismo una actualización y reconstrucción de las mismas. Se debe a que existe un vacío narrativo en la historia de la física y esto genera una contrariedad. Por lo general, la enseñanza, el aprendizaje y la reproducción de la ciencia se centran en las teorías revolucionarias, en los contenidos disciplinares y en los descubrimientos científicos del momento e ignoran el papel que cumple el reconocimiento de la historia en la producción y construcción de conocimiento.

Se puede pensar que este problema es común denominador, al respecto, los historiadores en ciencias, Ricardo Guzmán Díaz y José Antonio Cervera Jiménez² afirman que:

“La ciencia, o mejor dicho algunos de sus protagonistas, ocultan en algunas ocasiones la verdadera identidad de esta actividad humana, presentándola como generadora de conocimiento totalmente objetivo, libre de intereses personales y basada únicamente en la

² Profesores, historiadores e investigadores del tecnológico de Monterrey donde imparten cursos de “Historia de la Ciencia”, “Ciencia, Tecnología y Sociedad”, “Teoría del Conocimiento”, “Teoría Electromagnética” Y, participan como ponentes en congresos nacionales, escritores de varios artículos en revistas internacionales en México, Colombia, Venezuela, Chile, Costa Rica y España.

experiencia y la razón. Esto ha producido que la percepción pública de la empresa científica sea la de un proceso frío y calculado, un proceso que tiende a reproducirse en la construcción de conocimiento” (Guzmán y Cervera, 2006).

Guzmán y Cervera aparte de estar en pro del reconocimiento histórico de la física, presentan en su documento la historia del éter, el cambio conceptual del éter, la evolución del conocimiento científico y la importancia de las conferencias, originales y tratados en esta tarea.

1.4 Antecedentes

Para hacer una reconstrucción histórica acerca de las teorías del éter y la subsistencia de estas teorías, en trabajos de investigación posteriores al siglo XIX es conveniente acudir a trabajos realizados que guarden relación con los objetivos propuestos, en función a ello se menciona a:

Alejandro Cassini y Marcelo Leonardo Levinas, (diciembre de 2009) México, quienes publican en la revista CRÍTICA- Revista Hispanoamericana de Filosofía- un artículo llamado: El éter relativista: un cambio conceptual inconcluso. En el cual, efectuaron un estudio acerca de la necesidad de Einstein de re introducir el éter gravitatorio en la teoría de la relatividad general. Lo que surge, al comparar las propiedades y las funciones de los antiguos éteres con el éter relativista. Concluyen que, “con el devenir de la física el concepto del éter ha pasado por un cambio de significado en términos conceptuales”.(L. Cassini & Levinas, 2009)

Reconocer el rol que cumple el cambio conceptual del éter a lo largo del desarrollo de nuevas teorías en la física, permite, entender la relación que existe entre la enseñanza de las teorías de éter con el surgimiento de la relatividad especial. Relación que transforma el modelo

de la realidad y tiene una tendencia destructora y de negación debido a la escasa inmersión en las preocupaciones de la física pre relativista.

Por ello, es importante para exponer las diferentes hipótesis que construyeron los científicos acerca del éter, y su necesidad de modificar este concepto con el surgimiento de la física moderna, o contemporánea. Cassini y Levinas aportan un trabajo que es referente en cuanto a la investigación histórica que se ha realizado en torno a las teorías de éter.

Y, de acuerdo a la interpretación del experimento de Michelson y Morley, años atrás publican un artículo llamado “La reinterpretación radical de experimento de Michelson y Morley” en el que aparte de reconocer el rol que este experimento jugó en la física del siglo XIX y presentar a carta abierta las razones por las cuales la física se centró en el contraste experimental y teórico, exponen la problemática de una reproducción vacía e inútil, muchas veces en la enseñanza de la física, al respecto dicen:

“Al experimento de M-M radican diferentes interpretaciones antes y después de 1905. Si imaginamos ahora un contexto histórico diferente, un experimento del tipo *M-M* podría haberse interpretado como la refutación de por lo menos alguna de las hipótesis auxiliares que son comunes a todas las interpretaciones de este experimento posteriores a 1887. Recordemos, a tal efecto, no enclaustrarnos en solo una interpretación de las experiencias, porque es allí donde se pierde el devenir histórico de la ciencia” (A. Cassini & Levinas, 2005)

Y, por ello, aunque el ejercicio de recopilación histórica es bastante arduo y necesario, se trata de ir más allá que analizar una sola hipótesis. Para comprender la explicación de los fenómenos físicos es necesario entender las dificultades que surgieron en la búsqueda del conocimiento científico y no pasarlas por alto en la enseñanza de la física, como surge hoy en

día. Antonio Lafuente³(1979), expone una serie de argumentos que se utilizaron para mantener la hipótesis del éter y así mismo la relevancia del sentido histórico en la enseñanza de la física. Relevancia, que coloniza la manera de hacer y entender la ciencia, y surge inmediatamente después de la subestimación de las teorías del éter por la comunidad científica de la época. Esto lo presenta en un documento titulado: La hipótesis del éter en España, Antonio Lafuente dice:

“La física moderna parece como un conjunto de fórmulas matemáticas, cuya única justificación es que funcionan, por ejemplo: la relatividad es restringida se centra en la discusión de comportamientos espacio temporales de relojes y trenes. Es con este tipo de enseñanza como se acostumbra a presentar la hipótesis del éter. Como un ejemplo de la estupidez humana. Lo cual, no refleja más que la ignorancia sobre la historia y el devenir de nuestro discurso científico.” (Lafuente, 1979)

Es por ello, que el reconocimiento de la historia es un instrumento básico para entender el surgimiento y los paradigmas de la física y así mismo afrontar las consecuencias que se derivan de la gran teorificación de la misma. Se ha visto incluir la historia y la filosofía de las ciencias en los currículos de formación de docentes, haciendo uso de análisis histórico críticos que fortalecen el reconocimiento en el proceso de construcción de las ciencias, siendo esta una de las finalidades del presente trabajo.

Ayala María Mercedes (2005), describe el proceso por el cual han pasado los maestros en física en cuanto al aprendizaje de los contenidos disciplinares de las ciencias, este documento es presentado para el grupo de física y cultura del departamento de física de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia en Bogotá. María Mercedes lo titula: Los análisis histórico críticos y la re-contextualización de saberes científicos.

³ Licenciado en ciencias físicas de la universidad de Barcelona y perteneciente a diversas sociedades científicas españolas y extranjeras.

Reconoce una problemática que se ha reiterado a lo largo de los años en la formación en física de la formación de profesores de física, y es: “acerca de la doble exigencia de la calidad educativa, en primera medida, el maestro en formación debe tener un excelente manejo disciplinar y en segunda medida y no menos importante, una buena formación en pedagogía que le permita entender y darle un sentido a su labor.”(Ayala, 2006)

1.5 Marco teórico

El éter como concepto principal, se puede entender como una entidad que se extiende por todo el espacio, tiene características particulares en comparación con las de la materia ordinaria. El éter es capaz de atravesar y permear el medio en el cual resida la acción física, ya que el punto precursor de las teorías del éter se centra en la necesidad de dar cuenta de la existencia de un medio indispensable para la acción física. Los fenómenos físicos son entendidos como perturbaciones de dicho medio.

James Clerk Maxwell explica que, aparte de las necesidades metafísicas para dar cuenta de la existencia de diferentes éteres, existen muchos más usos que pertenecen al mundo real, al mundo de la física. Maxwell en: *The Scientific Paper of James Clerk Maxwell*⁴ señala que:

“Los éteres fueron inventados para que los planetas nadaran en ellos, para construir atmósferas eléctricas y efluvios magnéticos, transportar sensaciones de una parte de nuestros cuerpos a otra, y así sucesivamente, hasta que todo el espacio ha sido llenado tres y cuatro veces con los éteres.”(*ÉTER Maxwell*, n.d.)

⁴ Traducción realizada por Juan Carlos Orozco Cruz, Profesor asistente del departamento de física de la Universidad Pedagógica Nacional a partir del texto en inglés en NIVEN, W. D, (Edit), *The Scientific Paper of James Clerk Maxwell*, vol 2, Dover Publications, Inc, New York 1965.

Ahora bien, siendo el éter una entidad física es necesario atribuirle una estructura mecanicista que lo caracterice y armonice con las leyes universales de la física. Principal reto para la comunidad de científicos partidarios del éter. Christiaan Huygens y Robert Hooke, coincidían en comprender la propagación de la luz análoga a la propagación del sonido, siendo indispensable un medio para su propagación. Este medio es concebido por ellos como una colección densa de éteres, éteres muy pequeños de forma esférica, rígida y extremadamente elástica a través de los cuales la luz se propagaba.

Esta analogía opera como una comparación y se centra en convertir aquello que no es visual a algo que es fácilmente perceptible por los sentidos, como lo son las imágenes mecanicistas. De igual manera para Fresnel, Young y Euler, quienes optan por concebir el éter luminífero de Huygens para explicar la propagación de la luz bajo la teoría ondulatoria.

El trabajo en la unificación de los éteres le corresponde a Maxwell introduciendo el éter electromagnético, soporte de las ondas electromagnéticas. Para ello asume y sustenta que no hay una diferencia de naturaleza entre los fenómenos ópticos, eléctricos y magnéticos.

El éter electromagnético debía cumplir la función de evitar la acción a distancia, también sustentar las acciones eléctricas y magnéticas y por último proporcionar un referencial privilegiado. Lo que involucra tener un estado dinámico bien determinado. Alrededor de estas tres funciones emergen problemas que se debaten permanentemente entre la comunidad de científicos. Principalmente la discusión del estado de movimiento de la tierra respecto al éter, la composición molecular del éter, y su estado dinámico. Ya que por ser mecánico necesariamente debe haber un proceso de disipación de energía en calor.

Inmediatamente surgen una cantidad de experimentos que buscan explicar las posibles incompatibilidades en cuanto a la teoría del éter electromagnético, no siempre triunfantes. Por otra parte, al experimento de Michelson y Morley le anteceden muchos más experimentos, que

parten de la idea de que existe un movimiento relativo de la tierra respecto al éter y que este movimiento produce efectos sobre la trayectoria de un rayo de luz.

Lo anterior tiene estrecha relación con los efectos relativistas clásicos sobre la velocidad de la luz. En consecuencia, en 1905 Albert Einstein postula la teoría de la relatividad especial. Propone una teoría bajo la cual se puede llegar a una electrodinámica sólida y la concepción del éter se muestra innecesaria. En 1909 explica porque no es necesario un referencial en reposo absoluto y en 1916 publica la teoría de la relatividad general; en donde el éter, el espacio-tiempo y el campo gravitatorio parecen ser concebidos de la misma manera. Así que es posible que las incompatibilidades en las teorías del éter caigan justo en los terrenos de la física moderna.

Por otra parte, el uso de la historia de las teorías del éter o en general el uso más común de la historia de las ciencias en la enseñanza tiene como objetivo remarcar algunos descubrimientos históricos, experimentos y a grandes científicos. A partir de este enfoque la ciencia cobra una imagen más “humana”, pues se conectan conocimientos científicos con nombres específicos, rostros, épocas y lugares. El mito, la biografía, la leyenda y, sobre todo, la anécdota, son los recursos que usualmente utilizan los profesores para incluir la historia de las ciencias en sus clases. Este uso no trasciende en la enseñanza y el entendimiento de la construcción de la ciencia, es un uso ligero de la historia. Los profesores de ciencia, en su mayoría, utilizan la historia en sus clases como un complemento netamente de protocolo. Y, la ausencia del sentido en el discurso histórico queda por fuera en la formación de docentes, esto se torna reproductorio en la manera de llevar a cabo el devenir histórico en las clases de ciencia. Y en particular la historia de la que nos ocupamos, la historia de las teorías del éter.

Este problema lleva más de dos décadas siendo abordado por estudiantes y docentes, quienes, de alguna manera, buscan experimentar un nivel de trascendencia al respecto, ante esta

situación Luz Dary Rodríguez y Ángel Romero, en ese entonces estudiantes⁵ de maestría de la Universidad Pedagógica Nacional, manifiestan que:

“El uso de la historia y la epistemología de las ciencias en sí mismo no aporta en la construcción de una perspectiva de ciencia por parte de los maestros si tal uso no está mediado por la explicación consciente de una intención y de una imagen. Queremos, por tanto, contribuir a abordar el problema sobre el sentido en el que la historia pueda aportar a la construcción de una imagen cultural de la ciencia, haciendo explícitas las imágenes de conocimiento, construcción e historia de las ciencias” (Luz, Rodríguez & Ángel, 1999)

Para dar sentido e imagen al discurso científico, es necesario que no sea restringido ni egoísta, como, por ejemplo: al hablar del éter directamente la imagen científica reposa sobre el experimento “fallido” de M.M y la reinterpretación de A. Einstein. Resulta entonces urgente reconsiderar el devenir histórico, para así no privilegiar una sola perspectiva de la ciencia, sino poner interés en un análisis más profundo y defenderlo. Explicaciones serias y descripciones objetivas⁶ de los fenómenos históricos llevan a una comprensión más dinámica del quehacer científico, inclusive al mismo entendimiento de las teorías.

1.6 Diseño metodológico

Las fases del proceso de investigación se dividen en tres. En primera medida: el acopio documental. Dentro de las fuentes primarias forman parte los originales no interpretados, las revistas, los artículos y las cartas que se irán presentando a lo largo del documento, con sus

⁵ Luz Dary Rodríguez y Ángel Romero publican este artículo en la revista Física y cultura: cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias, volumen 6 a cargo del profesor Juan Carlos Orozco Cruz.

⁶ La consideración de que el conocimiento científico es objetivo, puro y aséptico muchas veces se basa en asimilarlo y hacer uso de él, pero no de comprenderlo ni construirlo pues se teme distorsionar su objetividad.

respectivas referencias. Así mismo, la información no solo se deriva de originales sino del análisis y comprensión de otros historiadores, como en el caso de Cassini y Levinas o Antoni La fuente, quienes analizan algunos de los originales, y, construyen una perspectiva que comparto. Lo que conlleva a la elaboración de un estudio histórico crítico en el que se presenta el análisis propio de la necesidad de involucrar nuevas teorías del éter que logren explicar todos los fenómenos y, por último, acerca de las implicaciones que derivan este estudio, tanto en la física como en la enseñanza de la ciencia.

1.6.1 Tipo de Investigación

Partiendo de que el proyecto busca reconstruir la historia de las teorías del éter de manera objetiva, con base en evidencias documentales confiables, como lo son los originales. Y sometiendo la información a un análisis crítico. Es evidente que la investigación es de tipo histórico, donde el proceso comprende el registro y el análisis de interpretación de los sucesos históricos, con el propósito de descubrir conocimientos que puedan ser útiles para la comprensión en trabajos de investigación posteriores al periodo histórico a estudiar. De modo que realizar una investigación histórica en el presente trabajo, significa analizar las teorías del éter y buscar las relaciones de estas en teorías de la física moderna.

La metodología histórica se usa con el fin de comprender el conjunto de técnicas, métodos y procedimientos para manejar las fuentes primarias y originales a investigar. Esta metodología tiene por objeto la elaboración de análisis históricos en cuestión con la naturaleza misma de la ciencia, el análisis de corte histórico conlleva a la producción de conocimiento por lo que puede pensarse en su existencia como método científico.

Las principales directrices de uso común por los historiadores en su labor son:

- En primer lugar, la definición del tema y su delimitación, se formula la o las preguntas y se define un plan de trabajo. Con base a ello viene la localización y recopilación de las fuentes documentales, que son la materia prima del trabajo del historiador.
- En segundo lugar, el análisis o crítica de esas fuentes.
- En último lugar, la síntesis historiográfica.

Juan Andrés Caballero Diez dice al respecto:

“El estudio de la historia es una de las facetas más importantes del conocimiento humano y, por tanto, base fundamental de la cultura de todo profesional, independientemente de la especialidad que posea. Hoy no se concibe a un componente de una comunidad social si el mínimo conocimiento de su propia historia ya que, con el conocimiento del pasado, se comprende el presente y se forja el futuro”.(Caballero, 2012)

Es por ello que los diferentes métodos de investigación histórica permiten el análisis y el estudio de los acontecimientos históricos de la ciencia y la evolución y trascendencia del conocimiento.

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

2.1 LOS PRECURSORES DE LA TEORÍA DE LA LUZ COMO ONDA

2.1.1 Christiaan Huygens - Traité de la lumiere 1690⁷

La analogía, entre el comportamiento de la luz y el sonido le da, en última instancia, un valor profundo a la teoría del éter luminífero circundante a finales del siglo XVIII. Las vagas concepciones del éter cumplen un papel heurístico que da paso al descubrimiento, y, así mismo, impulsan un fundamento teórico en la consolidación posterior del éter. La teoría de la luz como una onda, parte de la necesidad de pensar en la transmisión de la acción física. Por ello, Christiaan Huygens y Robert Hooke pueden subrayarse como los científicos con mayor contribución al desarrollo de dicha teoría.

⁷ El tratado de la luz de Christiaan Huygens *es* tomado del libro: Lenses and Waves Christiaan Huygens and the Mathematical Science of Optics in the Seventeenth Century-Capítulo 6 (p. 213-253).

El científico holandés Christian Huygens, contemporáneo de Newton, elaboro una teoría diferente para explicar la naturaleza y el comportamiento de la luz. Esta teoría postulo que, la luz emitida por una fuente estaba formada por ondas, que corresponden al movimiento específico que sigue la luz al propagarse a través del vacío en un medio insustancial e invisible llamado éter. Además, indica que la rapidez de la luz disminuye al penetrar al agua. Con ello, explica y describe la refracción y las leyes de la reflexión.

En sus inicios, esta teoría no fue considerada debido al prestigio de Newton. Pasó más de un siglo para que fuera tomada en cuenta, se les sometió a pruebas a través de los trabajos del médico inglés Thomas Young, sobre las interferencias luminosas, y el físico francés Augustin Jean Fresnel, sobre la difracción. Como consecuencia, quedó de manifiesto que su poder explicativo era mayor que el de la teoría corpuscular.

Huygens nace en 1629, un siglo en el que la física se desarrolló acompañada de sus más grandes precursores Galileo, Descartes y Newton. Científicos que dan inicio al desarrollo y la constitución de una verdadera física-matemática. Huygens respetado miembro de la Royal Institution, científico de formación desde muy temprana edad, y egresado de la universidad de Leiden, publicó en 1690 “Traité de la lumière” o tratado de la luz en el que argumenta que la luz es una onda.

En esta obra construye una serie de explicaciones acerca del comportamiento de la luz, estas explicaciones se dan en torno a una física empirista inspirada en la física de Newton en la cual el principal aspecto se basa en la importancia de la experiencia. Por ejemplo: Los rayos de luz se propagan en línea recta y son ondas longitudinales, un efecto inherente y maravillosos de la naturaleza. Pero Huygens es quien explica en su tratado por qué y cómo se da la llamada naturaleza de la luz, en palabras suyas:

“No me sorprende un poco encontrar que muy a menudo consideraban como más ciertas y probadas, conclusiones que eran demasiado débiles; porque, a mi entender, nadie ha ofrecido todavía una explicación satisfactoria de incluso el primer y más importante fenómeno de la luz, a saber, por qué se propaga precisamente en líneas rectas, y cómo los rayos de luz que llegan desde direcciones infinitamente variadas se cruzan sin impedirlo” (Huygens, 1690)

El *Traité de la lumiere*, es un libro que está en consonancia con las particularidades del empirismo científico y privilegia en su contenido la descripción detallada de los fenómenos, la minucia en las observaciones. Y, la formulación de generalizaciones y teorías se deja en un segundo plano.

Ahora bien, diminutas partículas de cuerpos luminosos e impulsos a partículas adyacentes de éter permeable que tienen propiedades elásticas actúan de acuerdo con el comportamiento de los cuerpos elásticos, que fueron estudiados cuidadosamente por Huygens, estos elementos de éter, mientras permanecen inmóviles, transmiten la acción física. El impacto de estas partículas a las demás dan como resultado la formación de un frente de onda. Cada punto de este frente de onda origina ondas secundarias. Lo que corresponde al primer postulado de su teoría.

En otras palabras, imaginemos un foco emisor de luz puntual en un plano bidimensional, (esto debido a que la luz necesita de un medio para propagarse, tal cual como una onda que se forma en un estanque). El frente de onda de este rayo será circular con el centro en el foco emisor de luz, ver Figura 1, e inmediatamente, después de que este frente de onda llegue a un punto cualquiera que sea, ese punto se convertirá en un foco emisor de ondas, ondas que nacen cuando el frente de onda del rayo alcanza el punto, y tanto, la velocidad de propagación como la frecuencia de las nuevas ondas tienen que ser las mismas que la original, como describe la imagen.

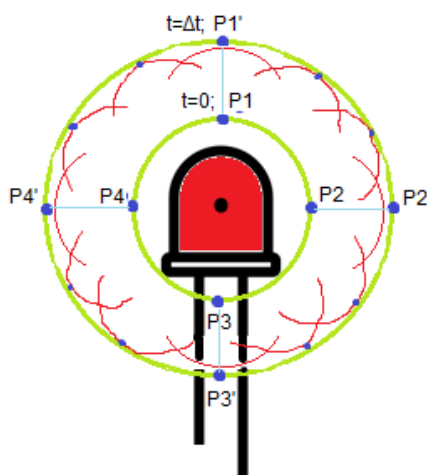


Figura 1. Frente de Onda según Huygens. Fuente: propia.

Ahora bien, nos dice que la tangente o envolvente a las ondas secundarias, las que he pintado de rojo, forma un nuevo frente de onda que estará en fase con respecto al frente de onda original. Es decir, el frente de onda secundario incluye los puntos $P1'$, $P2'$, $P3'$, $P4'$ estos puntos son equivalentes⁸ a los puntos $P1$, $P2$, $P3$, $P4$. En resumen, el frente de onda alcanza estos cuatro puntos y estos cuatro puntos se convierten en focos emisores de ondas secundarias que son las que están pintadas en rojo y podríamos dibujar una tangente a estas ondas, que sería la línea negra punteada, ver Figura 2. Y tiene que estar en fase con el primer frente de onda. Además, las ondas secundarias tienen que tener la misma velocidad que el primer frente de onda o la onda original. Y bajo estos dos postulados explica los fenómenos de reflexión y refracción.

⁸ *Las ondas primarias tienen la misma orientación a las secundarias debido a su comportamiento mecánico, si se supone que el medio es homogéneo las ondas resultantes serán longitudinales. Y realizar una analogía entre las ondas de luz y las ondas en un estanque, permite construir de alguna manera evidencias sensoriales del comportamiento de la luz

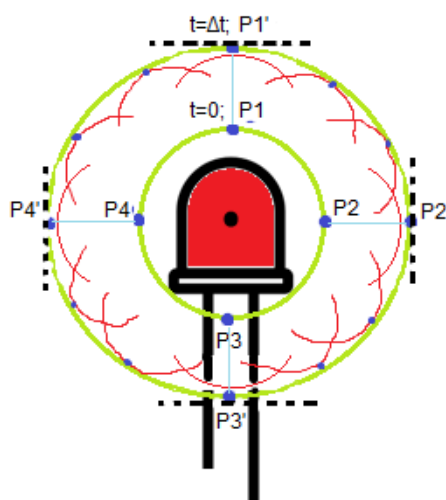


Figura 2. Tangente al frente de onda. Fuente: propia.

Ahora bien, aunque no formaliza teóricamente la existencia del éter. Su modelo mecánico ofrece una configuración geométrica que parte del supuesto de la existencia real e indiscutible del éter. Y, debido a la explicación detallada y concisa que presenta, en conjunto con el valor que adquiere la creciente polémica experimental de la época, le da, en última instancia un alto valor de acreditación a su teoría.

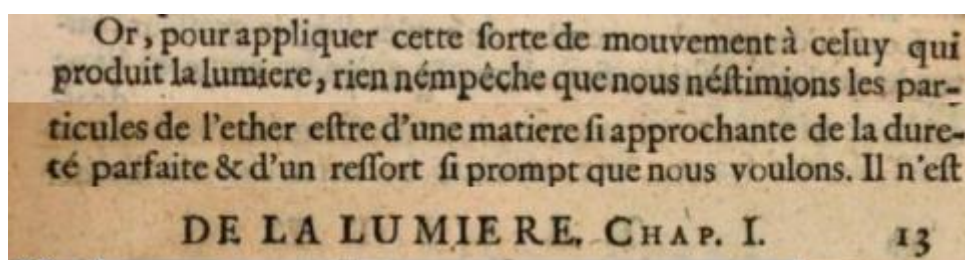


Imagen 1. Apartado del primer capítulo del tratado de la luz. Fuente Huygens 1690, p.5-21.

En este párrafo nombra por primera vez al éter en su tratado y de entrada da cuenta de la existencia real del éter para explicar la teoría ondulatoria de la luz. Huygens dice:

“Pero para aplicar este movimiento ondulatorio a la producción de la luz, no hay nada que hacer sobre el hecho de que las partículas de éter deben estar hechas de una aproximación a la dureza perfecta y una reacción rápida, casi instantánea” (Huygens, 1690) Traducción propia.

En los primeros capítulos del Tratado, construye una serie de explicaciones matemáticas y geométricas que sintetizan a cabalidad el comportamiento de la luz, en las que incluye al éter como solvento de la propagación. Explica fenómenos como: La luz a velocidad muy grande, pero no infinita, la constancia de la velocidad, la propagación hacia adelante y en línea recta, la independencia de las ondas luminosas, la propagación a grandes distancias, la reflexión, la refracción, y en relación con esta última, la transparencia y opacidad.

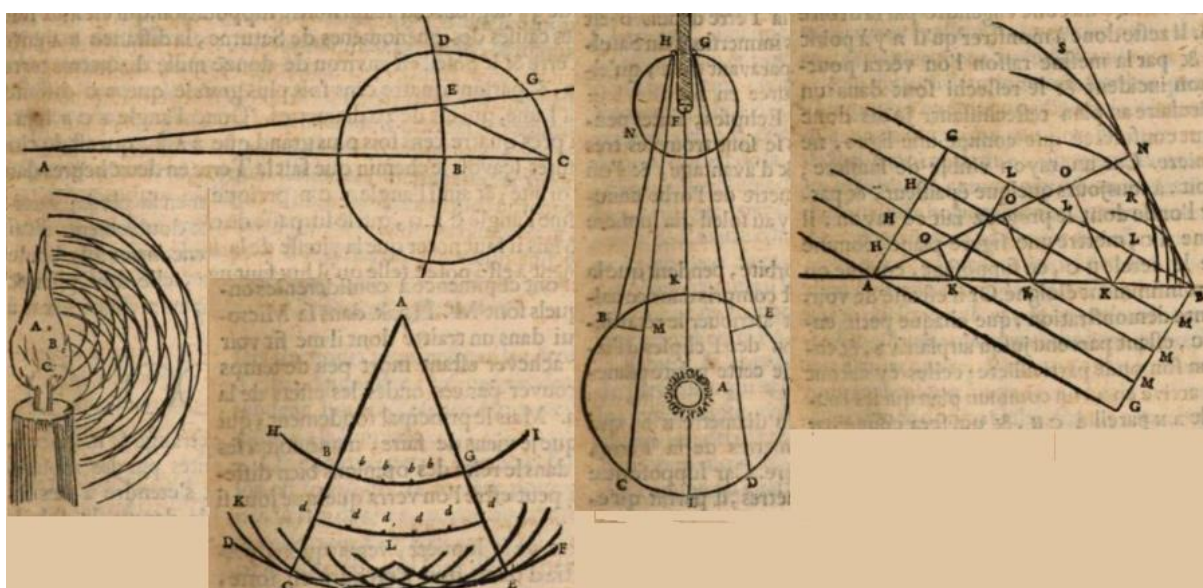


Imagen 2. Explicaciones geométricas acerca de la propagación, la reflexión y refracción de la luz (Huygens, 1690, p.5-21).

Sonia Krapas en su trabajo para tesis doctoral titulado: “El Tratado sobre la Luz de Huygens y su transposición didáctica en la enseñanza introductoria de Óptica” dice:

“Aunque existe una formulación matemática más avanzada para tratar estos fenómenos – las leyes de reflexión y de refracción se deducen a partir de las ecuaciones de Maxwell (Griffiths, 1999), la construcción geométrica de Huygens es considerada satisfactoria y requiere de un álgebra y una geometría elementales. Algunos autores de libros avanzados se manifiestan en ese sentido. Klein (1970), por ejemplo, considera

que la propagación de la luz es, en general, un proceso complicado, especialmente cuando la materia está presente para absorber, reflejar, refractar y dispersar la radiación. Al desarrollar este concepto, Huygens pudo explicar la propagación rectilínea de la luz a través de un medio y dos fenómenos típicos de la luz, como lo son; la reflexión y a refracción” (Krapas, 2008)

Pero la teoría de Huygens no fue tomada en cuenta por los científicos de la época, debido fundamentalmente al prestigio de Newton y a la dificultad de entender la presencia del éter en todo el espacio, aunque algunos físicos importantes la aceptaron, como Robert Hooke (1635-1703). Fue aproximadamente a comienzos del siglo XIX, cuando la comunidad científica acudió a la fina teoría de Huygens debido a una serie de pruebas “incontrovertibles” que apoyaban el modelo de la luz como onda, y además ofrecían explicar el fenómeno de aberración.

2.1.2 Las observaciones de Bradley-1725

James Bradley, nacido en marzo de 1692. Acusado del descubrimiento de la nutación y la aberración de la luz que afecta las posiciones estelares observadas desde la tierra, impulso varias reformas en el observatorio de Wengrich y la astronomía de posición⁹. Los comienzos de la astronomía nacieron allí, esta astronomía se ocupa de las posiciones de las estrellas a partir de las posiciones en la tierra, lo que contribuyó al nacimiento de la geodesia. Bueno, En 1724-1726 publicó “Observaciones de cometas” y el “Cálculo de longitudes”.

⁹ El tema de la longitud era un tema crucial en la navegación principalmente para las potencias como Gran Bretaña, que se dedicaban con bastante empeño a coleccionar colonias de ultramar, fue fundamental el tema de la navegación y la determinación de la longitud en el mar.

En 1728, utilizando un instrumento llamado Sector de Graham¹⁰, (ver: imagen 3), Bradley hace su primer gran contribución que es el descubrimiento y el cálculo de la aberración. A pesar de que la concepción del éter no estaba teóricamente bien establecida, Bradley no era ajeno al surgimiento de estas concepciones.

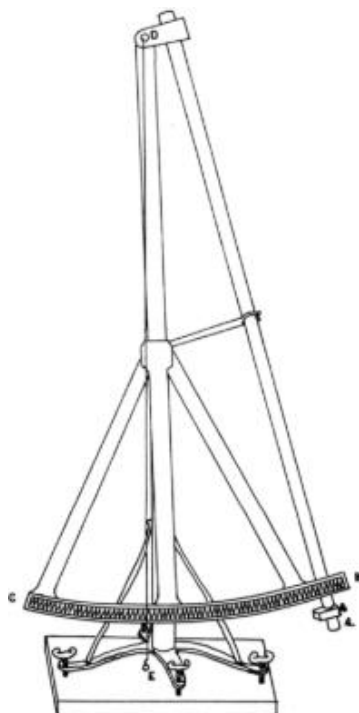


Imagen 3. Instrumento de Sector de Graham tomado del libro: La geometrización de la tierra: observaciones y resultados de la expedición-Escrito por Antonio Lafuente, Antonio J. Delgado.

Dispuso de este aparato, el sector es un instrumento fijo que apunta al cenit, este sector tiene como 7 metros de largo, Bradley construyó uno propio en su casa. Y, encontró que las

¹⁰ “El instrumento que utilizamos es una rama de cobre dividida exactamente por puntos de minuto a minuto y subdivididos, pero con menos precisión de cinco en cinco segundos por transversales: dos barras o reglas de hierro de aproximadamente cinco pies de largo y fortificadas por otros colocados detrás y sacados de los campos por la tienda de campaña. Dos extremos de esta extremidad se unirán con una tercera Regla de Hierro que comienza desde el medio de esta última y que la que está detrás del campo, se extiende hasta 12 pies de altura para sostener el centro y el final de la luneta que está armada con un medidor de medio metro y que mide doce pies de largo no solo es detenida por las dos extremidades sino también por la mitad por medio de una lucha de brazos que llega al cruce de las tres primeras. Finalmente, todo el instrumento está soportado por una rodilla en un pie, como cuartos de círculo, normalmente 100.” P . BOUGUER , “Relation des observations faites à Quito de l' obliquité de l' Ecliptique au dernier solstice”- Memoria del 19 páginas Fechada en Ouito el 14 de octubre.. Es esta la única descripción original del aparato.

posiciones de las estrellas describen a lo largo del año una serie e elipse misteriosa. A ver, la aberración de la luz no es más ni menos, que la composición de la velocidad de la luz con la velocidad del observador sobre el planeta tierra, esta velocidad del observador puede ser por dos razones: por el movimiento orbital de la tierra alrededor del sol o por el movimiento de rotación de la propia tierra. A la primera, se le llama aberración anual y a la segunda aberración diurna, esta que descubrió Bradley con el sector es la aberración anual, y es la composición del movimiento orbital de la tierra con la velocidad de la luz.

Bradley, comprendió y calculo muy bien, que esto venia de la composición de la nebulosidad de la luz y el movimiento orbital alrededor del sol e hizo un cálculo de la velocidad de la luz. Para lo que tuvo que poner en cuestión la teoría de ondas vigentes y la teoría corpuscular de la luz.

Pero, años después en 1749 encontró algo muy importante que afecta las posiciones estelares y esto es la llamada nutación. Esto se debe a que la órbita de la luna no coincide con la órbita de la tierra, es decir los planos orbitales no coinciden y hay una inclinación de 5° respecto al plano orbital de la tierra y esto hace que ocurra una oscilación que obviamente afecta las posiciones estelares. Y, la cuestión de determinar estas posiciones en la época se convirtió en la manera de sustentar los fenómenos ópticos. La teoría que diera una explicación satisfactoria a este fenómeno, en su momento se convertiría en la teoría más viable para solventar los fenómenos ópticos, ya fuese la teoría corpuscular de la luz o la ondulatoria. Ante ello Levinas y Cassini dicen:

“Ahora bien, la teoría ondulatoria tuvo durante más de un siglo serias dificultades para dar cuenta de este fenómeno, básicamente porque el ángulo de aberración no debía depender de la velocidad del telescopio respecto de la estrella (donde estaba la fuente de la luz), sino de su velocidad relativa al medio de propagación de la luz, el éter. Con la detección de la aberración de la luz, dio comienzo, entonces, una traumática historia

en la que se intentó conciliar este fenómeno con la creencia de que la luz poseía características ondulatorias.”(A. Cassini & Levinas, 2005). Confrontaciones que se han de profundizar más adelante.

2.2 LA CONTUNDENCIA DE LA TEORÍA ONDULATORIA DE LA LUZ

2.2.1 Augustin Fresnel: “Primera memoria sobre la difracción de la luz”- 1818

El 15 de octubre de 1815, ante la Academia de Ciencias, Augustin Jean Fresnel, realiza una alocución acerca de lo que sería su trabajo titulado: Premier mémoire sur la diffraction de la lumière. Su teoría tuvo un gran éxito, dio lugar a una avalancha de nuevos descubrimientos a pesar de que para muchos Fresnel no logra desarrollar una teoría tan sólida de la mecánica de la luz a tal punto de desplazar la teoría corpuscular.

Uno de los fenómenos que logra explicar de manera consistente es el relacionado con el fenómeno de aberración estelar, descrito por Bradley. La teoría del arrastre parcial del éter de Fresnel yace de las demostraciones teóricas que sustentan que la luz es producto de la vibración del éter o sea la deformación de este medio y este fenómeno ocurre en un plano en el cual la tierra arrastra al éter en su movimiento, pero el éter en el espacio se encuentra en reposo.

Y para entender físicamente la concepción de Fresnel respecto al estado de movimiento del éter, pone de antemano la siguiente situación física:

“Si un rayo de luz atraviesa un vidrio, pensaríamos, que el índice de refracción de una sustancia como el vidrio debe depender del cociente entre las velocidades de la luz en el aire y el vidrio. Ahora, si un rayo de luz es refractado por un prisma de vidrio, el índice de refracción tendría que variar cuando el rayo de luz se desplace a través del

vidrio. Debido a que el vidrio arrastra parcialmente al éter y algo del éter se queda dentro del prisma, ya que, la tierra está rotando y así mismo arrastrando al éter; la velocidad de la luz en el prisma necesitaría ser ajustada por una cantidad de arrastre”(Fresnel-*texte.pdf*, n.d.)

La tierra gira hacia la derecha a través del éter, ver Figura 3. Si un rayo de luz incide sobre el prisma este se verá refractado un ángulo teta, debido a que el prisma arrastra también parcialmente al éter y esto hace que el rayo de luz se desvíe. Esto se debe al estado de movimiento del éter, o mejor dicho a su inmovilidad.

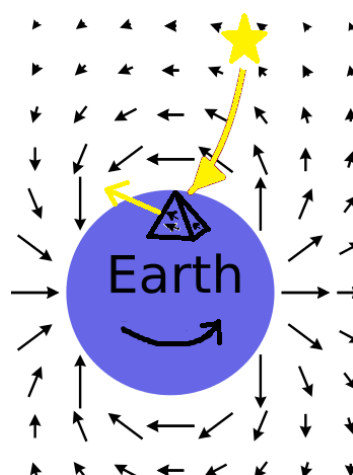


Figura 3. Concepción de estado de movimiento del éter de Fresnel.

Como se ve en la figura 3, en puntos lejanos de la tierra la velocidad del éter disminuye y por ello los rayos de luz de las estrellas son arrastrados a medida que se acercan a la tierra. Cuando Fresnel habla acerca de la difracción de la luz, se refiere al espacio físico o sea al espacio con estructura, un espacio en el que existen cuerpos y en el que se transmite la acción física. En otras palabras, un medio físico que llena el vacío y es el medio de los fenómenos ópticos.

La teoría del arrastre parcial del éter de Fresnel yace de las demostraciones teóricas que sustentan que la luz es producto de la vibración del éter o sea la deformación de este medio y

este fenómeno ocurre en un plano en el cual la tierra arrastra al éter en su movimiento, pero el éter en el espacio se encuentra en reposo. El éter aparece como un ente que ocupa el espacio, es material, pero no de materia ordinaria

Francisco González de Posada, especifica algunas de las propiedades físicas del éter de Fresnel, ante esto nos dice:

“El éter de Fresnel en el contexto de la teoría óptica es una "realidad substancial" harto compleja que ha de transmitir vibraciones transversales (en el plano de polarización de la luz) a la dirección de propagación y debe poseer rigidez infinita y presentar resistencia nula al movimiento de los cuerpos celestes que se moverían así sin verse afectados por esta substancia. Por una parte, se comportaría como si fuera sólido con las propiedades de homogeneidad en todo el espacio vacío de materia ponderable, densidad -inercia- constante y elasticidad homogénea e isotrópica, pero también debería presentar propiedades de fluido plástico -fluido real universal-, pero tanto unas como otras propiedades especiales diferentes -extremas, límites- de las correspondientes a la materia ordinaria” (Posada, 2001)

Esta descripción no se refiere más que a una sustancia vibrante, una sustancia por la cual se propaga la luz y a comparación de Huygens, que basaba su teoría en la propagación de la luz con ondas longitudinales, es claro que para Fresnel la propagación y la dirección no tienen el mismo sentido. Eso quiere decir que Fresnel creía que el éter era muy denso y por ello las ondas se propagaban perpendicularmente a la dirección de la propagación.

2.2.2 Gabriel Stokes: “sobre la aberración de la luz” - 1845.

En 1845 G. N. Stokes, reconocido experto en mecánica de fluidos, publica un trabajo en el que se ocupa del fenómeno de aberración y de una teoría que dé cuenta del coeficiente de

desplazamiento de Bradley. Su trabajo condujo a formular una hipótesis diferente a la contemplada con anterioridad por Fresnel. Ahora bien, el éter para Stokes es un fluido y cumple con los principios de los fluidos, eso quiere decir que la luz se propaga en forma de ondas longitudinales no transversales.

Stokes propone un modelo al final de una monografía¹¹ y dice:

La unión de cola con agua forma una gelatina rígida que actúa como un sólido para las vibraciones rápidas, pero permite el pasaje de un cuerpo que se mueve lentamente. Tal vez el éter sea de sustancia similar. La rapidísimas y pequeñas vibraciones de la luz lo atraviesan a 300.000 kilómetros por segundo mientras que los pesados planetas se arrastran por sus trayectorias orbitales a solo 15.000 kilómetros por hora” (Stokes, 1845)

Haciendo esta analogía Stokes brinda una hipotética evidencia sensorial para transponer algunas de las características del éter. Y, aunque es bastante superficial más adelante solventa estas hipótesis con el fin de mecanizar algunas de las propiedades del éter. Con mayor profundidad dice:

“Si el éter en el espacio estuviera en reposo, estando dado el frente de una onda de luz en algún instante, su frente en algún tiempo futuro podría ser hallado por el método explicado en el tratado de Airy. Si el éter estuviera en movimiento, y la velocidad de propagación de la luz fuera infinitamente pequeña, los frentes de las ondas podrían estar dispuestos como una superficie de partículas del éter. Ninguna de estas suposiciones es, sin embargo, cierta, porque el éter se mueve mientras la luz se propaga a través de él” (Stokes, 1845)

Entonces se puede inferir que la diferencia principal entre la hipótesis de arrastre parcial de Fresnel y arrastre total de Stokes, es que la tierra se mueve con el éter, no a través del éter. Eso

¹¹ Traducción realizada por Juan Carlos Orozco Cruz, Profesor asistente del departamento de física de la Universidad Pedagógica Nacional a partir del original Math. And Phys. Papers, 1, 134-40. in 1846.

quiere decir, que la tierra experimenta cierta fricción a través de ese medio que denomina como “elástico y viscoso”. Por ejemplo, imaginemos el caudal de un río, y una pelota es lanzada al río, esta pelota se mueve exactamente igual que el río. Si nos preguntamos acerca del arrastre del agua con respecto a la pelota, claramente por fuera hay arrastre, pero por dentro estaría quieto, pero solo si alguien lo mira desde adentro.

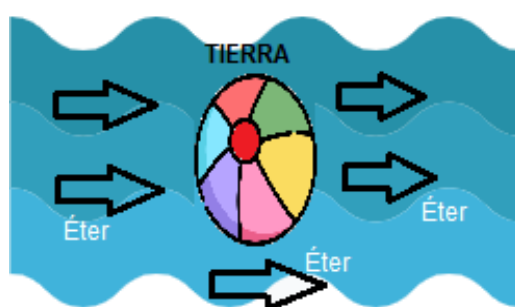


Figura 4. Concepción de estado de movimiento del éter de Stokes. Fuente: propia.

Si un observador mira desde afuera; la pelota, que en este caso representa la tierra se mueve en dirección del caudal o del éter, este movimiento deja como resultado un coeficiente de fricción de la tierra respecto al éter, si se deseara calcular la posición de una estrella bajo este supuesto, la estrella también está siendo arrastrada por este caudal pero con un coeficiente de fricción menor y el rayo de luz a su vez también está siendo arrastrado, lo que genera que desde la tierra se pueda observar el fenómeno de la aberración estelar. Estando así, la estrella en una posición aparente y a un ángulo teta de su posición real, lo que quiere decir que el éter se mueve mientras el rayo de luz se propaga sobre él.

El fenómeno de la aberración juega un papel muy importante en las diferentes teorías propuestas de la luz como onda, pero a pesar de los tantos esfuerzos por conceptualizar la causa de este fenómeno y hacerlo compatible con la teoría ondulatoria de la luz, se resiste a ser explicado en su totalidad. Y, con el surgimiento de teorías que parecen compatibles, como la

de Stokes, Fresnel y Young también surgen supuestos que generan contradicción en las mismas hipótesis y así mismos soportes experimentales que las aprueban.

La discusión gira en torno del estado de movimiento del éter con respecto a la tierra para explicar el fenómeno de aberración de la luz y por ello se vieron enfrentadas estas tres teorías, la de Fresnel donde la tierra arrastra parcialmente al éter, la de Stokes donde la tierra arrastra totalmente al éter y no podemos dejar de lado la de Young donde la tierra atraviesa al éter sin arrastrarlo.

Principalmente fue aceptada la propuesta de Fresnel debido a los resultados obtenidos con el experimento de Fizeau¹² en el cual se llevó a cabo la medición de la velocidad relativa de la luz a través del agua en movimiento. Si la luz está viajando por un medio en movimiento, el rayo de luz debería ser arrastrado por este medio, o sea que la velocidad total de la luz debe ser la suma de la misma, más la velocidad del medio por el que está pasando. Pero Fizeau detectó un arrastre o sea un sobrante en la velocidad total, que en este caso sería c .

$$V_{luz} = V_{medio} + V_{luz} + c$$

Eso quiere decir que la teoría del arrastre parcial de Fresnel parece ser válida ya que la velocidad del rayo varía cuando se desplaza a través del agua, el agua arrastra parcialmente al éter y algo del éter se queda dentro del mismo fluido debido a que la tierra está rotando y así mismo arrastrando al éter, entonces la velocidad total del rayo se verá modificada por un coeficiente de arrastre parcial.

¹² La pretensión inicial de la experiencia era tratar de diferenciar entre la teoría del éter estático y la del éter totalmente arrastrado por el medio en que viaja la luz. Si el agua moviéndose a velocidad v no arrastraba al éter en absoluto no debería haber diferencia entre la velocidad de la luz en el agua en reposo o en movimiento observada y medida desde el sistema en reposo. Si el agua arrastraba totalmente al éter la velocidad medida debería según la dirección del movimiento del agua. El resultado que obtuvo Fizeau mediante interferometría fue sorprendente; no obtuvo un resultado que concordara con ninguna de las dos teorías, sino que la diferencia de tiempo que obtuvo era de un poco menos que un 43,5 % de la que debería haber según la teoría del éter totalmente arrastrado por el medio.

Ante esta situación Cassini y Levinas trazan una línea cronológica de eventos que se relaciona con los experimentos y explicaciones dadas según cada uno de los autores, dicen:

“En 1804 Young sostuvo que el fenómeno de la aberración estelar era explicable en el marco de la teoría ondulatoria de la luz si se suponía que la traslación de la Tierra no afectaba la inmovilidad absoluta del éter. En 1818, Fresnel propuso una explicación diferente del fenómeno de la aberración. Postuló que las sustancias comunicaban una fracción de su movimiento al éter contenido en su interior. Fresnel se basó en los resultados obtenidos por Arago quien en 1810 había mostrado que la aberración no se veía afectada por la refracción en un prisma, esto es el ángulo de aberración α' (diferente al del vacío) era el mismo ya sea que se observase la luz de una estrella en el sentido del movimiento de la Tierra o en el sentido opuesto. Con el fin de ofrecer una explicación ondulatoria del resultado nulo de Arago, posiblemente el primer resultado experimental en contra del éter, Fresnel propuso que debía existir un factor de arrastre. Sin embargo, en 1845 Stokes negó que esto sucediera y asumió que el éter era completamente arrastrado por la Tierra y por los cuerpos situados en su superficie esta hipótesis explicaba inmediatamente el resultado nulo de Arago ya que el prisma siempre se encontraba en reposo respecto del éter y, por tanto, la velocidad de la luz debía ser la misma en cualquier dirección o sentido. Sin embargo, para explicar la aberración, Stokes debió suponer que el éter arrastrado no poseía ningún movimiento rotatorio, una hipótesis muy poco plausible a la luz de la mecánica de fluidos” (A. Cassini & Levinas, 2005)

La teoría que logra explicar en detalle, el experimento de Fizeau los resultados de Arago y posteriormente el experimento de M&M, sería la teoría que recogiera en sí, todos los fenómenos ópticos y explicara su naturaleza. Siendo esta, la teoría del arrastre total de Stokes.

La teoría de Stokes adquiere el primer lugar entre este enfrentamiento de años, gracias a la interpretación del experimento de M&M el cual consiste en lanzar un rayo de luz en dirección a la rotación y otro rayo de luz perpendicular al rayo uno y ambos rayos tienen que volver a su punto de partida, según la teoría de Stokes como el éter se mueve con la tierra el rayo que se lanza en dirección a la rotación de ida recorrerá mayor distancia y de vuelta menor distancia y el rayo perpendicular a la rotación se verá arrastrado parcialmente por el éter, al analizar los resultados de las interferencias de los rayos Stokes se ve obligado a modificar su teoría y añadir el coeficiente de Fresnel.

Como lo dice Jean Eisenstadt en su libro -antes de Einstein: relatividad, luz y gravitación, publicado en 8 de diciembre de 2015:

“En cuanto a la aberración ninguna de dichas teorías la explica de manera satisfactoria. Son iguales las leyes de la óptica en movimiento de traslación rectilínea uniforme (en un marco de referencia inercial) y las leyes de la óptica en reposo. Según lo mostró Maxwell, el desacuerdo sólo existía en los efectos de segundo orden: efectos inexistentes en la teoría de Stokes, pero esperados por los partidarios de la teoría de Fresnel. El problema no es entonces construir una teoría convincente conservando, o retomando de una u otra forma el coeficiente de Fresnel”. (Eisenstadt, 2015)

Ahora bien, ambos éteres cumplieron un papel importante en algún momento del siglo XIX, los fenómenos físicos suceden por la existencia imprescindible del éter y la luz es uno de estos fenómenos. Por ende, es necesario hacer una analogía entre ambas posturas (ver tabla 2).

Augustin Fresnel	George Stokes
El éter NO tiene un coeficiente de fricción con respecto a los cuerpos celestes.	El éter SI experimenta un coeficiente de fricción con respecto a la tierra.
El éter es arrastrado por la tierra o sea está quieto o inmóvil.	El éter se mueve con la tierra, mientras la luz se propaga a través de él.

Las partículas del éter vibran perpendicularmente a la dirección de propagación de la onda.	Las vibraciones del éter son longitudinales, los frentes de onda serían las mismas partículas de éter.
El éter tiene una rigidez infinita y se comporta como sólido principalmente con algunas de las propiedades de fluido.	El éter tiene se comporta como un fluido y existen los movimiento e interacciones entre las mismas moléculas de éter.
El éter tiene densidad constante, inercia constante y elasticidad homogénea.	El éter es isotrópico y llena todo el espacio.

Tabla 2. Síntesis de las diferencias y similitudes entre el éter de Fresnel y Stokes.

Finalmente, lo que sucede es que la predilección de Stokes por la óptica se debe a un estudio preliminar y detallado de la concepción de Fresnel acerca del comportamiento de la luz y aunque Fresnel era francés y miembro de la academia de ciencias francesa, Stokes era británico y perteneciente desde 1854 como secretario, hasta 1890 como presidente de la institución. La sociedad científica de la época privilegiaba claramente a la ciencia que se desarrollaba en el reino Unido, son cuestiones de prestigio, debido a que en ese momento los más grandes precursores de las teorías científicas eran parte de la escuela madre de la ciencia, así como lo también lo fue Fresnel en sus últimos años de vida.

Por otra parte, en el ámbito de la teoría electromagnética y como síntesis de la Óptica, la Electricidad y el Magnetismo, Maxwell unifica las diferentes teorías del éter y lo concibe así: el éter es un medio inerte, transmisor de movimientos, receptáculo de energía que puede almacenar (en forma potencial, la electrostática, y, en forma cinética, los dieléctricos) y "arrastrado parcialmente" por la materia en movimiento que se determina mediante un coeficiente de arrastre, el éter cumple una función clara en la propagación de la luz. Estas características mecánicas del éter las resume en la siguiente tabla:

Energía por centímetro cúbico	$\frac{1}{2}(\rho V^2 A^2 p^2)$	1.886 ergs*
Tensión tangencial máxima por centímetro cuadrado	$\rho V^2 A p$	30.176 dinas
Coefficiente de rigidez del éter	ρV^2	842.8
Densidad del éter	ρ	9.36×10^{-18}

Tabla 2. *Propiedades mecánicas del éter tomado de: Scientific Paper of James Maxwell* (Maxwell & Niven, 2011)

Y con respecto al estado de movimiento del éter dice:

“La teoría del movimiento del éter está ostensiblemente desarrollada como para permitirnos formular una estricta teoría matemática de la aberración de la luz, tomando en consideración el movimiento del éter. El profesor Stokes, sin embargo, ha mostrado que, sobre la base de su hipótesis muy probable con respecto al movimiento del éter, la magnitud de la aberración no podría ser afectada sensiblemente por ese movimiento”
(ÉTER Maxwell, n.d.)

El éter de Maxwell transmitía las acciones eléctricas y magnéticas, de alguna manera superaba los fallos que presentaban los modelos anteriores, o los complementaba. Este éter, sustenta la acción física en la electrodinámica y la óptica, de la mano de una teoría sólida que adquirió un carácter más físico y menos teórico. La relación con la experiencia se hace más estrecha y el éter “electrodinámico” brinda una explicación a los fenómenos de la época.

2.3 OTRA POSTURA INFLUYENTE Y SIN RESTRICCIONES

2.3.1 Acerca de la estructura del éter y la naturaleza de la acción a distancia¹³ Faraday- 15 de abril de 1846.

Es indispensable reconocer la postura de uno de los más importantes investigadores del siglo XIX ante las teorías del éter, como lo es Michael Faraday quien también contribuye en el entendimiento de los fenómenos eléctricos y magnéticos. El señor Faraday envía una carta a Richard Philips donde aborda una serie de hipótesis a cerca del éter y la relación que presenta o no con su teoría. Esta carta es escrita en el año 1846, pero ¿Qué pasa en términos contextuales en este año?, esta carta se produce 28 años después de la carta que le envía Fresnel a Arago, coincide con el año en el que se está vislumbrando la hipótesis de Stokes acerca del éter y se encuentra emergente la primera revolución industrial. Faraday en este momento ya es reconocido como un muy buen experimentalista, ya se ha ganado un puesto en la Royal Institution.

La Royal Institution tiene una particularidad, es una institución científica que se funda en Inglaterra con el patrocinio de un hombre muy importante el Conde Rumford, el Conde Rumford fue un personaje muy polémico debido a su talento administrativo y su servicio en el gobierno de Alemania siendo ministro del ejército de Baviera, además tenía mucho dinero, es quien formula la primera teoría del calor en términos no sustancialistas y determina el equivalente mecánico del calor. La primera medición la hace él a partir de calcular el calor producido por una broca cuando está saliendo de un cañón. Entonces así, funda la

¹³ La carta se conserva en la Revista filosófica, S.3, Vol. XXVIII, N188, mayo de 1846 y en: Investigaciones experimentales en electricidad", Vol. III, M. Faraday, p447-452.

Royal Institution partiendo de la idea de sobre poner la física como una ciencia experimentalista.

Su primer coordinador es Sir Humphry Davy, conferencista caracterizado por su trabajo en el descubrimiento de nuevos elementos químicos. Faraday conoce a Davy en sus conferencias, las cuales le fascinaban. Empieza a asistir y a tomar notas que encuaderna y regala a Davy. David inmediatamente reconoce que Faraday es una persona muy valiosa y lo convierte en su ayudante. Es así como Faraday ingresa en la institución. Cabe resaltar que Faraday no terminó la primaria, ni poseía títulos universitarios mucho menos pagaba la matrícula de tan prestigiosa academia.

Ahora bien, con respecto a la situación en la que se encontraba el desarrollo de la teoría del trabajo de Faraday, aún no había terminado de consolidar su edificio en términos teóricos conceptuales y de sistematizar su trabajo. Centrémonos de entrada el título de la carta, “About the structure of the ether and the nature of distance action”. En primera instancia Faraday pone claro que va a hablar sobre supuestos, la carta no es basada en resultados infalibles, más bien va a tratar un tema bajo posibles hipótesis y reflexiones de manera inductiva. En eso los ingleses son muy minuciosos.

“Acerca de la estructura del éter”, ya de entrada se sabe que Faraday va a hacer referencia al éter, es decir Faraday no desconoce que para esa época el éter es aceptado y plantea una cosa muy interesante a continuación. Retomemos el título, “acerca de la estructura del éter y la naturaleza de la acción a distancia”, es decir que él está estableciendo una relación entre el medio y la transmisión de la acción física, o sea ¿cuál es la estructura que está a la base de la acción física?, claro, el título nos anuncia eso, pero no nos dice cuál es la postura de Faraday.

Vamos a problematizar el texto, y lograr ver la postura de Faraday. Faraday ofreció una conferencia acerca del estroboscopio electromagnético de Wheastone¹⁴, en la cual finalizando la conferencia dejó al aire algunas ideas especulativas acerca de su postura ante el Éter.

En esta carta él responde a Philips que va a tratar de ser un poco más claro y conciso. El punto que intentaba someter a consideración Faraday era: si, es posible que las vibraciones que dan cuenta de los fenómenos radiantes (teoría ondulatoria), no pueden ocurrir en las líneas de fuerza que conectan las partículas y consecuentemente en las masas de materia juntas. Ya está poniendo de presente dos miradas diferentes, cuando él habla de líneas de fuerza que conectan las partículas y consecuentemente en las masas de materia juntas, está hablando de campos, es racional pensar que para Faraday el estudio principal era el de los efectos de la acción física no como se producía.

Para Faraday la teoría ondulatoria no se refiere a los campos y los campos es distinto de corpuscularismo, o sea, son tres imágenes distintas las que hay en ese momento. Al parecer Faraday no es partidario de la teoría del éter, Faraday ponía de presente que las propiedades que atribuían de alguna manera al éter estaban en discordancia, es por ello que hace una descripción y dice:

“A nivel experimental podemos reconocer varias clases de líneas de fuerza, hay líneas de fuerza gravitacional, eléctricas y magnéticas. Esto lo lleva a pensar que, si existieran “átomos de éter” entre las líneas de fuerza, encargados de transmitir la acción física, se debería ver claramente una alteración o perturbación en las líneas de fuerza o los efectos serían diferentes”.(Faraday, 1846)

¹⁴ “Este consiste básicamente en una lámpara de descarga eléctrica en un gas inerte que se puede hacer que se encienda intermitentemente con una determinada frecuencia. Cuando la frecuencia de la iluminación coincida con la frecuencia del movimiento, la parte móvil se verá estacionaria” Manual de técnicas experimentales simples de la Universidad de Granda.

Lo que quiere decir que para Faraday los efectos físicos son incuestionables, tienen existencia real, y obedecen al comportamiento de las leyes de la física sin necesidad de involucrar un ente que dirima la idea de un espacio lleno de divinidad y misterio. Faraday sustituye las "acciones a distancia" en el vacío por la existencia real de "líneas de fuerza", real en sentido físico no sólo matemático, ya que transmiten a distancia las acciones a través de un medio dieléctrico

Por otra parte, cabe aclarar que usualmente cuando los físicos hablan de partes o partículas se asocia en términos corpusculares o atómicos. O sea, átomos y corpúsculos. Los átomos y corpúsculos hacen parte de una mirada discreta lo que es muy diferente referirse a partes y partículas donde su mirada es continua. Y eso tiene que ver con la trayectoria que describe la acción física a través de este medio, ya que entre una parte y la otra no hay espacio vacío o sea es continuo. Lo que es distinto a las imágenes corpusculares, donde se puede pensar en el contacto y esto implica que entre dos corpúsculos o más haya espacio.

Faraday expone otra postura y es que si el éter está vibrando y permea todo el espacio entonces está compuesto de partes o partículas, por tanto, hay centros de fuerza. Al Faraday referirse a los centros de fuerza claramente no habla de un corpúsculo porque de una u otra manera se está refiriendo a un lugar, un lugar en ese continuo ya que es allí donde convergen las líneas de fuerza. Este parece ser un problema de imagen ya que al construir la idea de materia primero se empieza con puntos después partículas, después sistemas de partículas materiales. Pero la materia no existe antes del espacio, eso quiere decir que la materia no existe independientemente del espacio. Y esta es la idea ontológica de los campos.

Faraday tiene un asunto y es que, como Hertz, Faraday se da cuenta que esas construcciones son egoístas porque la imagen más aceptada del espacio es la de la acción a distancia y más cuando aparecen todos los fenómenos eléctricos. Se plantea el problema en

cuanto a la transmisión de la acción física y muestra que la acción física es una acción que ocurre en el tiempo. Por ejemplo: la luz no se transmite instantáneamente, ni la electricidad, tampoco los fenómenos asociados al magnetismo. Parece que la electricidad se desplaza a una velocidad cercana a la de la luz, pero requiere un tiempo o sea no hay acción a inmediata. Entonces si se asume la imagen del corpuscularismo, ¿cómo se explica esa acción en el tiempo? Necesariamente la acción en el tiempo transcurre en un medio, es decir que es necesario de alguna manera acudir al éter cuando se dice que el espacio es vacío. Y que para que pueda transmitirse la acción es indispensable llenar el vacío con algo.

Por ejemplo: Se colocan dos electrodos conectados a una pila voltaica, mientras allí no haya aire entre los electrodos no pasara nada. Hay que colocar algo que llene el espacio que separa los electrodos para que ocurra una acción. El problema de Faraday es que si tiene que decir que hay que llenar el espacio vacío para transmitir la acción física con algo que se llama éter y después ver cuáles son las propiedades de ese éter para que efectivamente la transmisión que se está pensando sea la que se da. Entonces, es mejor acudir a la imagen de las líneas de campo y hacer que el problema del éter sea un problema de la imagen física por eso en diferentes ocasiones alude la superficialidad del éter en la explicación de su teoría.

Por ejemplo, en la carta dice lo siguiente:

“Se puede preguntar, ¿qué líneas de fuerza existen en la naturaleza que se ajustan para transmitir tal acción y suministrar a la teoría ondulatoria el lugar del éter? No pretendo responder a esta pregunta con ninguna confianza; todo lo que puedo decir es que no percibo en ninguna parte del espacio, ya sea vacante o lleno de materia, cualquier cosa menos que fuerzas y las líneas en las que se ejercen. Las líneas de peso o fuerza gravitacional son, sin duda, lo suficientemente extensas como para responder a este respecto cualquier demanda hecha por fenómenos radiantes.” (Faraday, 1846)

Entonces, Faraday reconoce la idea del éter de la teoría ondulatoria, el éter que ha solventado los fenómenos físicos radiantes pero la considera superflua para explicar la teoría de campos. Para Faraday no es necesario introducir en su teoría una entidad nueva, ya que a través de la experimentación se refleja que las líneas de fuerza son físicas y reales, capaces de explicar los fenómenos electromagnéticos. Y, lo que en últimas queda, como realidad, son las líneas de fuerza sin necesidad de acudir al embrollo de cómo se propaga la acción física, más bien se centra en los efectos de la acción física.

2.4 MUY CERCA DE LA APOTEÓSICA RESIGNACIÓN

2.4.1 Michelson y Morley: sobre el movimiento relativo de la tierra y el éter luminífero-1887.

El experimento de Michelson y Morley se lleva a cabo en el año de 1887¹⁵ en Cleveland-Ohio. El siglo XIX, fue el siglo del nacimiento de las aplicaciones prácticas de la electricidad, desde la construcción de la primera pila por el italiano Alessandro Volta hasta los grandes montajes experimentales desarrollados por Faraday con la intención de explicar como un campo magnético podía producir una corriente eléctrica, los trabajos de Hertz y otros científicos destacados en la época condujeron conclusiones importantes en cuanto a la naturaleza de la acción física. Por ejemplo, los campos electromagnéticos podrían propagarse en el espacio en forma de movimiento ondulatorio y la luz se presentaba como una forma de esa perturbación.

En el artículo: Reflexiones en torno al éter, el Dr. Francisco Gonzales de Posada pone de presente que es Maxwell quien aporta enormemente en la consolidación de las primeras caracterizaciones del éter y dice:

“El éter de Maxwell o éter electromagnético se concibió en el ámbito de la teoría electromagnética y como síntesis de la Óptica, la Electricidad y el Magnetismo. Así el éter es: medio inerte, transmisor de movimientos, receptáculo de energía que puede almacenar (en forma potencial, la electrostática, y, en forma cinética, los dieléctricos);

¹⁵ Esta época parecía ser bastante serena a nivel político y científico. Los Estados Unidos atravesaban todo un auge industrial siendo líderes mundialmente en la producción de su industria. Por otra parte, gracias al extensivo estudio de los fenómenos eléctricos y magnéticos, la ciencia había llegado a conclusiones sorprendentes y muchos físicos creían que ya se habían hecho todos los grandes descubrimientos.

y "arrastrado parcialmente" por la materia en movimiento que se determina mediante un coeficiente de arrastre (problema conceptual y experimental). De esta manera este éter luminoso que se estableció como auténtico y aceptado.” (Posada, 2001)

Dicho en otras palabras, la física había alcanzado un estado de perfección totalmente etéreo y en realidad el concepto del éter era uno de sus dogmas centrales. La teoría de ondas vigente explicaba cómo las ondas luminosas del sol se propagaban para alimentar la tierra a través de la oscilación del éter en el espacio. El éter era una realidad en el siglo XIX, tanto así que tenía propiedades físicas, propiedades que habían sido atribuidas por Stokes y Fresnel.

Por ejemplo: la velocidad de una onda depende de la rapidez del medio por el que pasa y por supuesto la velocidad de la luz es enorme, así que el éter debía ser algo muy rígido, de hecho, Fresnel decía que era casi imposible comprimirlo. Por otra parte, la tierra y los planetas se movían a través de ese éter, obedeciendo las leyes de Newton como si no estuviera pasando a través de medio alguno. Un punto contradictorio era que, si el éter era muy rígido y ocupaba todo el espacio entonces, ¿por qué no ralentizaba los planetas?, pues el éter se presentaba como base de muchas explicaciones de fenómenos físicos, pero algunas de estas teorías estaban en discordancia con las mismas teorías de la física.

La hipótesis de Stokes también partía de que el éter era un fluido perfectamente móvil y sin viscosidad alguna, incomprensible, transparente y que llenaba todo el espacio. Para entonces, se pensaba que la luz era transmitida a través de la vibración del éter o sea la deformación de ese medio. Dando existencia al movimiento relativo, el cual se sustenta en que la velocidad de la luz depende de la velocidad de ese movimiento. Entonces, lo único que quedaba por hacer era demostrar su existencia mediante un experimento estacionario sobre la tierra.

En la institución de tecnología Case, dos físicos: Albert Michelson y Edward Morley prepararon un experimento para demostrar que el éter existía realmente. Idearon un experimento que revolucionó la física. Tanto a niveles teóricos como prácticos. Debido a su exactitud, sensibilidad y precisión en la construcción y toma de datos con el dispositivo.

El aparato estaba dotado de un grado de precisión sin precedentes, Michelson tenía la habilidad de hacer experimentos con las más pequeñas y precisas mediciones. Alardeando un poco, sus mediciones de la velocidad de la luz fueron mejores que las de cualquier otro científico, había ya diseñado un interferómetro en Berlín y reproducido el experimento de Foucault para dicho fin. El interferómetro de Michelson utiliza un rayo de luz monocromática enviando un rayo de luz hacia un espejo en parte transparente y en parte reflectante, este espejo cumple la función de dividir el rayo en dos. Los dos rayos siguen trayectorias perpendiculares entre sí, cada uno vuelve a ser reflejado en donde el rayo se había dividido en dos y allí se combinan formando un único rayo.

El interferómetro de Michelson podría considerarse una carrera entre dos rayos de luz. Si los rayos de luz llegan empatados, la onda de luz final será una onda con interferencia constructiva, debido a la aditividad de la amplitud de cada una de las ondas por separado. En otras palabras, si el resultado es un empate se mostrará una mancha brillante en el centro de la configuración de la interferencia. Pero, en tiempos de Michelson se creía que no debería haber un empate y ni siquiera debería haber una carrera porque no sería justa.

A ver, supongamos que un nadador debe atravesar un río, y el trayecto que tiene que recorrer se divide en dos tramos. Inicialmente, una distancia en sentido contrario a la corriente del río y luego esa misma distancia en el sentido de la corriente. Por consiguiente, un juez mide el tiempo que tarda. Luego, otro nadador debe recorrer la misma distancia yendo y volviendo, pero formando una línea con un ángulo de 90° respecto a la trayectoria del primer

nadador. La distancia es la misma, pero si el juez toma ambos tiempos observará que el primer nadador tarda más tiempo.

Como vemos, esta no parece ser una carrera justa entre los dos nadadores. Ahora bien, reemplazamos los nadadores por rayos. Allí no debería haber una carrera porque los dos rayos corren en una pista en movimiento. Todo el mundo sospechaba que la tierra y por tanto el interferómetro se movían a través del éter y así los rayos seguirán trayectorias totalmente diferentes con respecto al éter.

El rayo que se lanza en dirección perpendicular alrededor del movimiento de la tierra forma un triángulo. Mientras, que el que se mueve siguiendo el movimiento de la tierra tiene que recorrer menos distancia en una dirección, pero más en la otra. En sus movimientos de ida y vuelta el segundo rayo tiene que recorrer un camino un poco más largo. Por eso el rayo oblicuo gana siempre. Michelson sabía que la diferencia en la llegada de los rayos sería muy pequeña, ya que la velocidad de la luz es de 3×10^8 m/s y la velocidad de la tierra a través del éter es de 3×10^4 m/s como los rayos tienen que ir hacia adelante y hacia atrás antes de ser comparados el Δt dependerá del cuadrado de ese cociente, y esta sería una diferencia de solo una cien millonésima $\left(\frac{v}{c}\right)^2 = 10^{-8}$.

Esto era lo que Michelson quería medir, por ello necesitaba trabajar en un interferómetro nuevo y altamente sensible. En 1887 pidió a Morley que trabajara con él, en el nuevo interferómetro el cual era diez veces más sensible. Michelson necesitaba que el interferómetro no fuera afectado por los sistemas de alrededor, como, por ejemplo: el paso de los carros, la actividad vibratoria, los efectos eléctricos y magnéticos, entre otros. Por tanto, los espejos estaban apoyados sobre una gran base de piedra arenisca que flotaba en una piscina de mercurio. Así, el instrumento tenía un altísimo nivel de sensibilidad.

El experimento, primero se debía realizar observando la configuración de la interferencia con el interferómetro en una determinada orientación con respecto al movimiento a través del éter y después girándolo, ver Figura 5:

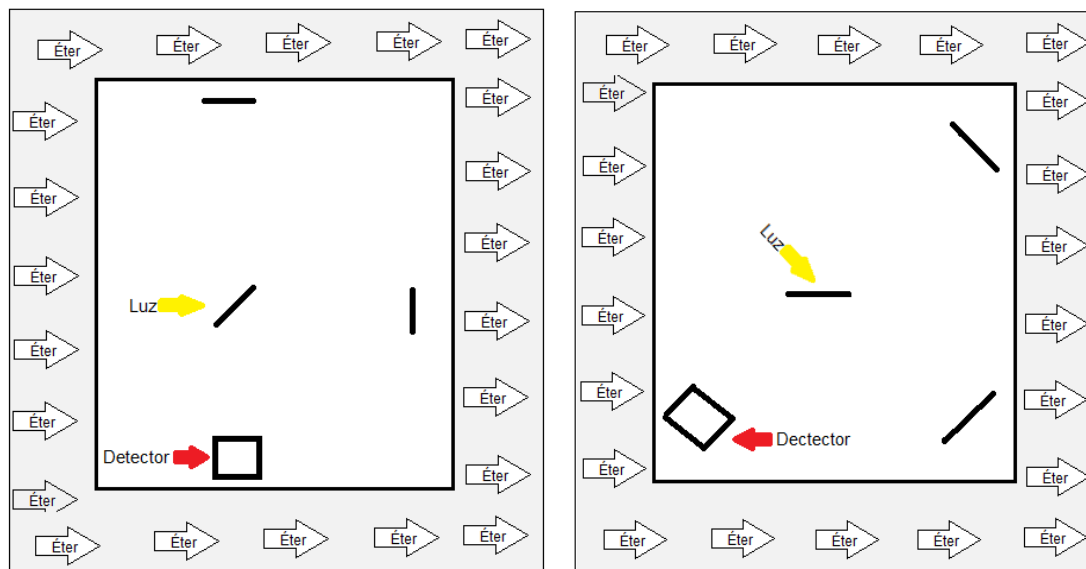


Figura 5. Experimento de Michelson y Morley. Fuente: propia.

Si los dos rayos llegaban empatados la interferencia constructiva dejaría una mancha brillante en el centro de la configuración, así:



Figura 6. Patrón de interferencia constructiva. Fuente: propia.

Pero, si un rayo llegaba ligeramente adelantado del otro la interferencia destructiva podría oscurecer el centro, de esta manera:



Figura 7. Patrón de interferencia destructiva. Fuente: propia.

Dicho de otra manera, el efecto del movimiento a través del éter se vería en el cambio de las franjas de interferencia cuando se girase el instrumento. Con gran sorpresa para Michelson y Morley no hubo ningún cambio en las franjas y se presentó una interferencia constructiva, lo que quiere decir que no había retraso. A pesar de los diferentes intentos y variantes en el experimento, el resultado era el mismo. La luz aparentemente viajaba igual en todas las direcciones, en total desacuerdo se encontraba la idea de que la tierra se mueve a través del éter y es por ello que Stokes se ve obligado a reintroducir el coeficiente de arrastre parcial de Fresnel para explicar la razón por la cual los rayos llegaban al mismo tiempo.

Pero esta explicación no fue totalmente satisfactoria para la comunidad científica, y en 1887, ante el aparente fracaso del experimento, la comunidad científica se alarmó y era necesario responder teóricamente a lo sucedido. Aun así, Michelson creía que el éter existía y que el experimento no había fracasado, lo que había fracasado era el montaje experimental debido a los niveles de precisión que debía manejar el aparato. En una de sus conclusiones, Michelson dice que para obtener este resultado debería surgir un tipo totalmente nuevo de dinámica.

Inclusive, Lorentz en 1892 plantea que el brazo que se halla en dirección del movimiento de la tierra y por el cual pasa uno de los rayos de luz, se contrae y esto no se había tenido en cuenta. Lo que lleva a que el resultado del experimento de Michelson sea claramente explicado bajo la teoría de Fresnel. Pareciera este un haz bajo la manga para salvar la teoría del éter. Se deriva comúnmente, la contracción de la longitud a las nociones de tiempo y masa en sistemas

tanto en reposo como en movimiento respecto al éter, formulando así las famosas transformaciones de Lorentz. El mismo Lorentz dice:

“Por extraña que la hipótesis pueda parecer a primera vista, habrá, sin embargo, que admitir que no resulta tan remota, tan pronto como se supone que también las fuerzas moleculares, de modo parecido a cómo podemos afirmarlo definitivamente, en la actualidad, de las fuerzas eléctricas y magnéticas, actúan a través del éter. Si esto es así, entonces la traslación modificara la acción entre dos moléculas o átomos muy probablemente de modo parecido a como lo hace la atracción o repulsión entre dos partículas cargadas. Ahora bien, puesto que la forma y las dimensiones de un cuerpo rígido están condicionadas, en última instancia de las fuerzas intermoleculares no puede dejar de producir una modificación de las dimensiones”. Tomado de: La nueva imagen del mundo y el impacto filosófico de la teoría de la relatividad (Ruiz, 2003)

Y ante dicha hipótesis, en la que los efectos eléctricos y magnéticos también ocurren a través de un éter que parece ser extremadamente rígido (ya que no es posible que exista la acción a distancia entre sus mismas moléculas), desprovisto de gravedad (no existe acción gravitacional respecto al éter), pero infinito en elasticidad (capaz de deformarse) y como referencial privilegiado e inmóvil. Es innegable establecer una relación entre la luz y la electricidad. Si se removiera del mundo el éter, la luz, las acciones magnéticas y eléctricas no podrían ya atravesar el espacio ni siquiera podrían localizarse.

Para Lorentz, la electricidad es también una acción a distancia donde hay repulsión y atracción. Pero, así como la luz no puede ser pensada como una acción a distancia inmediata porque requiere de un delta de tiempo para propagarse. Entonces, los fenómenos eléctricos y magnéticos son análogos a los fenómenos ópticos, y es evidente, que la contundencia de las teorías matemáticas no sustituye de ninguna manera las teorías físicas que requieren la demanda del experimento. Lorentz utilizó una transformación matemática de un fenómeno real que

privilegia al éter en reposo, con el fin de manipular este artificio matemático para explicar diferentes fenómenos.

Parece que es Lorentz, quien introduce una serie de pre-relatividad especial¹⁶ y transformaciones espaciales con respecto al estado de movimiento del éter. A ver, en este momento las ecuaciones del electromagnetismo de Maxwell, ecuaciones que deslumbraron la unión entre la electricidad y el magnetismo, habían adquirido un nivel irrefutable debido a su procedencia tanto matemática como experimental. Y, por ello debían ser invariantes ante cualquier marco referencial y compatibles con la mecánica Newtoniana, estas ecuaciones eran una ley y gobernaban el campo del electromagnetismo, llegando a explicar cómo se propagaba la luz sin dejar de lado su comportamiento ondulatorio. El éter de Lorentz, se caracteriza por ser soporte del campo, sus propiedades son puramente electromagnéticas y quedan descritas por las ecuaciones de Maxwell, que se constituyen en axiomas.

Lorentz acude a la teoría de Fresnel y le da predilección al hecho de que el éter se encuentre en reposo, y, asimismo, los campos eléctricos y magnéticos se muevan en un éter quieto que penetra todo. Ahora bien, la transformación de la distancia recorrida por un rayo de luz y el tiempo en el cual se propaga, debería tener la misma forma en cualquier marco, y no es así. Por ello Lorentz modifica las transformaciones de Galileo para introducir un único sistema de referencia, un ideal e implacable marco: el éter.

Poincaré corrigió y criticó algunos errores de Lorentz y demostró por fin la covarianza de Lorentz de las ecuaciones electromagnéticas. Sin embargo, usó la noción de un éter como un medio perfectamente indetectable y no llegó a modificar su noción como marco referencial absoluto.

¹⁶ Los conceptos pre-relativistas se fundamentan bajo el fenómeno de contracción espacial, trabajado por FitzGerald en 1889 y desarrollado por Lorentz en la misma década. La contracción se basa en el acortamiento de un objeto a lo largo de la dirección de su movimiento en relación con un observador. Las dimensiones en otras direcciones no se contraen. Y, para ello, es necesario involucrar los marcos de referencia.

CAPÍTULO III

NACE LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD ESPECIAL, PERO MUERE EL ÉTER Y RESUCITA EN LA TEORÍA GENERAL DE LA RELATIVIDAD

3.1 La teoría de la relatividad especial y la aparente muerte del éter.

En 1905 Einstein publica la teoría de la relatividad especial y debido a la influencia de esta por el austero bagaje matemático con el que se presenta, el trabajo fue aceptado rápidamente por la comunidad científica. Einstein modifica la transformación Galileana y la dinámica Newtoniana desligando el éter de Lorentz y despidiendo su amplio trabajo matemático. En otras palabras, Einstein logró demostrar que las leyes de la física permanecen invariantes ante cualquier fenómeno, incluyendo la luz.

Como Lorentz había privilegiado el éter como sistema de referencia para explicar las ecuaciones de Maxwell y la propagación de la luz como una onda electromagnética. Einstein encontró que, al atribuirle esta predilección al éter, tanto el tiempo como la posición adquieren un carácter absoluto. Y, le parecía, en un principio inconsistente esta idea tan restringida. Si las ecuaciones de Maxwell se cumplían respecto a un marco de referencia quieto, o sea el estado de movimiento del éter respecto a la tierra. También, se debían cumplir si el marco de referencia estaba en movimiento.

Lorentz en la conferencia de Solvay de 1911, llamada: Un hito en el desarrollo de la física dice:

"No se puede negar al éter como titular de estas propiedades, y si ese es el caso, se puede, con toda modestia, llamar el tiempo como real al medirlo por relojes que se fijan en este medio, y considerar la simultaneidad como un elemento "concepto"

fundamental. Sin embargo, continuó diciendo que esto se basaba en su concepción de la "velocidad infinita" que, según su propia teoría, no es físicamente factible. (Lorentz, 1911)

Lorentz también admitió que el postulado de un marco de reposo absoluto, pero indetectable era puramente metafísico y no tenía consecuencias empíricas. Y ya sea que haya un éter o no, los campos electromagnéticos ciertamente existen, y también lo hace la energía de las oscilaciones eléctricas. Parece que de una u otra manera para Lorentz la presencia de estas explicaciones no son compatibles con la idea de la física de los sentidos, una física que no admite entes ficticios, o explicaciones que sean incongruentes con la experiencia. La teoría de la relatividad especial, en sus inicios, busca la manera de unificar implacablemente las teorías físicas, haciendo uso de un andamiaje matemático por medio del cual se verifican las teorías físicas en cualquier sistema de referencia.

La relatividad especial marcó un cambio específico en la manera de hacer y entender la física, un cambio que venía evolucionando desde mediados del siglo XIX, con la construcción de la estructura atómica de la materia y en especial los estudios de la electricidad y el magnetismo.

Einstein en un artículo que publicó 1905, titulado: "Sobre un punto de vista heurístico concerniente a la producción y transformación de la luz" dio la estocada final. Ya que, en este, introdujo su teoría cuántica de la luz y propuso una interpretación de los fenómenos de interacción entre la radiación y la materia que la electrodinámica clásica de Maxwell y Lorentz no había podido explicar de forma satisfactoria.

Einstein, basándose en las ideas de Planck restablece la teoría corpuscular de la luz, bajo una nueva forma: el efecto fotoeléctrico. Confirma a la luz como una onda electromagnética, Hertz descubrió que cuando la luz llega a una superficie metálica arranca electrones de ella, produciendo corriente eléctrica. Einstein, formuló una ecuación que explicaba todos los

fenómenos conocidos hasta el momento y resolvía, además, las singularidades que se presentaban cuando se intentaba dar una interpretación clásica de los mismos.

Ante ello, Luis Sanz autor de más de una decena de patentes, fundamentalmente en el campo de la fibra óptica realiza un trabajo teórico-experimental por más de quince años con el fin de construir una teoría unificada de la física, recapitulando principalmente el trabajo de Lorentz y Stokes, dice en su obra “La física del éter”:

“La implantación de la Teoría de la Relatividad Especial ha provocado el sentimiento de que las causas primeras de los fenómenos físicos son algo incomprensibles para la mente humana y que debemos conformarnos con unos conceptos que no son razonables. De aquí surge una tendencia a la especulación matemática sobre los principios establecidos, renunciando a buscar una explicación razonada de los mismos.” (Sanz, n.d.)

Lo que quiere decir el autor, es que el fracaso de los tantos intentos fallidos al buscar una teoría que unifique los fenómenos electromagnéticos con la gravitación, se debe a la persistencia por eliminar el éter de la historia de la física. Es más, el éter ha estado presente en dicho camino y se ha manifestado de diferentes formas a lo largo de la historia. La relatividad especial postula que la masa puede convertirse en energía, y viceversa, y que la velocidad de la luz es constante.

Esto va en contra de la teoría del éter porque la velocidad de la luz debe depender directamente de la densidad del medio por el cual se propaga la luz, o sea el éter. Y, esta velocidad no es constante. Ahora bien, Einstein consigue entablar un lazo entre las explicaciones teóricas y experimentales para explicar los fenómenos de desintegración nuclear y la reacción entre partículas, y en “Sobre un punto de vista heurístico concerniente a la producción y transformación de la luz. Dice y aclara contundentemente lo siguiente:

“La teoría ondulatoria de la luz operante con funciones espaciales continuas, ha demostrado representar excelentemente los fenómenos ópticos puros y probablemente no sea nunca sustituida por otra teoría. Sin embargo, no se pierda de vista que las observaciones ópticas se refieren a promedios temporales no a valores momentáneos y que a pesar de la comprobación íntegra de la teoría de la difracción, reflexión, refracción, dispersión, etc., por medio de la experimentación, es concebible que la teoría de la luz operante con funciones continuas en el espacio, conduzca a contradicciones con la experiencia cuando se aplica a los fenómenos de la producción y la transformación de la luz.” (Einstein, 1905)

Einstein se refiere a las contradicciones, como resultado de la teoría del éter. Donde es indispensable conocer la densidad del éter por la que la luz es emitida a través del espacio. Y por otra parte según la teoría de éter electromagnético la energía de un cuerpo o partícula puede distribuirse continuamente en el éter, un éter indivisible, por el cual fluye la energía como una suma que se extiende sobre todos los átomos de éter. Los resultados experimentales como el efecto fotoeléctrico demuestran que la transformación de la luz en energía no siempre es continua a través de espacio lo que contradice de nuevo la hipótesis del éter.

El profesor Luis Sanz antes de morir, intenta demostrar tanto matemáticamente como experimentalmente que la masa no es equivalente a la energía, y, afirma que la conversión de la masa en energía, o la equivalencia masa-energía y los procesos de desintegración nuclear y la reacción entre partículas se pueden explicar manteniendo la hipótesis de Lorentz.

Einstein el 27 de septiembre da a conocer la ecuación:

$$E = mc^2 \quad (1)$$

El título de este artículo es: “*depende la masa inercial de la energía*”, allí Einstein muestra como una partícula con masa posee un tipo de energía, la llamada energía en reposo. Distinta

de las clásicas: energía cinética y energía potencial. La conclusión del artículo es que la energía de un cuerpo es igual a la masa de un cuerpo multiplicada por el cuadrado de la velocidad de la luz. Einstein conserva tanto el factor de Lorentz como el concepto de masa aparente o inercial y lo resignifica. Para ello es necesario entender lo que Lorentz nos quería hacer entender con este factor.

Tenemos dos espejos, uno sobre el otro. En medio de ambos colocamos un fotón. Resulta evidente que el fotón rebotara en ambos espejos de manera infinita y cada vez que el fotón golpea uno de los espejos pasa solo un segundo, así:

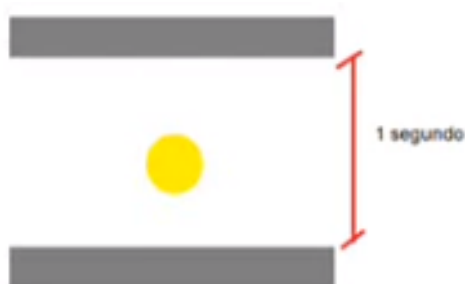


Figura 8. Reloj de luz. Fuente: propia.

Podríamos decir que se trata de un reloj de luz, un reloj que nunca se atrasaría, ni tampoco se adelanta, muy bien ahora Según Lorentz ese reloj se mueve en una nave espacial que va a velocidad constante, y a la vez la nave se está moviendo a través de un éter quieto.

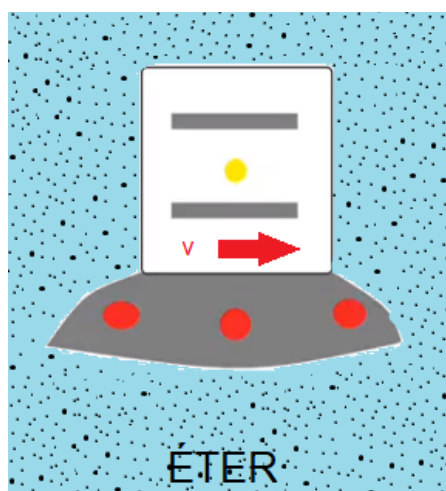


Figura 9. Reloj de luz en movimiento con respecto al éter. Fuente: propia.

Como el marco de referencia es el éter, en reposo. La distancia que recorre el fotón es una distancia un poco más grande, según Lorentz la velocidad de la luz depende de la densidad por la cual está pasando el fotón, y al mismo tiempo el fotón arrastra mínimamente al éter. Así, la ecuación de la energía de Einstein quedaría planteada de la siguiente manera:

$$E = mu^2 \quad (1)$$

Donde u es la velocidad de propagación de la luz, que no es constante, según la teoría ondulatoria de la luz. Lo que involucra un interrogante y es la densidad del éter.

Ahora bien, según Einstein este es un problema que se deriva de privilegiar un solo marco de referencia, ya que, si ponemos un observador dentro de la nave no notaría este retraso, mientras que si está por fuera de la nave el observador vería este efecto en cámara lenta o sea el tiempo se dilatará. Y, este es el fundamento teórico de la dilatación temporal y la contracción de la longitud.

La muerte del éter se viene dando desde la interpretación errónea del experimento de Michelson y Morley, más el nacimiento de un lenguaje matemático que describe de manera rápida y precisa los fenómenos físicos. Y, aunque Einstein no niega la teoría del éter la considera “superflua” para explicar la teoría de la relatividad especial, es más reconoce

cualitativamente la relación que existe entre el éter y la teoría electromagnética de la luz, pero no es capaz de describirlo de una manera más teórica o cuantitativa.

En el libro: Psicogénesis e historia de la ciencia, escrito por Piaget Jean y Rolando García, estudian dicha relación que establece Einstein en una carta que envió a su tío César Koch 10 años antes de publicar la teoría de la relatividad especial, en la que se pregunta:

“¿Cómo un campo magnético, que se genera cuando una corriente se conecta, afecta al éter del entorno? Al respecto dice:

-Cuando se hace circular una corriente, inmediatamente se pone al éter del entorno en alguna clase de movimiento instantáneo, cuya naturaleza no ha sido exactamente determinada" (Einstein, 1895) Tomado de: (Piaget & García, 1982)

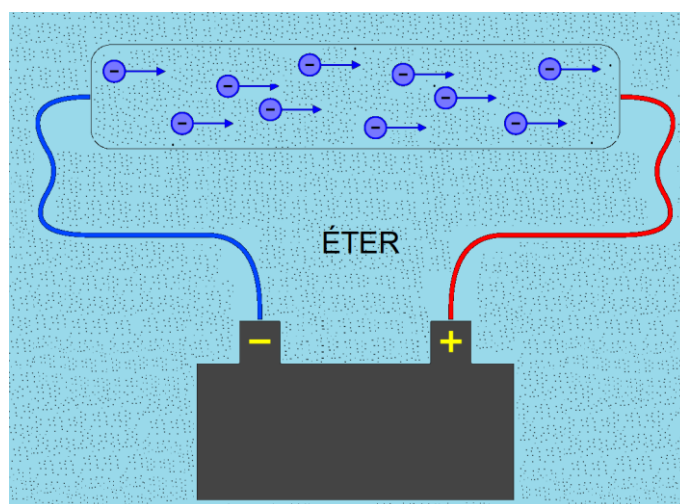


Figura 10. Movimiento de los electrones a través del éter. Fuente propia.

Así que Einstein reconocía que las interacciones eléctricas sucedían a través del éter y lo afectaba de alguna manera. Al decir Einstein que “el éter se pone en movimiento” es claro que también parte de la idea de reposo del éter, y que es el movimiento de las cargas eléctricas el

que hace que el éter se mueva, ciertamente se podría decir que estas cargas ejercen una fuerza que arrastra de alguna manera al éter y lo ponen en movimiento a su alrededor.

Y agrega:

"Más allá de la continuidad de la causa de este movimiento, es decir la corriente eléctrica, el movimiento cesa, pero el éter permanece en un estado potencial y produce un campo magnético" (Einstein, 1895)

eso quiere decir que Einstein creía que gracias a la variación de la corriente eléctrica se genera en el éter un campo magnético. O sea que el éter tiene aparte una estructura interna y en particular una configuración electrónica. Lo que sería contradictorio ya que, si el éter posee una estructura atómica y llena todo el espacio, evitando la acción a distancia, de una u otra manera habría acción a distancia entre cada una de sus partes.

En este trabajo Einstein afirma que:

“a partir del cambio en la velocidad de una onda de éter en ese punto y en esa dirección” O sea que Einstein reconoce al éter como un fluido dotado de extrema elasticidad y capaz de describir su comportamiento bajo la teoría ondulatoria, teoría que nos dice que la velocidad de una onda depende de la raíz entre el módulo volumétrico del material, o sea del éter dividido por su densidad. Dicho de esta manera el éter tiene que ser muy rígido para que compense el aumento de la densidad, así la rapidez de la luz o del sonido en el éter será mucho mayor. Y, está en contra de la razón pensar que un elemento extremadamente rígido, sea a su vez extremadamente elástico.

Por último, Einstein hace una consideración de tipo cuantitativo sobre las características del éter:

“Déjenme agregar solo una cosa. Si la longitud de onda (del éter) no resulta ser proporcional, a $\sqrt{A + k}$ entonces la razón para eso tiene que ser buscada en el cambio de la densidad del éter móvil causado por las deformaciones elásticas; aquí A es la

fuerza elástica del éter, y k la intensidad (variable) del campo magnético la cual, de hecho, es proporcional a las fuerzas elásticas que son producidas o sea que A depende directamente la densidad”. Einstein (1895)

A pesar de que Einstein unos años antes de publicar su teoría reconoce ciertamente al éter revoluciona la concepción del espacio y el tiempo dejando de lado todas estas ataduras e investiduras de las teorías del éter, Einstein se propuso analizar la velocidad de la luz y debido al lenguaje y accesibilidad de la teoría logró superar la física que se preocupa por la transmisión de la acción física más que por los efectos mismos. Además, con esta teoría logró explicar el fenómeno de aberración que por muchos años había sido el centro de investigación de la comunidad científica.

Einstein explica este fenómeno bajo el principio de equivalencia, y dice que: si un rayo de luz pasa cerca de un cuerpo masivo el rayo debe curvarse provocando una posición real y una aparente del objeto que emite ese rayo de luz. Einstein parte de la idea de que el sol es lo suficientemente grande para deformar un rayo de luz, y lo comprobó tras la medición de un eclipse solar ya que durante el día el sol tapa la luz emitida por las estrellas. El paradigma del momento es que la luz no tiene masa y no debería torcerse, sin embargo, en la teoría de Einstein este rayo de luz sufre una curvatura y realizó una predicción que sustentó sus experimentos hipotéticos.

La teoría de Einstein se pudo poner a prueba durante un eclipse total del sol, su hipótesis era que los rayos se debían desviar. Para Einstein la equivalencia entre aceleración y gravedad se extendía a los fenómenos electromagnéticos, y la luz era considerada una onda electromagnética. La razón por la que se necesitaba un eclipse total era porque solo cuando la luna pasa delante del sol y bloquea su luz, el cielo se vuelve tan oscuro como la noche y las estrellas se pueden ver durante el día, si Einstein estaba en lo cierto cuando un observador en la tierra viera estas estrellas durante un eclipse sus posiciones parecerían ser desplazadas por

un techo progresivamente mayor cuanto más cerca estas estuvieran del sol y tras tres intentos esto pudo ser comprobado hasta 1919. Por Eddington quien viajó a África con el fin de fotografiar las estrellas. Las imágenes fueron analizadas por la Royal Society y efectivamente confirmaron la predicción de Einstein. Este cambio descarriló la teoría de Newton y del éter porque por fin parecía Einstein tener una base experimental física con la cual mostró la predicción entre las teorías anteriores y la teoría que él estaba proponiendo y efectivamente dicha predicción fue puesta a prueba con resultados sorprendentes.

3.2 El éter y la teoría de la relatividad¹⁷ (Alocución realizada el 5 de mayo de 1920 en la Universidad de Leyden).

Ya postulada la relatividad espacial en 1905 por Albert Einstein, una teoría bajo la cual se puede llegar a una electrodinámica sólida y la concepción del éter se muestra innecesaria y como parte del pasado. Es hasta 1909, que Einstein explica en una conferencia, porque no es necesario un referencial en reposo absoluto. Conferencia que llamo: “El desarrollo de nuestros puntos de vista sobre la composición y la esencia de la radiación” donde dice:

“El principio de la relatividad establece, entonces, que todas las leyes de la naturaleza que se refieren a un sistema de coordenadas K' en movimiento uniforme respecto al éter sean iguales a las correspondientes leyes referidas a un sistema de coordenadas K en reposo respecto al éter. Pero si esto es así, entonces tenemos la misma razón para imaginar al éter en reposo respecto a K' introduciendo un éter en reposo respecto de él.

¹⁷**Einstein** (1920). *el éter y la teoría de la relatividad*. Esta conferencia se puede encontrar en el libro *Sidelighs on Relativity* (Dover 1983). Donde se recogen dos conferencias de Einstein, a la cual nos estamos refiriendo aquí y *Geometry and Experience*. También se puede consultar esta conferencia en la siguiente dirección de internet: http://www.mountainman.com.au/aether_0.html. (Traducción al inglés).

De eso sigue que solo se puede obtener una teoría satisfactoria si se renuncia a la hipótesis del éter.” (Einstein, 1909)

O sea que los fenómenos físicos deben comportarse de la misma manera, si privilegiamos al éter como marco de referencia en reposo absoluto, un rayo de luz se debe comportarse de la misma manera si el observador está en reposo o en movimiento con respecto al éter. Y las explicaciones de muchos físicos citados anteriormente no fueron totalmente satisfactorias ante esta transformación.

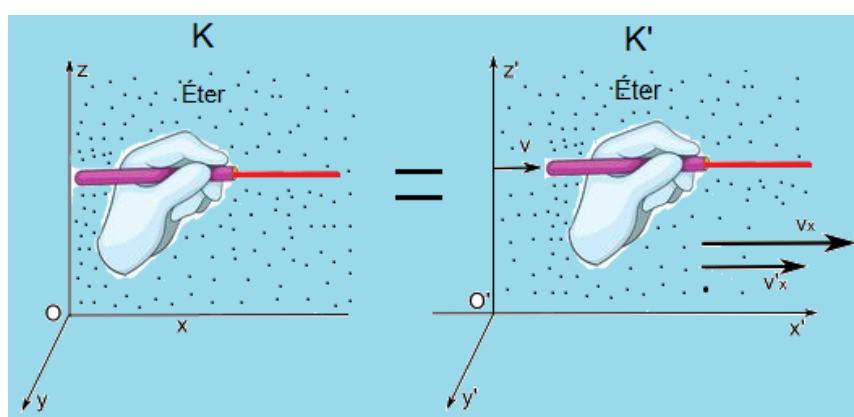


Figura 11. Marco de referencia quieto y en movimiento respecto al éter estático. Fuente propia.

En 1916, Albert Einstein publica la teoría de la relatividad general; en donde el éter, el espacio-tiempo y el campo gravitatorio parecen ser concebidos de la misma manera. Por lo que el 5 de mayo de 1920 Einstein dio una conferencia en alemán titulada originalmente: Der Äther und die Relativitätstheorie, en la cual nos dice:

“Una reflexión más precisa nos enseña, no obstante, que la teoría de la relatividad especial no nos obliga a negar el éter. Podemos asumir la existencia de un éter; sólo tenemos que extraer por abstracción la última característica mecánica del éter de Lorentz eso es, su inmovilidad. (...) Negar el éter es en última instancia asumir que el espacio vacío no tiene ningún tipo de cualidad física.” (Einstein, 1920)

Entonces, es evidente que el éter y la física pasan por una revolución epistemológica y conceptual ya que la teoría de la relatividad general nutre un complejo lenguaje físico-matemático. Y para entenderlo es necesario tener una especialización específica en este campo del conocimiento, campo que proporciona modelos de la interpretación de un nuevo mundo físico.

Y por lo mismo, el desarrollo científico moderno de las teorías del Éter apunta, por contra, en una dirección diferente respecto a las propiedades del Éter, tanto oscuras como sutiles - apunta hacia el concepto de un medio de energía sin masa que tiene propiedades "afotónicas" o no electromagnéticas. La "sutileza" del Éter resulta de su propiedad no inercial o de ausencia de masa, y la "invisibilidad" de su naturaleza oscura. Así que es posible que las incompatibilidades en las teorías del éter caigan justo en los terrenos de la física moderna. Einstein trata de diferenciar y a su vez relacionar la concepción del campo gravitacional, el campo electromagnético y el éter. Al respecto dice:

“Si consideramos el campo gravitacional y el campo electromagnético desde el punto de vista de la hipótesis del éter, encontramos una diferencia notable entre los dos. No puede haber espacio ni ninguna parte del espacio sin potenciales gravitacionales; porque confieren al espacio sus cualidades métricas, sin las cuales no se puede imaginar en absoluto.” (Einstein, 1920)

Einstein en la teoría general de la relatividad plantea las ecuaciones de campo, estas describen la interacción fundamental de la gravitación como resultado de que el espacio-tiempo está siendo curvado por la materia y la energía. En otras palabras, relacionan la presencia de materia con la curvatura del espacio-tiempo. Estas ecuaciones tienen una interpretación geométrica del espacio, un espacio que adquiere dimensión y simetría. Y su solución lleva a pensar físicamente en un universo isótropo y homogéneo, lleno con una

densidad constante y de una presión insignificante, entonces el éter de Lorentz toma vida en la relatividad general, dejando de lado la propiedad como marco de referencia privilegiado.

Einstein cierra esta conferencia diciendo:

“Recapitulando, podemos decir que, según la teoría general de la relatividad, el espacio está dotado de cualidades físicas; en este sentido, por lo tanto, existe un éter. Según la teoría general de la relatividad, el espacio sin éter es impensable; porque en ese espacio no solo no habría propagación de la luz, sino que tampoco habría posibilidad de existencia para los estándares del espacio y el tiempo (varillas de medición y relojes), ni, por lo tanto, ningún intervalo espacio-tiempo en el sentido físico. Pero no se puede considerar que este éter esté dotado de la característica de calidad de los medios ponderables, ya que consta de partes que pueden rastrearse a través del tiempo. La idea de movimiento puede no aplicarse a ella.” (Einstein, 1920)

Ahora bien, la ciencia oficial parece que vuelve a considerar al éter debido a que subyace de alguna manera y algunas de estas características prevalecen. El éter tiene elasticidad, densidad de energía, pero no velocidad en el sentido en que no se puede decir que se está moviendo con respecto al espacio.

Por ejemplo, en cuántica las partículas que viajan en el vacío cuántico no se paran, o sea no hay un sistema de reposo privilegiado con respecto al vacío cuántico, sino que cualquier partícula que está moviéndose sigue moviéndose y “no se entera” de que se está moviendo. De hecho, lo único que se ha hecho en el siglo XX es volver a dar propiedades al vacío Einstein lo hizo con la curvatura, la física cuántica lo hizo con la estructura cuántica del vacío como en el ejemplo. El Bosón de Higgs es una noción o una especie de Éter, una especie de campo que está en el vacío, la energía oscura es una propiedad que se le asigna al vacío.

Peter Higgs postuló la existencia de un campo de energía que llena todo el universo. Por ejemplo, se puede pensar en una analogía un poco superficial para dar a entender esta

concepción, a ver, el agua hará el papel del campo de Higgs. Un pez apenas interactúa con el agua y debido a su forma nadará muy fácilmente, el pez es similar a una partícula con poca masa. En contraste, un humano con mayor masa apenas podrá moverse con lentitud en el agua, el humano sería una partícula masiva y lo es porque interactúa demasiado con el agua. La más ligera de las partículas subatómicas es el electrón mientras que la más masiva es el quark y se cree que el quark tiene más masa que el electrón porque interactúa más con el campo de Higgs y en realidad, si este dichoso campo no existiera ninguna de las partículas tendría masa. Y, la composición de este campo está concebida por n números de bosones de Higgs los cuales tampoco han sido descubiertos.

O sea que son características de una especie de éter, y lo que sucede es que no podemos deshacer la historia y entonces el modelo del éter clásico, el éter de la teoría ondulatoria parece no funcionar con la nueva concepción de la física, una física que resucita el éter, pero este debe ser invariante al éter de Lorentz, eso quiere decir que cuando una partícula se mueve sobre él se sigue moviendo y se cumple el principio de inercia. O sea, que, aunque existe un éter y este éter interacciona con ella no la hace frenar, no la lleva a un sistema de referencia privilegiado que es el de reposo lo mismo sucede cuando Einstein le atribuye una serie de propiedades al espacio-tiempo. Ahora bien, se dice que sí, claro que hay un éter, pero es un éter sutil que no es el mismo del siglo XIX.

SÍNTESIS Y CONCLUSIONES ACERCA DEL CAMBIO CONCEPTUAL DEL ÉTER EN LA HISTORIA

En primera medida, realizar la reconstrucción histórica de las teorías del éter permite entender los momentos y autores cruciales en la historia de la física. Demarca los lapsos de trascendencia de la física y sobre todo los paradigmas que surgen entre una teoría científica y

otra. Pensar en la transmisión de la acción física es pensar inmediatamente en el éter, en la última mitad del siglo XVIII y la primera mitad del siglo XIX la física se traduce a la interpretación empírica de los fenómenos. Interpretaciones que se verifican a través del experimento y son objetivamente reales al estar acorde con las hipótesis clásicas. Eso quiere decir, que las imágenes que construyen los físicos para explicar los fenómenos de la época, son imágenes accesibles al razonamiento común. Y, por ende, es indispensable para la época construir una imagen que explique y sustente la transmisión física.

El hecho de que los fenómenos no ocurren instantáneamente dejó de ser para la época cuestión de absoluta divinidad, la contundencia de la teoría ondulatoria solventa esta necesidad. La luz, la electricidad, el magnetismo y la gravedad son acciones que ocurren en un delta de tiempo o sea son efectos que acontecen en el espacio, un espacio que adquiere características físicas y se convierte en un medio de propagación.

Estudiar el cambio conceptual del éter implica realizar una aproximación amplia a las teorías, ya que el cambio presupone adiciones, enriquecimiento y reestructuración de las hipótesis y ello remite a todo un proceso en el conocimiento. Justo a mediados del siglo XIX, el éter cumple la función de solventar la explicación de los fenómenos físicos y las bases teóricas de la física parecen ser las más sólidas de la historia. Se le atribuyen propiedades físicas al éter, propiedades que deben cumplir con estas bases y están arraigadas a lo que llamaríamos hoy como física clásica. Si el éter era un medio debía tener densidad, energía, estructura, rigidez, elasticidad, homogeneidad etc.

La analogía entre la propagación de la luz y el sonido hace pensar a la comunidad científica que los fenómenos se producen gracias a la oscilación del medio por el cual se propaga la acción física, y que a su vez el comportamiento de los fenómenos depende directamente de las características de este medio. Nacen y surgen teorías que explican los fenómenos físicos y el éter asume el reto de no generar contradicción con los principios básicos de la física.

El éter pasa por una serie de etapas y transformaciones. En primera medida, los fenómenos radiantes y el fenómeno de aberración fueron contundentes en la manera de aceptar cuál de las hipótesis del éter era la más conveniente. En segunda medida, las teorías del éter no estuvieron guiadas en construir una prueba verídica de su existencia, más bien, las diferentes teorías del éter fueron el solvento de la acción física de los fenómenos. Por ejemplo: El éter luminífero y la confrontación entre la teoría del arrastre parcial y total del éter, complementa la explicación del fenómeno de aberración. Y, por último, el éter pasa de ser trasmisor de la acción física a una entidad física que debe cumplir con las propiedades mecánicas y complementar satisfactoriamente la teoría de la luz y el electromagnetismo. Lo que conlleva a generar una explicación al experimento de Michelson y Morley dada por Lorentz y su coeficiente de contracción. En general, los experimentos de la época solo buscaban establecer cuál de las teorías tendría mejor acogida, pero la interpretación del experimento de Michelson y Morley bajo la teoría de la Relatividad Especial logra desenredar y superar cualquier hipótesis del éter.

Einstein bajo la consolidación de su teoría no ve necesario acudir a las hipótesis de éter. Esto debido a la transformación del lenguaje de la física a un lenguaje más exigente y egoísta. La física después del siglo XIX es gobernada por una guerra de científicos, donde el arma más poderosa es la matemática, el ganador es quien hable el lenguaje más fino y que con las leyes prediga futuros resultados experimentales. Así, como cambia conceptualmente el papel del éter, cambia la física, y surgen nuevos paradigmas. La revolución más desmedida de la física, se da en estos 50 años y esto se debe al surgimiento de más y más teorías que hacen ver a la física clásica con un poco de estupidez o más bien a la física moderna como la nueva madre de la ciencia.

Muchos científicos opusieron resistencia a este cambio y a pesar de los grandes intentos por modificar las teorías a gusto de las nuevas concepciones de la física, no ganaron la batalla y el

éter como la concepción clásica de la luz pasó a ser historia. El éter es más que un objeto que agonizo en la física. Es un objeto que vivió en la física y que resucita constantemente en la física moderna. El éter de la relatividad general y de la cuántica, nace bajo las mismas particularidades que no lograron explicar las teorías clásicas. Y es: ¿Cómo es el espacio?, ¿Cuáles son las características de ese espacio en el que se transmite la acción física? La experiencia de nuevo, juega un papel primordial porque no es posible pensar en el espacio vacío, el vacío no lo podemos ver, ni imaginar. Precisamente porque estamos rodeados de fenómenos que ocurren en espacios llenos, llenos de aire, llenos de gases, llenos de líquidos. Y, solo cuando un fenómeno ocurre a través de un espacio “lleno de algo”, el fenómeno es real o eso parece. El mismo espacio de la relatividad general en el que “reposan” los planetas, es un espacio homogéneo y con forma. Pensar en el espacio como si fuera totalmente vacío es pensar directamente en la inexistencia de cualquier fenómeno físico.

Por otra parte, el estudio detallado de las teorías del éter lleva a un entendimiento profundo de la física, analizar cómo surge el conocimiento y recordar cada movimiento en la construcción de hipótesis, ideas, etc... Permite ir paso a paso y descubrir cada una de las etapas en este proceso. Quizá no sea posible enumerarlas o nombrarlas, pero si es claro que estudiar originales lleva al alumno a entender a cabalidad el surgimiento del conocimiento. Lo que implica un reto, ya que, debido al uso sistemático de los contenidos, se desarrolla una manera de pensar donde es necesario que el estudiante se forje con un amplio manejo disciplinar.

A modo de conclusión: Es necesario incluir en la enseñanza de la física los estudios históricos. Para así tener un mejor manejo de los contenidos disciplinares, un manejo más contextualizado y menos metódico. Y claramente es un error desligar de manera radical la enseñanza de la física con la historia de la física por lo que es conveniente elaborar estrategias y herramientas que incluyan la historia de las ciencias en los currículos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Congreso internacional: El éter y la modernidad, Oxford-Inglaterra.

Ayala, M. M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Pro-Posições*, 17(1), 19–37.

Caballero, J. A. (2012). *Análisis y estudio de la historia. El Historiador y la metodología histórica*.

Cassini, A., & Levinas, L. (2005). La reinterpretación radical del experimento de Michelson-Morley por la relatividad especial. *Scientiae Studia*, 3(4), 547–581.
<https://doi.org/10.1590/s1678-31662005000400002>

Cassini, L., & Levinas, M. (2009). *El éter relativista: un cambio conceptual inconcluso*. 41(123), 3–38.

Einstein, A. (1905). Sobre un punto de vista heurístico concerniente a la producción y transformación de la luz. *Annalen Der Physik*, 1(17), 132–148.

Eisenstadt, J. (2015). *Antes de Einstein: relatividad, luz y gravitación*. Retrieved from <https://es.scribd.com/document/383580421/Antes-de-Einstein-Relatividad-Luz-y-Gravitacion-Jean-Eisenstaedt>

ÉTER Maxwell. (n.d.).

Faraday. (1846). Acerca de la estructura del éter y la naturaleza de la acción a distancia. *Revista Filosófica*, XXVIII.

Fresnel-texte.pdf. (n.d.).

Huygens. (1690). Lenses and Waves. *Lenses and Waves*. <https://doi.org/10.1007/1-4020-2698-8>

Krapas, S. (2008). El tratado sobre la luz de Huygens y su transposición didáctica en la enseñanza introductoria de óptica. *Revista de Enseñanza de La Física*, 21(2), 49–60.

Lafuente, A. (1979). *La hipótesis del éter en España*.

Lorentz. (1911). No Title. *Un Hito En El Desarrollo de La Física Dice*.

Luz, Rodríguez & Ángel, R. (1999). La construcción de la historicidad de las ciencias y la transformación de las prácticas pedagógicas. *Física y Cultura: Cuadernos Sobre Historia y Enseñanza de Las Ciencias*, 6. Retrieved from https://www.academia.edu/7530009/Rodriguez_y_Romero_1999_La_construccion_de_la_historicidad_de_las_ciencias

Maxwell, J. C., & Niven, W. D. (2011). The scientific papers of James Clerk Maxwell. *The Scientific Papers of James Clerk Maxwell*, 2, 1–802. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511710377>

Newton, I. (1693). Cuatro cartas de Sir Isaac Newton al doctor Bentley que contienen algunos argumentos en favor de la existencia de una deidad (1692–1693). *Revista de Filosofía DIÁNOIA*, 44(44), 113. <https://doi.org/10.22201/iifs.18704913e.1998.44.655>

Piaget, J., & García, R. (1982). *Psicogénesis e historia de la ciencia*. 12, 252. Retrieved from http://books.google.com/books?id=OP_46cTPf8MC&pgis=1

Posada, F. (2001). *Reflexiones en torno al éter*. 10. Retrieved from <https://www.ranm.es/sesiones-y-actos/archivosesiones/2001/136-sesion-del-dia-23-de-enero-2001.html?showall=&start=2>

Ruiz, A. G. (2003). *La nueva imagen del mundo: El impacto filosófico de la Teoría de la Relatividad*. Retrieved from <https://books.google.com.co/books?id=rAJpQAWXB88C&pg=PA35&lpg=PA35&dq=Por+extraña+que+la+hipótesis+pueda+parecer+a+primera+vista,+habrá,+sin+embargo,+que+admitir+que+no+resulta+tan+remota,+tan+pronto+como+se+supone+que+también+l>

Sanz, L. (n.d.). *Física del éter*.

Stokes, G. G. (1845). *Sobre la aberración de la luz* □ □. 1–5. Traducción realizada por Juan Carlos Orozco Cruz, Profesor asistente del departamento de física de la Universidad

Pedagógica Nacional a partir del original Math. And Phys. Papers, 1, 134-40. in.

Ricardo G. Díaz y José Antonio C. Jiménez (2006) *Origen, ascenso y muerte de la hipótesis del éter y el ojo crítico de Paul Ehrenfest*, Monterrey-México, Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas (p.52)

Maxwell, J. C. (1965) Traducción realizada por Juan Carlos Orozco Cruz, Profesor asistente del departamento de física de la Universidad Pedagógica Nacional a partir del texto en ingles en NIVEN, W. D, (Edit), *The Scientific Paper of James Clerk Maxwell*, vol 2, Dover Publications, Inc, New York. (p 1-11)

Caballero, J. A. (2012) *Estudio y análisis de la historia. El historiador y la metodología histórica*- Zaragoza- Revista Círculo Rojo (p. 1-9)

Morrison, M. (28 de enero de 2000). *Teorías científicas unificadoras: conceptos físicos y estructuras matemáticas*.

Huygens, C. (1690). *Traité de la Lumière: retrospección sobre el surgimiento de la teoría ondulatoria*. Tomado del libro: *Lenses and Waves Christiaan Huygens and the Mathematical Science of Optics in the Seventeenth Century*-Capítulo 6 (p. 213-253)

Fresnel, A. (15 de octubre de 1815) *Primera memoria sobre la difracción de la luz*.. Memoria dirigida a la Academia de Ciencias. Publicado en Complete Works de Augustine Fresnel, publicado por MM. Henri de Senarmont, Emile Verdet y Léonor Fresnel, París, Impr. imperial, 1866-1870. (páginas 1-25).

Michelson y Morley (1887). *Sobre el movimiento relativo de la tierra y el éter luminífero*. Tomado del libro la teoría de la relatividad (p. 35-47)

Lorentz (1825). *Treatise on Electrical and Magnetic Phenomena in Moving Bodies*. Fragmentos del libro: la nueva imagen del mundo de Agustín González Ruiz. Madrid- España-

(p-34). Algunos apartados de esta *conferencia* también se pueden consultar en la siguiente dirección de internet:

file:///C:/Users/Usuario/Downloads/DialnetLaConferenciaSolvayDe1911-3754157.pdf

Einstein (1905). *Depende la masa inercial de la energía*. Sección de Artículos de la sociedad Mexicana de Física Vol 1. Soc. Mex. 19-13 (2005). También se puede consultar este artículo en la siguiente dirección de internet:
http://www.relatividad.org/ef_fotoel_einst_heuristico.pdf (p 1-9)

Einstein (1920). *el éter y la teoría de la relatividad*. Esta conferencia se puede encontrar en el libro *Sidelighs on Relativity* (Dover 1983). Donde se recogen dos conferencias de Einstein, a la cual nos estamos refiriendo aquí y *Geometry and Experience*. También se puede consultar esta conferencia en la siguiente dirección de internet:
http://www.mountainman.com.au/aether_0.html. (Traducción al inglés).

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, que me ha dado salud y coraje para no rendirme en ningún momento de mi vida. A mi familia, que ansiosos han esperado el momento de recibir el primer Plazas profesional. A mis amigos que han dibujado una sonrisa en mi rostro en los días difíciles. Y, a él, que la vida me lo presento en el momento indicado. Amigo, profe, papá, hermano, gracias por estar ahí en todo momento, no solo crecí profesionalmente sino como mujer.