

**LA FORMACIÓN DE LAS AURORAS POLARES Y SU RELACIÓN EN LA
ENSEÑANZA DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS E IONIZACIÓN EN
EL AULA DE CLASE**

LAURA RINCÓN NUÑEZ

LINEA DE INVESTIGACIÓN

LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA Y LA RELACIÓN FÍSICA MATEMÁTICA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA, DEPARTAMENTO DE FÍSICA

BOGOTÁ, COLOMBIA

2022

**LA FORMACIÓN DE LAS AURORAS POLARES Y SU RELACIÓN EN LA
ENSEÑANZA DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS E IONIZACIÓN EN
EL AULA DE CLASE**

LAURA RINCÓN NÚÑEZ

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE LICENCIADA EN
FÍSICA

Asesores:

Víctor Andrés Heredia

LINEA DE INVESTIGACIÓN

LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA Y LA RELACIÓN FÍSICA MATEMÁTICA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA, DEPARTAMENTO DE FÍSICA

BOGOTÁ, COLOMBIA

2022

DEDICATORIA.

Quisiera dedicar este logro a mi padre y mi abuela, quienes me acompañaron, guiaron y apoyaron desde el cielo. Hoy, estoy tan agradecida de que me mantuvieron motivada y no dejarme desfallecer en aquellos días en que no tenían la fuerza para seguir adelante. Gracias de nuevo a mis dos angelitos por su apoyo incondicional y ser mis muletas en los momentos difíciles.

AGRADECIMIENTOS

Mi principal agradecimiento es para mi madre por su amor incondicional y constante compañía, y mis hermanos Juan, Andrés y Luis por su invaluable ayuda y comprensión.

Gracias a mis queridas compañeras Laura y Paula, con quienes juntas iniciamos este camino y participaron de este logro con sus consejos y constante compañía.

Gracias a la Universidad Pedagógica Nacional, a mis docentes y compañeros, por brindarme conocimientos, compañía y enseñanza.

Contenido

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	3
1.1. Planteamiento Del Problema	3
1.2. OBJETIVOS	5
1.2.1. Objetivo General.....	5
1.2.2. Objetivos específicos	5
1.3. Antecedentes.....	6
1.4. Marco De Referencia.....	7
1.4.1 Conceptos Electromagnéticos Involucrados En El Fenómeno Aural	8
1.4.2. Consideraciones Del Campo Eléctrico	8
1.4.3. Consideraciones Del Campo Magnético.....	10
CAPITULO II	13
2.1. Primeros Observadores Del Fenómeno Aural Y Boreal.....	15
2.2. Formas Y Colores Del Fenómeno Aural	17
2.3. Algunos autores presentan sus hipótesis de la causa aural	20
2.4. El fenómeno de las auroras boreales por fin tiene sentido.	21
CAPITULO III	25
3.1. Proceso Nuclear Del Sol.....	26
3.2. Viaje Del Viento Solar A La Tierra.....	27
3.4. Breve Historia De La Ionosfera.....	29
3.5. Proceso De Ionización	32
3.5.1 Relación De La Ionización Y La Ionosfera	35
3.6. Formaciones De Las Emisiones De Luz (Auroras Boreales)	37
3.7. Espectros electromagnéticos Y Su Relación Con El Fenómeno De Las Auroras Polares	39
CAPITULO IV	40
4.1. Unidad Didáctica	40
4.2. Descripción De La Comunidad A Quien Va Dirigida La Unidad Didáctica.....	41
4.3. Desarrollo De Actividades Y Momentos.....	41
4.4. Resultados Esperados	49
CONCLUSIONES	50
Bibliografía	52
ANEXO 1	1

IMAGENES

<i>Imagen 1. Polaridad de un imán.</i>	11
<i>Imagen 2. Atracción y Repulsión de un imán.</i>	12
<i>Imagen 3. Relación del Norte – Sur geográfico y magnético.</i>	13
<i>Imagen 4. Colores y formas de las auroras polares.</i>	18
<i>Imagen 5. Auroras en forma de pirámides y columnas</i>	18
<i>Imagen 6. Auroras polares en forma de arcos.</i>	19
<i>Imagen 7. Perfecta sincronía de las auroras polares en los hemisferios norte y sur.</i>	24
<i>Imagen 8. Fenómeno de las auroras captadas desde un satélite.</i>	24
<i>Imagen 9. Fusión de Hidrogeno a Helio.</i>	26
<i>Imagen 10. Viento solar e interacción de la magnetosfera y los cinturones de Van Allen.</i>	28
<i>Imagen 11. Proceso de ionización de un átomo de gas.</i>	33
<i>Imagen 12. Forma genérica de la ionización de un átomo de gas.</i>	33
<i>Imagen 13. Variaciones de las regiones con actividad solar.</i>	35
<i>Imagen 14. Densidad de la ionosfera en función de la altura.</i>	35
<i>Imagen 15. Etapas de trabajo.</i>	41

TABLAS

<i>Tabla 1. Estructura de la ionosfera.</i>	36
<i>Tabla 2. Espectros más comunes en la formación de las auroras polares.</i>	38
<i>Tabla 3. Emisiones de las Auroras Polares.</i>	39
<i>Tabla 4. Paso a paso de las actividades correspondientes a la unidad didáctica.</i>	42

FORMULAS

<i>Formula 1. Colisión de una molécula de gas y un electrón.</i>	34
--	----

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se conocen explicaciones físicas sobre algunos fenómenos naturales, tales como: rayos, arcoíris y huracanes, entre otros, a los cuales estamos expuestos y en el que la gran mayoría de estos resultan ser hallazgos asombrosos e inquietantes para el ser humano por sus diferentes luminiscencias y formas; principalmente, gracias a los avances tecnológicos se han podido encontrar respuestas a tales causas de estos fenómenos y con ello dar una razón de su existencia.

Durante los siglos IV y XV, uno de los fenómenos naturales que logro centrar la atención por parte de curiosos y científicos fue el fenómeno de las auroras polares (austral y boreal), pues durante ese tiempo las extrañas luces que aparecían en el cielo no contaban con una explicación que se pudiera dar razón de su existencia. Desde entonces tantos filósofos, astrónomos y físicos se pusieron en la tarea de descubrir que era eso que hacía aparecer luces en el cielo y que hacía que se dieran solo en algunos puntos de la Tierra.

Ahora bien, en la actualidad y gracias a las explicaciones y trabajos desarrollados por investigadores en siglos pasados se pudo establecer la causa del fenómeno aural, entre esas, se hablo acerca del campo magnético de la tierra y como éste hace para que se produzcan dichas luces. Es por ello, que resulta importante resaltar que con la formación de este fenómeno se pueden correlacionar algunos conceptos electromagnéticos que son abordados en el aula de clase especialmente en el grado undécimo.

El trabajo que se presenta aquí tiene como objetivo construir una unidad didáctica en la cual se involucren algunos conceptos de los fenómenos electromagnéticos (campo magnético y campo eléctrico) presentes en la formación del fenómeno de las auroras polares. El presente trabajo se encuentra dividido en cuatro capítulos, atendiendo a la importancia de hablar de este fenómeno en el aula de clase desde aspectos importantes en la conformación de la formación de este desde algunas explicaciones físicas.

En el primer capítulo se describe la importancia de hablar en el aula de clase sobre los conceptos del electromagnetismo desde la perspectiva de los estándares básicos de competencias y la manera en que estos conceptos se pueden relacionar con

el fenómeno de las auroras polares. Además, se plantean unos objetivos que van encaminados a la explicación de este fenómeno y como llevarlos a una unidad didáctica de acuerdo con algunas explicaciones de los conceptos de electromagnetismo tales como: campo eléctrico, campo magnético y ionización. Además, se resaltan ciertos trabajos, estos relacionados con algunos de los conceptos ya mencionados, y con la formación del fenómeno de las auroras polares (austral y boreal), y para finalizar se hace un marco de referencia con una breve descripción de los conceptos magnéticos y eléctricos, los cuales serán mencionados de forma general y como estos tienen relación con el fenómeno de las auroras.

El segundo capítulo está dedicado a la contextualización de orden histórico de algunos hallazgos importantes en la construcción de explicaciones de la formación del fenómeno auroral, en donde se destacan las primeras exploraciones realizadas por Aristóteles hasta las misiones realizadas por la National Science Foundation (NSF). Así mismo, se describen algunas de las teorías e hipótesis que presentaron filósofos, astrónomos y físicos para explicar la posible causa de la formación auroral desde el punto de vista filosófico y científico.

En el capítulo tres, se estudia el proceso de ionización, y la manera en el que este se articulan algunos de los conceptos electromagnéticos, para que, con ello se logre producir las denominadas luminiscencias. De esta manera se hace una descripción de que es la ionización, como se produce y de qué forma este proceso se involucra en la formación del fenómeno de las auroras polares. También, se recalcan que otros factores influyen en la formación del fenómeno como: la fusión nuclear, viento solar, ionosfera y espectros electromagnéticos

Para el último capítulo, se hace una recopilación de lo desarrollado en los tres primeros capítulos buscando consolidar todo lo anterior en una unidad didáctica, la cual está encaminada y contextualizada para estudiantes de grado undécimo. Esta unidad está enfocada a la descripción del fenómeno auroral desde el desarrollo de experimentos, lecturas y actividades que den cuenta como se involucran estos conceptos electromagnéticos con el fenómeno de las auroras polares.

CAPITULO I

1.1. Planteamiento Del Problema

Uno de los principales retos de la educación colombiana es mejorar los resultados en el aprendizaje de las ciencias, más específicamente en el área de la física, dado que los resultados en diversas pruebas nacionales como las pruebas saber 11 o de carácter internacional como las pruebas PISA (Programme for International Student Assessment), en este componente los resultados demuestran deficiencias en el aprendizaje de temáticas del área de ciencias, además, la demanda de programas académicos profesionales relacionados con el área de las ciencias naturales y con física en particular es escasa (Alfonso Echazarra & Markus Schwabe, 2019).

Por lo tanto, identificar vacíos y dificultades de aprendizaje en el contexto de las materias desarrolladas en el aula permite comprender la pertinencia y reconfiguración de los currículos, que pueden ver el desarrollo de conceptos y actividades que se puedan ver inmersos en la enseñanza de las ciencias, dando respuesta así a los desafíos a los cuales la educación y más propiamente las estrategias de enseñanza empleadas, puedan fortalecer el trabajo en el aula para mejorar dichos resultados, atendiendo así, a generar escenarios de enseñanza de la física, buscando desarrollar estrategias que permitan articular los conceptos o fenómenos naturales en relación propiamente de los conceptos de: campo eléctrico, campo magnético e ionización. En consecuencia, sabiendo la relevancia de la enseñanza de la física, el siguiente trabajo se centra en algunos conceptos del electromagnetismo.

A partir de ello, resulta importante proponer distintas estrategias para la enseñanza, y que mejor manera para hablar sobre el electromagnetismo que emplear como recurso didáctico la formación del fenómeno de las auroras polares, las cuales resultan agradables para algunos curiosos por sus luminiscencias, estructuras y las formas que se generan en los hemisferios de la tierra. Al formarse éstas se pueden relacionar algunos fenómenos físicos como los campos magnéticos, polaridad de la tierra, campo eléctrico y ionización.

De igual importancia, al estudiar los fenómenos en contexto se resaltan mejores procesos de aprendizaje que proporcionan un mecanismo más propio y cercano a la realidad del estudiante. Para ello, Ortega (2010) describe que:

El aprendizaje es un proceso mediante el cual toda información nueva se asocia a un aspecto relevante del individuo (concepto integrador) y sobre el cual se apoyan y se construyen los nuevos conocimientos. Ausubel acuñó el término “aprendizaje significativo”. Este tipo de organización del conocimiento altera tanto la estructura que recibe el nuevo conocimiento como la del nuevo conocimiento (pág. 4).

Es aquí donde se resalta la importancia de relacionar los conocimientos que tienen los estudiantes sobre algunos conceptos de física y hechos relevantes de la naturaleza, con los que se pueden impartir en el aula sobre algunas temáticas de electromagnetismo, en este caso con el fenómeno de las auroras polares.

Durante el recorrido en la etapa escolar en el grado undécimo, se abarcan algunas temáticas específicamente en el área de electromagnetismo, y estas no son del todo expuestas dado que solo se ven hasta sumatoria de fuerzas, algunos experimentos relacionados con fluidos, vectores, conversiones y las leyes de Newton, sin abarcar los fenómenos electromagnéticos como campos eléctricos, magnéticos entre otros.

Del mismo modo, en la práctica profesional docente desarrollada en el periodo 2020-1, 2 y 2021-1, 2 se pudo identificar que las temáticas del electromagnetismo en el colegio son abordadas sin mayor profundidad, debido que estas son estudiadas en la mayoría de las veces en grado 11, y este al ser el último año escolar cuenta con gran cantidad actividades extracurriculares como procesos académicos internos¹, y otras veces por la preocupación de los estudiantes y profesores hacia las pruebas de estado (saber-11), que consumen tiempo de la jornada académica.

Además, teniendo en cuenta los estándares básicos de competencias para ciencias, se espera que los estudiantes en grado 11, establezcan relaciones entre fuerzas macroscópicas y fuerzas electrostáticas, y establezcan relaciones entre campo gravitacional y electrostático, campo eléctrico y magnético, del mismo modo que, relacionen voltaje y corriente con los diferentes elementos de un circuito eléctrico complejo (Estándares Básicos de Competencias, 2006), por tanto, se evidencia la importancia de profundizar en el aula temáticas de electromagnetismo de una manera

¹ izadas de bandera y fechas especiales como, día de la diversidad, independencia y día del idioma, además de las actividades propias de la promoción, particulares para cada institución.

reflexiva donde se pueda dar explicación a un fenómeno particular, como en el caso de las auroras polares entendiendo la relación con conceptos electromagnéticos.

Por lo anterior, al estudiar las auroras polares se pueden abordar conceptos del electromagnetismo tales como: Campo eléctrico, ley de Coulomb, el uso de la brújula para determinar cómo se comporta el campo magnético de la tierra, experimentos con el uso del imán y distribución de carga, entre muchos otros, poniéndolos en contexto para los estudiantes, como alternativa a resolver ejercicios que muchas veces no tienen nada que ver con su vida cotidiana.

Ahora, uno de los fenómenos cuando se generan las auroras polares es el de la ionización que es lo que genera las diferentes luminiscencias en estas, y en contexto es significativo por el cual lo podemos evidenciar el: campo magnético, campo eléctrico e ionización. Las auroras polares son causadas por la precipitación de electrones y iones de alta velocidad sobre la atmósfera superior, las cuales penetran a lo largo de las líneas del campo magnético de la Tierra, que al estar en contacto con estas partículas las excitan y ionizan, es por tanto que se evidencia que la ionización es el responsable de que estas luces sean emitidas (Bravo, 1994).

Finalmente, para abordar el estudio de las auroras polares desde el electromagnetismo, en el escenario formativo de los estudiantes de grado undécimo, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles aspectos en el estudio de la formación de las Auroras polares contribuyen como estrategia didáctica en la enseñanza de los conceptos de campo eléctrico, magnético y ionización con estudiantes de grado 11?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Proponer el fenómeno de las auroras polares (austral y boreal) como estrategia de enseñanza de los conceptos campo eléctrico, campo magnético y ionización.

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar mediante una revisión bibliográfica los acontecimientos históricos más relevantes en el estudio de la formación de las Auroras Polares, que dieron paso a la formalización del fenómeno.
- Describir el fenómeno de ionización presente en la formación de las Auroras Polares de manera local, para introducir la enseñanza de los campos, eléctrico y magnético.
- Analizar una de las capas de la atmósfera (ionosfera), y sus regiones de tal forma que se relacionen con el proceso de formación del fenómeno de las auroras polares principalmente desde la ionización.
- Diseñar una secuencia didáctica que permita establecer la relación entre los campos eléctrico y magnético y ionización, con la formación del fenómeno de las auroras polares.

1.3. Antecedentes

En la búsqueda de antecedentes se encontraron algunos artículos, trabajos de grado y tesis de maestría, tanto de contextos nacional como internacional, estos relacionados con conceptos del electromagnetismo y con la formación del fenómeno de las auroras polares; estos antecedentes se constituyeron como punto de partida para el presente trabajo. Por otro lado, se consideró importante hacer la búsqueda de trabajos de investigación que estuvieran relacionados desde del enfoque de la enseñanza de la ciencia más específicamente enseñanza del electromagnetismo en niveles de secundaria.

En primer lugar, se encuentra el artículo de Carrasco (2018), quien menciona algunos hechos relevantes que se dieron en España en el año 1770, donde se realizaron varios registros de observación de la aurora y en el que se constató que esta presenta diferentes formas como: arcos y rayos; con esto se logró demostrar que las auroras no solo generan luminiscencias, sino que además recrea otras características que hace de estas aún más atractivas. Éste trabajo rescata algunos de los apartados históricos más relevantes del fenómeno auroral en donde se destacan algunas de las causas de como se

creía que se presentaba este fenómeno a finales del siglo XVIII. Siendo este un gran aporte para el desarrollo del presente trabajo.

Así mismo, el trabajo de Hernández (2015) hace una recopilación sobre algunos hechos importantes que tuvieron lugar con las *auroras polares*, a partir de debates científicos del siglo XVIII en México, sobre el origen y la formación de estas en la Nueva España, donde se planteaba y se defendían ideas que se tenían en ese tiempo sobre cómo se creía que se formaban las auroras boreales. Este trabajo aporta diferentes discusiones científicas sobre los conocimientos que se tenían durante el siglo XVIII de esas extrañas luces que aparecían en el cielo, los cuales estuvieron siempre enmarcados desde el punto de vista físico en particular desde la física solar.

Por otra parte, en la busca de antecedentes se encontraron trabajos enfocados al ámbito pedagógico, en ellos se encontró el trabajo de Chaparro (2015), quien realiza una propuesta didáctica sobre el magnetismo con el grado 11, donde toma como base el estudio del campo magnético de cuerpos astronómicos y con ello relacionar conceptos del electromagnetismo para desarrollar mejores procesos de enseñanza y aprendizaje en el área de física. Para el desarrollo del presente trabajo es importante reconocer las diferentes propuestas que están enmarcadas en el desarrollo de unidades didácticas y como con estas se puede profundizar con algunos de los conceptos asociados al electromagnetismo y con ello encaminarlos en el aula.

Finalmente, el trabajo de Aponte (2013), resalta el desarrollo de una estrategia para la enseñanza de fenómenos electromagnéticos en bachillerato, el cual involucra mejores procesos de enseñanza para la comprensión del funcionamiento de artefactos que involucren la inducción electromagnética y con esto llevar al aula nuevas estrategias de enseñanza a bachillerato.

1.4. Marco De Referencia

1.4.1 Conceptos Electromagnéticos Involucrados En El Fenómeno Aural

Durante el desarrollo y las descripciones de la formación del fenómeno de las auroras polares, siempre se resaltó la importancia de conocer como influían algunos conceptos del electromagnetismo (campo eléctrico y magnético). Es así como en esta sección se quieren resaltar algunas de las características de esos conceptos que posteriormente serán abordados en el capítulo II y III, esto con la idea de comprender en que consiste el campo magnético y eléctrico, el por qué son tan fundamentales para el desarrollo y formación del fenómeno de las auroras polares.

1.4.2. Consideraciones Del Campo Eléctrico

Desde la antigüedad los fenómenos eléctricos y magnéticos han llamado la atención por parte de estudiosos, tanto filósofos y físicos. Las primeras indagaciones que se tienen de la electricidad fueron por parte de las observaciones e investigaciones de tales de Mileto (624 a.c. – 548 a.c.), matemático y físico, quién en el siglo VI comentó una curiosa propiedad la cual consistía en frotar un trozo de ámbar, al realizar este primer acercamiento podía observar cómo este tenía la capacidad de atraer pequeños objetos. La definición que hoy en día conocemos como electricidad se le atribuye al comportamiento que tuvo el ámbar, esta definición fue acuñada tiempo después por el filósofo y científico William Gilbert (1544-1603) (de los Arcos & Tanarro, 2011).

Durante el año 1600, Gilbert se refirió a las observaciones y experimentos que realizo Tales de Mileto en especial la de ámbar, aunque esta definición ya abarcaba en esos tiempos una serie de fenómenos que aún no eran muy claros para él y para sus partidarios. Tiempo después Gilbert retomo el experimento de Tales de Mileto, pues para él no era muy evidente la aparición de chispa y la electricidad que surgía cuando se frotan dos objetos. Al retomar el experimento de Tales utilizó otro tipo de sustancias para comprobar el resultado que obtuvo con el ámbar, con esto determinó que este funcionaba con la resina, azufre y alumbre. A estos resultados los denominó finalmente como fuerzas eléctricas (Gutierrez, 2001) & (de los Arcos & Tanarro, 2011).

Posteriormente, aparece Benjamín Franklin (1706-1790) científico e inventor, quien realizó observaciones alrededor de los fenómenos eléctricos y los cuales incluyeron que existía otros dos tipos de fuerza eléctrica, estas las denominó como atractiva y repulsiva; también mencionó que existía otros tipos de electricidad, entre esas estaba *la resinosa* y *la vítrea*, estas se consideraron como manifestaciones del mismo fenómeno eléctrico.

Durante 1750, Benjamín Franklin propuso un experimento denominado como la “garita del centinela”, el cual consistía en atraer un rayo, pues inicialmente su preocupación era conocer como estaba compuesto o cual era la naturaleza de un relámpago. Para el año de 1752 se llevó a cabo la demostración experimental, pero esta práctica fue realizada por un físico francés llamado Thomas-François (1709-1778), este experimento probó la “*similitud de la electricidad de la materia con lo del rayo*” (Gutierrez, 2001).

En cuanto a las primeras consideraciones e investigaciones de Franklin, el sugirió que, sí se tiene un objeto y este posee una cantidad de electricidad y al frotarlo con otro objeto, esta electricidad se trasfiere de un cuerpo a otro; en conclusión, se dice que uno de los cuerpos queda con exceso de electricidad y el otro queda con una deficiencia. De esta manera y con estas indagaciones, Franklin enunció el llamado principio de conservación de la carga, que dice “*la suma neta de las cargas dentro de una región es siempre constante*” (Gutierrez, 2001).

Gracias a los descubrimientos de Franklin y sus seguidores, ahora reconocemos la naturaleza eléctrica de ciertos fenómenos eléctricos, como las tormentas eléctricas. Además, gracias al estudio de la electricidad, pudo convertirse en un campo a la altura de otros grandes campos de la época, como la mecánica y la óptica (Bravo, Plasma en Todas Partes, 1994).

Ahora, a partir de una serie de experimentos que realizó Franklin, identificó dos tipos de cargas, a las que llamo positivas y negativas, es decir, de la estructura atómica, los electrones tienen carga negativa y los protones tienen carga positiva. Para poder visualizar estas definiciones, tomemos el ejemplo de una varilla rígida de hule y frotamos contra un trozo de piel suspendido sobre un alambre. Cuando una varilla de vidrio que ha sido previamente frotada con seda se acerca a una varilla de hule, se puede analizar que las dos varillas se atraen entre sí, es decir, la varilla de hule tiene

carga positiva, la varilla de vidrio tiene carga negativa, y viceversa. De lo anterior, podemos concluir que “*cargas de un mismo signo se repelan y cargas de signos opuesto se atraen*” (Serwey, 2009).

Existen una variedad de experimentos para demostrar la existencia de las cargas eléctricas, entre ellos conocemos el de frotar un globo contra el cabello y después pasar este mismo cerca a unos trozos de papel, con esto se puede reflejar una fuerza de atracción suficientemente fuerte para que los trozos de papel queden suspendidos en el globo. Cuando ocurre esto con estos materiales como el globo o la varilla mencionada anteriormente se dice que quedan *electrificados* o mencionado de otra manera quedan cargados eléctricamente.

De esta manera, se puede tener bases de que es y cómo se comporta las cargas eléctricas de manera general, pues con estas podemos entrarnos más en la conceptualización de como el fenómeno de las auroras polares se ven influidas por estas y como infieren para que este fenómeno logre verse gracias al viento solar expulsadas por el Sol.

1.4.3. Consideraciones Del Campo Magnético

El ser humano siempre ha considerado tener un interés por el fenómeno del magnetismo, las primeras indagaciones que se tienen remonta aproximadamente en el año 600 a.c. Uno de los intereses de la humanidad sobre los campos magnéticos es que este afecta a los seres vivos, motivo por el cual ha sido investigado y cuestionado al pasar de los años. Una de las características por las que el campo magnético afecta a los seres vivos es la orientación espacial de los animales.

Evidencia que se tiene de por qué el fenómeno magnético afecta a los seres vivos, son por la aparición de unas algas y bacterias que según investigaciones usan el geomagnetismo para orientarse, es decir, que poseen unos cristales de magnetita que se alinean en largas cadenas denominadas como *magnetosomas*. Otro ejemplo, de que el fenómeno magnético está presente en los seres vivos, son las abejas pues a estas se les ha encontrado en su abdomen magnetita y lo mismo ocurre en el cráneo de los pichones. A estos ejemplos se les suma otras investigaciones de otros seres vivos. Todo ello, se logra evidenciar con estas explicaciones la importancia del estudio de magnetismo (Carbonell, Flórez, Martínez, & Álvarez, 2017).

Para iniciar con la definición del electromagnetismo, se debe comenzar primero con el concepto de magnetismo, este se ha considerado desde tiempos remotos como una de la rama de física que intenta dar una explicación a los fenómenos de atracción y repulsión que estos ejercen sobre algunos materiales (níquel, cobalto y hierro), siendo estos materiales susceptibles a los imanes.

Usualmente para abordar el magnetismo se toma como base la existencia de los polos magnéticos de los imanes permanentes², es decir, que dentro de la composición de los imanes estos tiene una propiedad de polaridad, en donde uno de los extremos, denominados polos, se nombra polo sur (S) y el otro se le conoce como polo norte (N). La región donde se pone el manifiesto la acción de un imán se llama campo magnético, este se representa mediante unas líneas de fuerza imaginarias cerradas que van de polo norte a polo sur, por fuera del imán y en sentido contrario en el interior de este (ver *Imagen 1*).

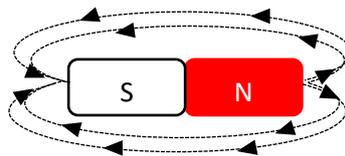


Imagen 1. Polaridad de un imán.

(Fuente: Elaboración propia)

Ahora bien, el fenómeno magnético se dio a conocer hace aproximadamente 2500 años, gracias a unos fragmentos de mineral de hierro magnetizado en la antigua ciudad de magnesia (lugar de donde se conoce el termino magnético). Gracias a los hallazgos del mineral, hoy en día se le conoce a ese material como imán permanente, los cuales ejercen fuerza sobre otros imanes u otro material que no estuviera magnetizado. Después de las primeras observaciones que se tenían de los imanes se descubrió que cuando una varilla de hierro entra en contacto con un *imán natural* y este se magnetiza y luego se suspende en un hilo, este tendría alinearse en dirección norte-sur. Tiempo después se demostró que las brújulas son prácticamente hierro magnetizado (Young & Freedman, 2009).

Los imanes se les puede caracterizar de cuatro maneras, las cuales constan de:

a) La fuerza de atracción de los polos en sus extremos tienden a ser más intensas, b)

² Imanes Permanentes: Un imán permanente se define como un material que se puede magnetizar y es capaz de producir un campo magnético permanente, a diferencia de un imán temporal, que produce un campo magnético solo cuando una fuerza o energía externa está activa para producirlo. <https://acortar.link/EpOaWQ>

Los polos norte y sur (N y S), también se les conoce como polo positivo y polo negativo, entre ellos existen unas combinaciones donde polos del mismo signo se repelan (NN – SS) y polos de diferentes signos se atraen (NS – SN) (véase en la *Imagen 2*). c) Los imanes también se les conoce un eje magnético, el cual consiste en una línea imaginaria que une los polos del imán, y por último d) La línea neutral es la que se distingue o separa las zonas *polarizadas* (Carbonell, Flórez, Martínez, & Álvarez, 2017).

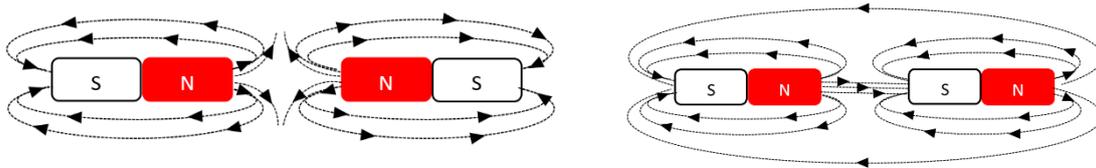


Imagen 2. Atracción y Repulsión de un imán. (Fuente: Elaboración propia)

Ahora, con la descripción anterior de los imanes y sus propiedades, podemos ver claramente un ejemplo de cómo se comporta un gran imán (la Tierra), que tiene un efecto en la formación de la aurora polar. Se considera que la Tierra es un gran campo magnético que, como se mencionó anteriormente, se comporta como un gran imán en un eje de rotación atravesado por los polos geográficos norte y sur. Se desconoce el origen del campo magnético terrestre (CMT), pero se cree que se debe a “*las corrientes conectivas en un núcleo fluido conductivo*”³ (Gil, Ricci, González, Juárez, & María Laura, 2021).

En la superficie de la Tierra existe una barra imantada ubicada en el centro del planeta, esta barra al igual que un imán tradicional posee un dipolo magnético (polo sur y polo norte) que corta a la Tierra en dos puntos llamados polos geomagnéticos. Estos polos no se alinean con los polos geográficos porque los polos geomagnéticos están aproximadamente alineados con el eje de rotación de la Tierra (Montoya, 1999).

Por otro lado, los polos geográficos no coinciden con la posición de la barra del imán terrestre, es decir, que si se tiene uno de los extremos del imán como puede ser el polo norte, este en la superficie terrestre se le considera como polo sur magnético (ver

³ Corrientes conectivas: Nuestro planeta está protegido del viento solar; el calor de la Tierra es capaz de producir flujos de hierro fundido en las capas exteriores del núcleo. Al igual que el aire de la habitación, el hierro más caliente sube, enfriándose gradualmente hasta volver a hundirse, aumentando así la temperatura y comenzando de nuevo el ciclo. Son corrientes conectivas, que como si fuera una dínamo gigante, produciendo un campo magnético que se escapa de la Tierra por el polo sur, rodea la Tierra en todas direcciones y vuelve a entrar por el polo norte. <https://acortar.link/q6hCtx>

Imagen 3). Esta situación se debe a que las agujas imantadas no señalan el norte geográfico (Ng), dado que las líneas de fuerza de un imán que se orienta al norte geográfico en realidad están apuntando en la dirección del sur magnético. Teniendo en cuenta la *ilustración 3* se refleja la ley de atracción y repulsión de los polos magnéticos y por qué no coincide con los polos geográficos (Gil, Ricci, González, Juárez, & María Laura, 2021).

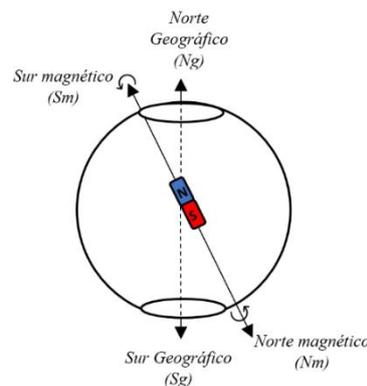


Imagen 3. Relación del Norte – Sur geográfico y magnético. (Fuente: Elaboración propia)

Para finalizar con este primer capítulo se mencionaron algunos de los conceptos más relevantes durante el proceso de la formación de las auroras polares, entre esos encontramos el campo magnético y eléctrico cuyas definiciones nos permitirán ahondar más en el estudio de cómo y por qué se dan las auroras polares en los hemisferios de la Tierra (polo sur y norte) y no en otro punto de la Tierra. Además, con la explicación de los conceptos se mencionó los hechos relevantes que dieron paso a reconocer el campo magnético y eléctrico como hoy en día se conoce, así mismo, de aquellos científicos: Franklin, Gilbert, entre otros quienes gracias a sus investigaciones y experimentos pudieron dar paso a explicaciones de cómo era posible que se formara el fenómeno de las auroras australes y boreales.

CAPITULO II

El fenómeno de las auroras boreales durante los siglos IV a XX fue uno de los acontecimientos más importantes; éste se dio alrededor del asombroso hallazgo de luces coloridas en el cielo que parecían cambiar de color e intensidad. A través de los años fue llamado de varias maneras según sus observadores, entre ellos filósofos, astrónomos y físicos, que por noches enteras trabajaron en encontrar la posible causa del por qué se presentaba este fenómeno en algunos lugares particulares en la Tierra.

Las auroras boreales a través de la historia han sido denominadas de muchas maneras debido a que cada persona que tuvo la fortuna de verlas por primera vez les dio un nombre diferente, por ejemplo: destellos, meteoros o luminiscencia que se originaban en el cielo sin considerar la causa de los diferentes colores y formas.

En consecuencia, se plantearon una serie de hipótesis y teorías que buscaban explicar la causa del fenómeno de las auroras. Dentro de esas explicaciones se encuentran las de Aristóteles (348 A.C- 322 A.C), para quien las auroras eran algo que se producía en el cielo, como ráfagas de luz o humo; de primera mano creía que esto podía deberse a Dioses que se comunicaban a partir de esos destellos o una especie de bola de fuego que daba la impresión de que fuese a caer en la Tierra. También existía otra hipótesis propuesta por De Mairan (1678 – 1771), que hablaba de que estas se daban gracias a la atmosfera de sol, es decir, que las ráfagas de luz podrían estar implicadas en la formación del fenómeno de las auroras (Antonio & Gama, 1790) (Savage, 1994).

Sin embargo, estas explicaciones no eran aceptadas por otros pensadores de la época, pues a pesar de contar con fuertes argumentos y algunos experimentos que daban cuenta de las observaciones, como lo hicieron ver Anaxímenes en el siglo IV, Descartes y Edmund Halley en los siglos XVI y XVII, entre otros, un grupo de científicos escépticos creían que estas posibles causas se encontraban con comprobaciones poco creíbles y de esta manera estaban sujetas a muchas dificultades e interrogantes (Savage, 1994) (Antonio & Gama, 1790).

Asimismo, a partir de las diferentes causas que intentaban dar explicación al fenómeno de las auroras, tales como: bolas de fuego, origen solar y tormentas magnéticas, astrónomos como Johan Carl Wilcke (1732 - 1796), De Mairan, Humboldt, Edwar Sabine, entre otros, gracias a sus observaciones comprobaron estas posibles causas a lo largo de los años y con ellas se pudiera dar un esclarecimiento de por qué este fenómeno solo se daba en los hemisferios de la Tierra y no en otras zonas (Norte y Sur) (Savage, 1994).

Por consiguiente, las auroras polares son un fenómeno visual que, gracias a las diferentes investigaciones realizadas durante un largo periodo se pudo comprender su naturaleza. Además, estas auroras boreales presentan una perfecta sincronía pues se

manifiestan al mismo tiempo en ambos hemisferios (polo sur y norte), cuando algunas de las partículas provenientes del Sol colisionan con nuestra atmosfera terrestre, discusión que se abordara más adelante. El termino boreal, indica el lado norte y austral el sur. Estas auroras abarcan una zona aproximadamente de 2500Km² desde donde es visible este fenómeno, es por ello, por lo que, en lugares cercanos a los polos como la Patagonia o Siberia, es posible verlos, pero en Colombia nunca se podría debido a su ubicación sobre la línea de Ecuador.

2.1. Primeros Observadores Del Fenómeno Aural Y Boreal

Uno de los primeros en evidenciar este magnífico espectáculo fue Aristóteles quién a mediados del siglo IV a.c., habló por primera vez sobre las auroras, quién las designó con distintos nombres, como lo fueron: lanzas, caballeros, resplandor e incendio en el cielo. De igual manera, se menciona que estas auroras polares tienen la propiedad de ser una gran bola de fuego cayendo del cielo o simplemente dando la impresión de humo debido a estas bolas de fuego. Por tanto, De Saint-Lazare (1833) describe que Aristóteles:

Unas veces comparaba este fenómeno a una llama con mezcla de humo, otras a la luz de una lámpara que se está apagando y algunas al incendio de una campiña, cuando se queman los rastrojos: Fenómeno, dice, que solo se ve durante la noche y tiempo de sereno (Pág. 129).

Además, otros filósofos contemporáneos a Aristóteles del siglo II y IV a.c., como: Cicerón, Plinio, Filipo y Seneca, filósofos y políticos de la época compartían la idea que esos destellos originados en el cielo no eran más que antorchas encendidas y fuego que parecía caer sobre la Tierra como lluvia de sangre.

Tiempo después Galileo (1564 – 1642), astrónomo, filósofo y matemático, quién también evidencio este fenómeno, se propuso probar la tesis aristotélica de que esas auroras en realidad eran luces que brillan en la inmensidad del cielo; además de la descripción Aristotélica, se decidió a comparar el fenómeno de las auroras boreales con cometas, de este modo, él creía que esos cometas no eran más que “aire cargado de vapor”, que al estar elevado en el cielo es golpeado por el Sol y como resultado se

obtiene un reflejo de su esplendor. En un principio comparo las auroras con los cometas porque al observar el cielo se creía que lo que estaba brillando en la inmensidad era una especie de vapor o humo, resultado que también se obtiene cuando los cometas golpean el cielo y se obtiene una especie de brillo o reflejo. Es por ello, por lo que Galileo hizo esta comparación creyendo que esos cometas y las auroras podrían semejarse a lo mismo (Savage, 1994).

Posteriormente, Galileo a raíz de la gran aurora que se presentó en 1621, la denominó *aurora borealis*, después que esta se viera en distintos lugares del hemisferio norte, donde denominó *aurora* en honor a la diosa griega del amanecer y *borealis* lo asociaba con el viento que se originaba en el norte del hemisferio en donde se encontraba (Aragonès Valls & Ordaz Gargallo, 2010).

Mas adelante, Descartes (1596 – 1650), filosofo, matemático y físico en 1638 basándose en observaciones previas publica una serie de manuscritos en donde intenta dar explicación a la causa de lo que él llama “*maravilla natural*” es decir, al fenómeno de las auroras. Él sugirió que una de las posibles causas, era que esta estaba formada por nubes y al reflejarse con el Sol se obtendría una reflexión de la luz solar

Por otro lado, se habla de una hipótesis que estaba apoyada por Descartes y era que al parecer algunos curiosos habían afirmado escuchar sonidos originarios del fenómeno de las auroras, ejemplo de uno de estos sonidos eran que se parecían a un suave silbido. Estas descripciones propuestas por Descartes fueron retomadas tiempo después por un observador llamado Alexander Von Humboldt (1769 – 1859), geógrafo y astrónomo, quien en 1847 después de numerosas investigaciones afirmo que estas auroras al parecer dejaron de ser más ruidosas de lo que antes se había propuesto, pero esta hipótesis hasta el momento no era del todo creíble por las pocas comprobaciones que se tenían (Savage, 1994).

Durante el siglo XIX se realizaron investigaciones alrededor de la hipótesis propuesta por Descartes acerca de los posibles sonidos que se podían escuchar cuando aparecía el fenómeno de las auroras, entre esas: “*Se conoce actualmente que las ondas de radio o radiación electromagnética son producidas en la atmosfera...sí estas ondas se propagan, en dirección a la Tierra estas generan vibraciones dentro del suelo o en*

las rocas” (Savage, 1994) & (Fischer, 2021), es decir, que desde el punto de vista científico esto podría haber sido la causa de aquel sonido que habían escuchado algunos de los curiosos durante el siglo XVI. Sin embargo, estos sonidos no siempre se presentan en todas las apariciones del fenómeno de las auroras boreales solo alrededor del 5% de las exhibiciones presentan sonidos.

Actualmente, el fenómeno de las auroras boreales son una experiencia no accesible para todo el mundo, ya que para lograr escuchar los sonidos de este fenómeno debe estar ubicado la persona fuera de la actividad humana o en lo posible estar ubicado en alguna montaña cercana. Sin embargo, el fenómeno de las auroras boreales aún sigue siendo un campo inexplorado especialmente por la ciencia, en lo posible seguirá siendo un largo camino para seguir indagando e investigando sus curiosidades.

2.2. Formas Y Colores Del Fenómeno Aural

Durante el siglo XVIII se encontraron diversos observadores que mencionaban que además de quedar asombrados por los brillos que se generaban en el cielo, ahora quedaban más inquietos al observar que estas luces generaban una variedad sin fin de colores y formas que al instante no se podía distinguir con facilidad:

“Las auroras boreales perfectas se representan en diferentes maneras: Algunas se forman un segmento círculo obscuro sobre el horizonte, a la parte del norte con declinación al occidente; de este segmento obscuro se difunde por gran parte del cielo varias ráfagas de luz” (Antonio & Gama, 1790, pág. 2).

Las auroras boreales en su gran mayoría tienen variedad de colores o ráfagas de luces (*ver Imagen 4*), por lo regular su luz es blanca y radiante en su centro y este se va declinando en un amarillo o rojo conforme se va expandiendo; la aurora produce una claridad cuando ésta se acerca al zenith⁴ donde forma un rayo de luz mezclado de azul, verde y morado. En relación con las formas de esas auroras, los “arcos” también se

⁴ El cenit o cénit: Es el punto más alto en el cielo en relación con el observador y se encuentra justo sobre la cabeza de este, con una altura de 90° <https://acortar.link/BySjL>

representan con colores que van desde los más claros hasta los más oscuros. Es por esto por lo que la aurora boreal que se encuentran en los países situados en el círculo polar⁵ se evidencia con más claridad que en otros países cercanos.



Imagen 4. Colores y formas de las auroras polares. (Fuente: Obtenido de Revista el conocedor, 2015)

De hecho, el 20 de septiembre de 1717 el filósofo Pieter Burman (1668 – 1741), observó lo que según él llamó a las auroras boreales como “*arcos luminosos*”, donde describía que estos estaban superpuestos entre sí, y explicaba la manera en que estos arcos se separaban por algunos intervalos o zonas más oscuras, comúnmente al espacio que hay entre intervalo e intervalo se le llamó *segmentos oscuros* (zonas más oscuras) (ver Imagen 5). Los *segmentos* suelen estar diferenciados por unas luces más claras, de estas luces se creía que podían distinguir la variedad de formas o figuras, como pirámides y columnas que se juntan con el Zenith (ver Imagen 5) (Antonio & Gama, 1790).



Imagen 5. Auroras en forma de pirámides y columnas (Fuente: Savage, 1994)

Tiempo después en 1737, Poleni (1683 – 1761), físico y matemático, quien también denominó como “*arcos luminosos*” a las auroras boreales, observó tres arcos luminosos, sin embargo, no los observó como superpuestos como lo había mencionado Burmann, si no, que Poleni los asocio con distancias entre ellos, es decir, que a partir de esos *arcos luminosos* se podría distinguir si habría diferencia de colores entre ellos o sí podían diferenciar por sus distinguidas formas. Años anteriores a Poleni, el astrónomo De Mairan (1678 – 1771), matemático, astrónomo y geofísico, quien aproximadamente el 19 de octubre de 1726 realizó las mismas observaciones que

⁵ Círculo Polar: Es aquello que se refiere a los polos, este se encuentra en el paralelo de 66° 33' 44" de latitud <https://definicion.de/polar/>.

Burmann y fue el inicio de los llamados arcos luminosos, que posteriormente Poleni confirmó gracias a sus análisis y observaciones (*Imagen 6*) (Antonio & Gama, 1790).



Imagen 6. Auroras polares en forma de arcos. (Fuente: Savage, 1994)

Con base a lo anterior, y teniendo en cuenta las observaciones de los arcos luminosos se propusieron explicaciones sobre la altura aparente de estos arcos. Uno de los primeros en determinar la altura aparente de esos fue el astrónomo y matemático francés De Mairan quién, a pesar de sus cálculos analíticos, trigonométricos y sus deducciones no logro validar con certeza la altura aparente de los arcos sobre la superficie de la Tierra, durante ese tiempo, sin embargo, sus cálculos dedujeron que la altura de este fenómeno podría encontrarse a más o menos doscientas o trescientas leguas⁶ (800 Km o 1200 Km). Años más tarde reaparece Burmann, intentando conseguir la altura aparente de estos arcos luminosos sin resultados. De este modo, durante el siglo XVIII quien más tuvo cercanía con la altura de los arcos fue De Mairan (Antonio & Gama, 1790) (De Saint-Lazare, 1833).

Además, de las diferentes posturas sobre sus colores, formas y altura se presentó una nueva investigación realizada por Musschenbroek (1692 – 1761), médico y físico, él observó este fenómeno alrededor de algunos años y afirmó en ese entonces que las auroras boreales solían aparecer en gran parte de los meses del año, además constató que son más frecuentes en los meses de marzo, abril y mayo. Al contrario, De Marian afirmaba que este fenómeno era más concurrente en los meses de octubre hasta marzo, según él, esto dependía principalmente del lugar de observación, su atmosfera y la distancia donde se logre observar las auroras boreales (Antonio & Gama, 1790).

⁶ Leguas: Antigua unidad de medida que equivale aproximadamente 5572 metros <https://acortar.link/UOSRUq>

2.3. Algunos autores presentan sus hipótesis de la causa aural

En relación con lo que se creía que podía formar este fenómeno de las auroras boreales, durante años se establecieron varias hipótesis por aquellos que tenían asombro e inquietudes de esas luces que interrumpían las noches; se retomaron investigaciones realizadas anteriormente por varios filósofos y científicos mencionados precedentemente como De Mairan, Burmann y Poleni quienes realizaron aportes trascendentales acerca de la procedencia de las luces y como se formaban sus colores y formas.

A partir de 1707 y 1708 aparecieron algunos de los curiosos y científicos que asombrados por este fenómeno: Roemer, Kirch y Halley astrónomos del siglo XVII, quienes pasaron años en silencio sin poder lograr la causa verdadera de este fenómeno, no fue hasta el 17 de marzo de 1716 que el astrónomo Edmund Halley (1656 – 1742), quien especulo sobre la posible causa, él afirmó que esto se debía a *“una materia magnética dimanaba de la Tierra, que caminaba hacia los polos, donde, como más abundante, aparecían con mayor frecuencia y claridad”* (Antonio & Gama, 1790, pág. 7).

Del mismo modo, al referirse Halley a la causa del fenómeno aural se logró demostrar con un experimento que constaba de una aguja magnética, que al declinarse 14 o 15 grados al noroeste, está al mismo tiempo de aparecer el fenómeno, es decir, que este experimento tenía una semejanza con la formación aural, estas afirmaciones de Halley no eran aún muy claras para los demás partidarios que de igual forma buscaban la causa del fenómeno (Antonio & Gama, 1790).

Además de Halley quien quería encontrar las causas de la formación del fenómeno de las auroras boreales, aparece William E. Gilbert (1544 – 1603), filósofo, médico y científico, quien había deducido correctamente cien años antes que la Tierra era un gran imán, pero sus consideraciones no las asocio a una posible causa de este fenómeno.

Tiempo después Halley, retoma sus investigaciones considerando otra posible teoría de la formación de las auroras. De acuerdo con algunas de las deducciones que había mencionado William Gilbert, Halley denominó al fenómeno de las auroras

boreales como “Efluvio tan sutil”, según él, la Tierra se consideraba como una “cascara hueca”, es decir, dentro de esta cascara podría existir unos globos más pequeños que los anteriores uno dentro del otro, si todos fueran magnéticos y se movieran libremente, al realizar estos movimientos podrían explicar el cambio de la dirección de la brújula, esto es debido a que si pasamos la brújula cerca de un imán, esta se moverá intentando buscar el Norte y el sur de este mismo, sin embargo, al igual que las otras teorías no contaban con comprobaciones experimentales que afirmaran lo mencionado por Halley (Savage, 1994).

Por otra parte, Leonhard Euler (1707 -1783), matemático y físico, creyó que una de las posibles explicaciones de acuerdo a sus observaciones a este fenómeno de las auroras es que este se encuentra a miles de millas de la superficie de la Tierra y este es el resultado del efecto de la impulsión de los rayos solares sobre las partículas más sutiles de nuestra atmósfera, pero esta explicación igual a las anteriores estaba sujeta a muchas dificultades e interrogantes ya que en ese tiempo no se habrían encontrado evidencias que demostraran que los rayos solares afectaban la atmosfera terrestre (De Saint-Lazare, 1833).

Así pues, con los trabajos de observación que se concluyeron tanto por Euler, William Gilbert, entre otros, el astrónomo De Mairan confirmó que se realizaron aproximadamente 1441 observaciones al fenómeno de las auroras boreales entre el año 583 y 1751, y de esto concluyo que 972 de estas observaciones se realizaron en el semestre de invierno y las otras 469 durante el semestre de verano, con estas indagaciones se pueden constatar que la mejor época del año donde podía ser más visible este fenómeno según las observaciones el periodo de invierno (Savage, 1994).

2.4. El fenómeno de las auroras boreales por fin tiene sentido.

Después de aparecer en varias ocasiones el fenómeno de las auroras boreales durante el siglo XVIII, otros celebres astrónomos y físicos en el año de 1741, como: Mr. Bermann, Mr. Celcius y Olof Hiorter, fueron testigos de las singulares variaciones de la aguja magnética en tiempos de la aparición del fenómeno de las *auroras boreales*. De modo que años después otro físico como Mr. De la Lande (1732 – 1807), astrónomo francés, realizó un experimento que constaba aislar algunas agujas de una

brújula y con esto observar el fenómeno de las auroras polares durante el 29 de febrero de 1780, al realizar sus observaciones dio cuenta de las agitaciones que se presentaban en la brújula pues estas inicialmente eran mayores y diferentes con las agujas que no se encontraban aisladas. De igual forma al realizar sus experimentos también considero que en dichas ocasiones se manifestaban fluidos eléctricos y magnéticos en tiempos de huracanes, es decir, que era probable que el fenómeno de las auroras estuviese en relación con los fenómenos eléctricos (De Saint-Lazare, 1833).

Continuamente, y ya considerando algunas ya de las causas que se habían propuesto del fenómeno, llega en 1768 un físico sueco llamado Johann Carl Wilcke, quién anunció que los rayos del fenómeno auroral en realidad *"se alinean en la misma dirección que la fuerza magnética"* (De Saint-Lazare, 1833). Este hallazgo fue confirmado veinticinco años después por John Dalton (1766 – 1844) químico, matemático y meteorólogo. Él menciona que los rayos de la aurora boreal, *"existe en las regiones superiores de la atmósfera un fluido elástico que participa de las propiedades del hierro, o más bien del acero magnético"* (Savage, 1994, pág. 59).

Las afirmaciones de las que había hablado Dalton fueron desmentidas años después por el físico De Mairan durante el siglo XVII, quién retomó el secreto de las misteriosas luces en el cielo, mencionando que esto no se debía a las afirmaciones de los filósofos, astrónomos y físicos ya mencionados, donde concluían que esto se debía a la electricidad y a la declinación de la aguja magnética, pues De Mairan se fue más allá de esas afirmaciones y especuló que estas auroras eran causadas por un gas de origen solar que penetra la atmósfera. De acuerdo con esta idea, hizo mención que las auroras deberían también ocurrir en el hemisferio sur (Bravo, Plasma en Todas Partes, 1994). Después de mucho tiempo de realizar estas observaciones, al final De Mairan concluyó que si esto se debía a la atmósfera del sol, es por la cantidad de luz que se esparcía cerca de la Tierra y esta misma se disipa en los polos sur y norte, ahí es donde es visible el fenómeno de las auroras boreales, pero dadas estas afirmaciones que no fueron del todo aceptadas por la comunidad científica, De Mairan siguió con sus investigaciones para que estas por fin fueran aceptadas y apoyadas, pues sus indagaciones eran vistas como un recurso valioso para la comunidad científica (Savage, 1994).

Continuamente se han mencionado una serie de teorías con el fin de conseguir que dichas explicaciones que fueran correctas, pues hasta el momento solo se había conseguido escudriñar con algunas de las observaciones e investigaciones de curiosos y con ello se había logrado obtener que la formación del tal mencionado fenómeno de las auroras boreales se podía deber a: vapores que salen de la superficie terrestre, magnetismo de la Tierra, electricidad y atmosfera solar, pero aun teniendo estas teorías, seguían siendo un manojito de ideas sin sentido. Durante los siglos XVIII y XIX no se pudo establecer que eran en sí los avances y que eran los callejones sin salida, pues la mayoría optaba por afirmar que las teorías ya propuestas eran sin duda las más aceptables.

En general, con los experimentos que se realizaron en torno al fenómeno de las auroras boreales, aparece Humboldt en 1814, quién publica algunos de sus manuscritos donde describe la expedición que realizo durante cinco años en lugares montañosos. En el año de 1805 a las afueras de Berlín, instaló instrumentos magnéticos para registrar cambios en la aguja magnética, alrededor de un año, registró cada cambio que hiciera esta aguja, y con esto logro observar en el cielo una especie de oscilaciones o fluctuaciones que lo denominó como “tormentas magnéticas”. Estas mismas observaciones las había realizado Celcius y Hiorter, quienes lo denominaron “perturbaciones” que aún no podían ser explicadas. Humboldt intento dar respuesta a estas singularidades y con esta investigación empezó a imaginar una gran red de observatorios magnéticos y con esto demostrar que estas “tormentas magnéticas” se lograban dar en otros puntos de la Tierra (Savage, 1994).

Tiempo después, las investigaciones de Humboldt fueron apoyadas por Edwar Sabine (1788 – 1883), astrónomo y geofísico, quien fue otro apasionado investigador de las “tormentas magnéticas”, y quién después de muchos años intentó comprobar algunas de las teorías que se tenían del fenómeno de las auroras, con ello logró establecer gracias a esos registros y lecturas de las observaciones que se habían realizado en el ártico y antártico, concluyendo que el gran fenómeno de las auroras boreales se daba al mismo tiempo en ambos hemisferios.

Durante 1962 en el archipiélago de Samoa (isla ubicada en el océano pacífico), una serie de investigadores en conjunto con el ejército realizó un experimento que

constaba en hacer unas explosiones en la atmósfera. Con estas explosiones, lograron determinar que además de interrumpir las comunicaciones temporalmente, lograron recrear las auroras boreales artificiales que se expandían alrededor de la magnetosfera. Con el desarrollo de este experimento pudieron constatar que se produjo estas auroras también en el hemisferio opuesto; tiempo después y gracias al desarrollo de más pruebas que se realizaron en otros puntos de la Tierra se sospechaba que este fenómeno de las auroras ocurría simultáneamente en ambos polos (Ron, 2011).

Esta exploración se pudo comprobar por Neil Devís (1934-1985), camarógrafo australiano, aproximadamente en 1967, quienes enviaron una misión para estudiar si este fenómeno también se daba en el polo sur; además, se logró comprobar que a partir de unas fotografías aéreas (*ver Imagen 7*), demostró que las luces polares se presentan en perfecta sincronía en el polo sur y norte, de hecho, al evidenciar estas investigaciones decidieron enviar otras cinco misiones y con esto tener más comprobación de los datos que habían obtenido anteriormente, pero con estas nuevas misiones se logró corroborar que las auroras boreales en ambos hemisferios presentan una perfecta sincronía con una diferencia de 0.1 segundos (*ver Imagen 8*) (Ron, 2011) & (Savage, 1994).

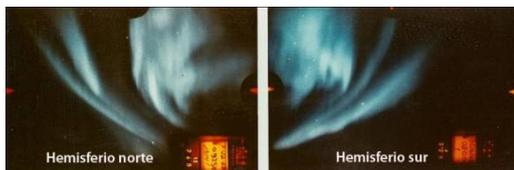


Imagen 8. Fenómeno de las auroras captadas desde un satélite.
(Fuente: Ron, 2011)

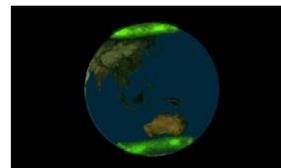


Imagen 7. Perfecta sincronía de las auroras polares en los hemisferios norte y sur.
(Fuente: Ron, 2011)

Finalmente se ha observado gracias a las investigaciones ya realizadas anteriormente que en altas latitudes el resplandor del fenómeno auroral es permanente, pero como ya se había mencionado precedentemente según Humboldt, estos estaban asociados con “tormentas magnéticas”. El fenómeno de las auroras se logra intensificar, se activan y llegan a verse a cercanías de los polos (sur y norte) y a latitudes medias y bajas. En México se han observado auroras en forma de extensos velos en momentos de muy alta actividad geomagnética, como sucedió en 1957 y más

recientemente en 1989 (Bravo, Plasma en Todas Partes , 1994) (Aragonès Valls & Ordaz Gargallo, 2010).

Teniendo en cuenta las consideraciones desarrolladas en este capítulo, donde se hace una contextualización de orden histórico a través de la descripción de algunos acontecimientos importantes alrededor de los primeros hallazgos del fenómeno de la aurora boral y austral, y se describe el proceso de observación e indagación por el que filósofos, físicos y astrónomos, refieren a la descripción de cómo se empezó a analizar este fenómeno de las auroras a partir de sus características visuales como: colores, formas y alturas.

De este modo, se pretende construir desde esos primeros hallazgos del fenómeno, la explicación de como se creía que estas auroras se formaban en el cielo, dando a entender diferentes posturas de la causa de estas luces, desde el punto de vista experimental hasta el de solo formular posibles hipótesis y teorías. Además, también se enfatiza en los problemas que surgieron por parte de escépticos que explicaban la causa del fenómeno desde sus observaciones y como estas investigaciones no lograban ser aceptadas por la comunidad científica desde ese tiempo, por falta de comprobaciones tanto teóricas como experimentales.

Por lo tanto, en el capítulo dos solo hace referencia a esos acontecimientos trascendentales alrededor de la construcción de explicaciones del fenómeno de las auroras boreales, sin describir como tal en si como es todo el proceso que tiene la formación de este fenómeno desde el punto de vista físico en este caso desde algunos conceptos, como: campo eléctrico, campo magnético e ionización.

CAPITULO III

Para el desarrollo de este capítulo se tiene en cuenta algunos de los procesos físicos que aparecen en el Sol y como estos se involucran con nuestro campo magnético terrestre, teniendo en cuenta que en las próximas líneas se describirán estos procesos de manera general a lo específico, es decir, es relacionar que sucede en el sol, que hace que el campo magnético de la Tierra sufra perturbaciones originadas por un

llamado viento solar y por ultimo como esta perturbaciones hacen que aparezcan luminiscencias en el cielo denominadas como fenómeno de las auroras polares.

3.1. Proceso Nuclear Del Sol

Con relación a nuestro sol, este es una estrella, uno de los 100.000 millones que compone nuestra galaxia, tiene un diámetro de aproximadamente 1.392.000 km y su temperatura es alrededor de cinco o seis mil grados kelvin; en su interior al igual que otras estrellas está conformado por Hidrogeno y Helio. Sin embargo, para que se del Helio ocurre un fenómeno llamado fusión nuclear, este proceso hace que los núcleos de Hidrogeno colisionen unos con otros para formar uno nuevo núcleo de Helio con mayor masa atómica, durante este proceso se pierde algo de masa y según la expresión de Einstein ($E = mc^2$) esta masa se transforma en energía cinética de las partículas y los núcleos resultantes.

El núcleo del Sol se forma debido a la unión atómica (átomos que se pueden unir entre sí, estos pueden ser iguales o distintos) de deuterio (D) y tritio (T), estos átomos son isotopos del hidrogeno, es decir, que el deuterio tiene un protón y un neutrón, y el tritio tiene un protón y dos neutrones; la fusión (D-T) de estos elementos da lugar a dos protones y dos neutrones, creando un átomo de helio y un neutrón *ver Imagen 9*, en ambas reacciones se desprenden a velocidad de la luz y se convierten en energía cinética, y como resultado a esto se da lugar al núcleo de helio.

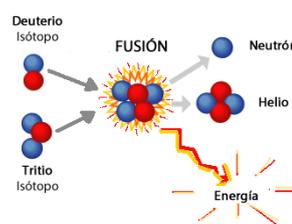


Imagen 9. Fusión de Hidrogeno a Helio. (Fuente: <https://acortar.link/SWbqw9>)

Ahora bien, los protones no son amistosos entre sí porque hay energía positiva entre ellos y hay una fuerza repulsiva que los separa antes de que se acerquen lo suficiente como para fusionarse; esta fuerza se llama ley de Coulomb, que establece que es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que separa las cargas, es decir, cuanto más cerca está un protón de otro, más fuerte es la repulsión entre ellos. En el caso de la fusión nuclear que ocurre en el sol, los protones se separan gracias a la

fuerza electromagnética, pero se junta por la fuerza fuerte⁷, que es más fuerte en distancias cortas. De este modo, para lograr la fusión nuclear las partículas involucradas deben superar la repulsión eléctrica a muy altas temperaturas en donde la densidad de la materia es mayor, es por ello, que sí estos protones se encuentran muy cerca unos de otros la energía cinética que existe entre ellos los hace moverse a velocidades cercanas a la de la luz, pero de igual forma la repulsión que hay entre estos elementos será enorme (Perea, 1996) & (López Guzman & Velázquez Castañeda, 2013).

3.2. Viaje Del Viento Solar A La Tierra

El fenómeno de fusión nuclear que impulsa la materia y la energía hacia el espacio exterior se conoce como viento y tormenta solar, la última de las cuales suele ocurrir cuando aparecen manchas solares en la superficie del Sol, que ocurren cada 11 años. Las manchas solares también se forman y desaparecen en días o semanas. Por lo general, estas se forman cuando hay un campo magnético en la superficie del Sol que reduce la temperatura en la región donde se encuentran las manchas a aproximadamente 4200 Kelvin, y estos cambios pueden interrumpir las comunicaciones en la Tierra y en el espacio (Díaz, 2019).

Este viento solar consiste en un flujo de corrientes eléctricas positivas (iones) y negativas (electrones) que se mueven a un millón o tres millones de kilómetros por hora. Cuando esas partículas interactúan con los planetas (Mercurio y Venus), formando el fenómeno de la aurora boreal es debido a la interacción con el campo magnético de cada planeta; La interacción entre el viento solar y el campo magnético terrestre crea una transferencia de energía, y el viento solar proporciona pistas que permiten la conexión entre la atmósfera solar y el entorno planetario.

Ahora bien, aproximadamente después de tres días de que esta emisión es expulsada del Sol llega a la Tierra, el viento solar interactúa con el campo magnético terrestre que envuelve a la Tierra y este recibe el nombre de *magnetosfera*, esta se divide el espacio en tres regiones; la primera denominada como exterior, allí es donde

⁷ Fuerza fuerte: Esta fuerza es la responsable de mantener unidos a los protones y neutrones que subsisten en el núcleo atómico, venciendo a la repulsión electromagnética entre los protones que poseen carga eléctrica del mismo signo (positiva) y haciendo que los neutrones, que no tienen carga eléctrica, permanezcan unidos entre sí y también a los protones. <https://acortar.link/csABWs>

se concentra el viento solar , la segunda denominada como interior predomina el campo geomagnético y por último se tiene la intermedia denominada como la *magnetofunda*⁸ y allí es donde se produce el acople del viento solar y el campo magnético terrestre.

En la Tierra, la magnetosfera actúa como una capa protectora, el cual frena y desvía parte del viento solar *ver Imagen 10*, evitando que las partículas provenientes del Sol impacten directamente con la atmosfera terrestre. Cuando el viento solar se aproxima a la Tierra, este se ve arrastrado por los cinturones de *Van Allen*, donde estas partículas son atrapadas por las líneas del campo magnético terrestre, siendo retenidas temporalmente en la zona ecuatorial. Posteriormente, estas partículas son conducidas paralelamente con las líneas del campo magnético, es decir, que el viento solar es redirigido y puesto en contacto con las líneas de fuerza magnética que se originan cerca de los polos de la Tierra (sur y norte) (Savage, 1994) & (Fernández, 2013).

De este modo, este viento solar migra a lo largo de las líneas del campo magnético y se sumergen hacia los óvalos (regiones que se encuentran alrededor de los polos magnéticos). El viento solar al estar en contacto con las líneas del campo magnético terrestre, que también está compuesto por cargas eléctricas, se origina un proceso llamado ionización, el cual es el responsable de las emisiones de luz, llamadas comúnmente como auroras boreales.

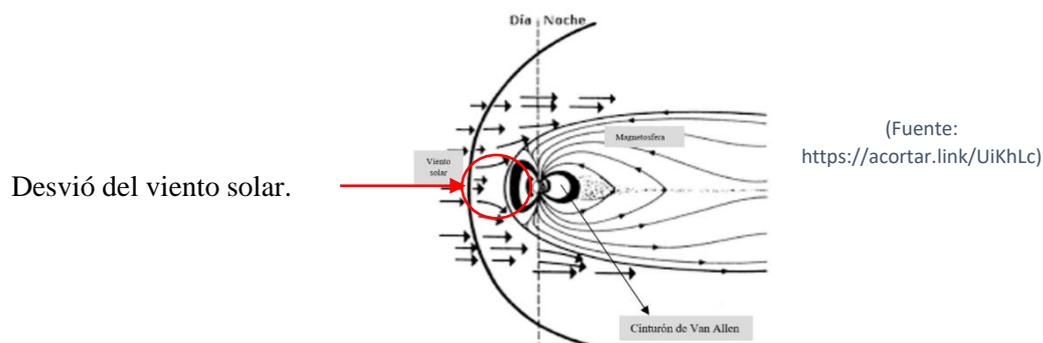


Imagen 10. Viento solar e interacción de la magnetosfera y los cinturones de Van Allen.

Ahora, al describir como gracias al sol, podemos ver el fenómeno de las auroras, pues el proceso nuclear se origina en el interior del sol, donde los núcleos de

⁸ Magnetofunda: La cubierta magnética, una región de plasma altamente perturbada donde abundan las ondas de frecuencia ultra baja, juega un papel muy importante en la redistribución de la energía y el momento desde la región de choque hasta la magnetopausa, estas ondas se encuentran en el viento solar. <https://acortar.link/YwWdAq>

hidrógeno y helio chocan entre sí para obtener materia y energía, la cual es expulsada hacia el exterior del Sol llamado viento solar, viaja casi a la velocidad de la luz, este viento solar llega a la superficie de la Tierra, donde interactúa con la magnetosfera, especialmente la *ionosfera*. Una capa llamada ionosfera es donde se producen diferentes emisiones de luz debido a un proceso llamado *ionización*. En la ionosfera ocurren cargas eléctricas que interactúan con el viento solar, dadas estas interacciones, se pueden ver diferentes colores de las auroras. Algunos de los conceptos mencionados se abordarán más adelante.

3.4. Breve Historia De La Ionosfera

Las primeras observaciones que se realizaron al fenómeno de las auroras boreales fueron la primera forma de percibir la atmósfera terrestre. Como se mencionó anteriormente, se lograron los primeros registros por parte de Aristóteles en el siglo IV D.C. y consiguientemente le siguieron otros filósofos, astrónomos y físicos. Posteriormente, se encontraron más hallazgos de la explicación de la formación de las auroras a partir de observaciones e investigaciones por parte de Halley, Euler, De Mairan y Humboldt, aunque sus hallazgos fueron por un momento las más aceptadas por la academia de la ciencia aun así se consideraron erróneas por falta de comprobaciones.

Uno de los primeros en descubrir que la atmósfera terrestre contenía zonas cargadas eléctricamente y esto debido al campo magnético terrestre, fue Carl Friedrich Gauss (1777-1855) matemático, físico y astrónomo, que durante 1839 propuso una hipótesis que habla sobre unas pequeñas variaciones que se pueden presentar en el campo magnético terrestre y estas debidas a unas zonas de corriente eléctrica presentes en la atmósfera.

Posteriormente, aparece Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) físico alemán, quien propuso experimentalmente la posible existencia de la propagación de ondas electromagnéticas y esto para el uso de las comunicaciones radioeléctricas, fue el comienzo de la existencia de la ionosfera. Durante 1899 el Italiano Guillermo Marconi (1874-1937) ingeniero electrónico, retomó el uso de las ondas radioeléctricas y realizó su primer experimento en 1901 donde transmitió señales de radio en el atlántico. Este

experimento concluyo que las ondas se podían reflejar en la atmosfera superior y gracias a esto permitió que la señal llegara a otros puntos de la Tierra.

Años más tarde, tres físicos llamados Arthur Edwin Kennelly (1861-1939), Oliver Heaviside (1850-1925) y Hantarō Nagaoka (1865-1950), propusieron la existencia de una capa conductora eléctrica que se encontraba en la atmosfera, está ubicada a más o menos a una altura de 100 km y con ello se resaltó que esta capa conductora era la que posibilitaba la comunicación inalámbrica.

Durante el siglo XX, Alexander Fleming (1881-1955) y Frederick Winslow Taylor (1856-1915), científicos propusieron que la radiación ultravioleta proveniente del Sol era el responsable de la ionización en la capa conductora de la atmosfera. Asimismo, en 1900 el físico británico William Eccles (1875-1966) propuso que en la atmosfera terrestre se albergan electrones libres y estos aumentan conforme a la altura y se consideraban los responsables de que las señales de radio sufrieran una desviación, como lo menciona inicialmente el físico Carl Friedrich Gauss.

A finales de la segunda guerra mundial y gracias a los avances tecnológicos se llevó a cabo la salida de cohetes; con el cohete en curso se destinó a medir directamente la ionosfera y con estas primeras exploraciones se hizo camino a la exploración espacial con satélites. En 1946 en Nuevo México fue lanzado el primer cohete que llevaba lo último en tecnología e instrumentación para hacer las respectivas medidas de la ionosfera y lo alto de la atmosfera. Posteriormente, en el año Geofísico (IGY) en (1957-1958), más de 30.000 científicos y técnicos de 66 países cooperaron para crear una red mundial de iones ondas y con ello poder recolectar sondeos durante la máxima actividad solar, gracias a estas primeras exploraciones se conocieron nuevos ambientes terrestres.

Para el 4 de octubre de 1957, científicos de la Unión Soviética junto con IGY lanzaron el primer satélite artificial, con este primer avance se consideró el inicio de la era espacial. Durante 1958 el satélite norteamericano llamado *Explorer I*, llevaba la misión de registrar los rayos cósmicos, pero esta misión no se pudo llevar con totalidad, dado que la exploración se encontró con partículas de alta energía. La zona

donde se encontraron esas partículas se conoce hoy en día con cinturones de *Van Allen*.

En septiembre de 1962, la NASA lanzó el primer satélite de sondeo, con el fin de determinar las posibles variaciones diurnas, estacionales y geográficas de la distribución de la densidad electrónica de la parte superior de la Ionosfera. Con el siguiente programa de cohetes llamado IQSY (International Quiet Sun Year) en (1964-1965), se realizaron sondeos de la ionosfera superior y fue el comienzo del modelado de la ionosfera. Con estos avances se logró explorar más la ionosfera y con ello conocer su estructura y composición.

Ya para el siglo XX en los años 70 se tenía a la mano mucha información acerca de la ionosfera. Es por ello por lo que se realizaron subdivisiones de la ionosfera y estas principalmente creadas por la radiación solar ya que esta se ve influenciada por la circulación en la termosfera. Las causas de que haya esta circulación son: a) Calentamiento causado por la radiación solar, b) Viento solar y la energía que aparece en las altitudes altas y forman campos eléctricos y por último c) las mareas y las ondas transmitidas hacia arriba desde la atmósfera media (Leal., 2015).

De acuerdo, con lo mencionado es importante recalcar como desde el fenómeno de las auroras polares se ven influenciados conceptos del electromagnetismo, conceptos que son abordados en el aula de clase especialmente con estudiantes de grado undécimo, como lo son: campo magnético y eléctrico. Además, desde la construcción de las primeras interpretaciones que se tenían acerca del fenómeno desde el siglo V se consideraba importante y se resaltaba por parte de físicos y astrónomos relacionar el fenómeno con experimentos e hipótesis que estuvieran alrededor de la ciencia para que con ello se pudiera dar interpretaciones de por qué y cómo se formaba ese fenómeno en la atmósfera.

Ahora bien, desde los conceptos mencionados se puede resaltar la importancia de reconocer las características del campo eléctrico y magnético desde el aula de clase, como, por ejemplo: definición, comportamiento y relación matemática, para que con ello se tenga una idea de cómo estos conceptos se ven influenciados en la formación del fenómeno, estos vistos desde lo general a lo específico. Como se mencionó en párrafos anteriores, los conceptos son de gran importancia para reconocer el proceso

que hay en el Sol para que este pueda expulsar los llamados vientos solares y como estos logran llegar a la Tierra a interactuar con la atmosfera y todo esto con la finalidad de obtener las diferentes luminiscencias que se dan en los polos magnéticos.

3.5. Proceso De Ionización

Para un gas real⁹ en la atmosfera las moléculas y los átomos interactúan entre sí y esto se da gracias los choques individuales que se dan entre estos, además no existe otra fuerza atractiva que la gravitatoria; esto es debido a la pequeña masa por la que están constituidos los objetos pues resulta ser despreciable. La mayoría de estas colisiones resultan ser elásticas, es decir, que los diferentes átomos y moléculas rebotan contra otro grupo de estos mismos, y en estos choques no sufren deformaciones, no se rompe y tampoco quedan pegados entre sí.

Ahora bien, dos partículas cargadas experimentan fuerza eléctrica entre ellas, esta fuerza es proporcional al inverso del cuadrado de la distancia que las separa; al combinarse estas fuerzas se manifiesta el movimiento de las partículas; las partículas que se encuentran cargadas eléctricamente siguen un recorrido determinado y esto gracias a la fuerza de atracción y repulsión.

Cabe recalcar que los electrones son los verdaderos protagonistas, tienen la misma cantidad de carga negativa que los iones positivos, esto se debe a la pérdida o ganancia de electrones, lo que hace que el átomo adquiera carga y se convierta en ion, es positivo y se llama catión; si es negativo, se llama anión. Estos electrones tienen dos propiedades importantes que describen su comportamiento, en primer lugar, la partícula cargada responde al campo eléctrico solo en función de su carga, es decir, la fuerza eléctrica es empujada en direcciones opuestas, los iones positivos y los electrones negativos eventualmente tendrán la misma magnitud. Nuevamente, estos electrones experimentarán una mayor aceleración (Antenas, 1992). En segundo lugar, estos electrones tienen un exceso de energía cinética, pero para describir mejor el proceso, imaginemos un juego de billar, de la siguiente manera:

⁹ Gas real: Son aquellos que no obedecen a las mismas ecuaciones de estado que los gases ideales. A altas presiones y bajas temperaturas, los gases se asumen inevitablemente como reales, porque en este caso aumentan las interacciones entre sus partículas. <https://acortar.link/P0c32Y>

“Si la bola que el jugador hace deslizar sobre la mesa choca con otra bola parada, ambas saldrán moviéndose en diferentes direcciones, dependiendo del ángulo de choque; pero si el choque es frontal, la segunda bola recibirá todo el impulso que llevaba la primera, y ésta se quedará parada. En cambio, si la bola lanzada por el jugador choca con el borde de la mesa, la mesa no se moverá en absoluto será la bola en la que rebote sin perder apenas energía” (de los Arcos & Tanarro, 2011, págs. 35-36)

El intercambio de energía cinética en un choque elástico puede ser contundente entre dos partículas que poseen la misma masa, pero en el caso de que la masa sea ligera y esta choque con otro cuerpo más pesado, la energía cinética que se le cederá será muy despreciable, ya que toda la energía de la primera masa se transmite a la segunda, pero la cantidad de energía transmitida será muy pequeña (de los Arcos & Tanarro, 2011).

Así pues, la ionización suele darse como resultado de colisiones de electrones con moléculas de un gas cuando estos se mueven a través de este, esto se puede expresar de la forma *ver Imagen 11 y 12*. La ionización también depende principalmente de la energía cinética con la que dichos electrones chocan en este caso con una molécula de gas (Sevilla, 2015).

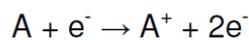


Imagen 12. Forma genérica de la ionización de un átomo de gas.

(Fuente: Sevilla, 2015)



Imagen 11. Proceso de ionización de un átomo de gas.

(Fuente: Sevilla, 2015)

Ahora bien, como la ionización depende de la energía cinética con la que las moléculas de un gas y los electrones pueden colisionar, esto se puede representar de la siguiente manera *ver fórmula 1*. Donde e representa la carga del electrón, E es el campo eléctrico con que se mueve dicho gas y por último λ_e es el *camino libre* que recorre el electrón, es decir, que es la distancia media que recorren dichos electrones antes de colisionar con otra partícula, este valor es proporcional a la densidad y a los elementos con los que puede colisionar a su alrededor.

$$\Delta E_{electron} = e \cdot E \cdot \lambda_e$$

Formula 1. Colisión de una molécula de gas y un electrón. (Fuente: Sevilla, 2015)

Por otra parte, desde la definición de la estructura atómica, la ionización se da gracias a la carga eléctrica, es decir, que un átomo neutro es aquel que tiene la misma cantidad de electrones como protones. El numero atómico hace referencia al número de protones. Cuando se pierde uno o dos electrones la carga eléctrica del átomo queda de carácter positivo por el exceso de protones y por ende se le denomina ion positivo, al cambio si la estructura gana uno o más electrones se le conoce como ion negativo por el exceso de electrones; tales ganancias o pérdidas de los electrones reciben el nombre de ionización debido a sus cargas eléctricas (Young & Freedman, 2009).

Por otro lado, la creación de los iones depende de la energía de la radiación que incide sobre la atmósfera terrestre y la densidad de las moléculas, es decir, que a alturas muy elevadas la energía de la radiación es mayor pero la densidad de las moléculas será muy baja, mientras que a alturas bajas la densidad de las moléculas será alta pero la energía de la radiación será absorbida en su mayor parte. De este modo, se recalca que la densidad de la ionización en su punto máximo se produce en un punto intermedio aproximadamente a 1000 cm^3 , en donde depende la altura y la energía. (Cardama Aznar, Jofre Roca, Rius Casals, Roneu Robert, & Blanch Boris, 1998)

En cuanto a la principal causa de la ionización, la actividad solar, existe otro factor que afecta el comportamiento de la ionización, y es la ionosfera. La ionosfera se ve afectada por el ciclo solar tal como se observa desde la Tierra; Los ciclos del ciclo solar son: día, año y once años. El último ciclo de 11 años está asociado con las manchas solares, áreas donde el campo magnético es más fuerte que en el resto del Sol, es decir, en estas áreas el campo magnético claramente no es tan fuerte como en el resto de la atmósfera del Sol. (Cardama Aznar, Jofre Roca, Rius Casals, Roneu Robert, & Blanch Boris, 1998) & (Editores, 1986).

3.5.1 Relación De La Ionización Y La Ionosfera

En la atmosfera terrestre más específicamente en la ionosfera existe la ionización la cual afecta la propagación de ondas de radio. Esta capa es el resultado de la interacción que hay entre el campo magnético terrestre y la radiación solar, esta interacción se extiende aproximadamente a 50 km sobre la superficie hasta un límite superior a más o menos 1000 km de altura.

Además, de que en la capa de ionosfera se forma las auroras boreales, esta también ayuda a desintegrar meteoritos y esto es posible al rozamiento con los gases y el plasma, dando lugar a las llamadas estrellas fugaces. Otra propiedad que caracteriza a la ionosfera es que posibilita la comunicación a varios puntos de la Tierra y esto se debe a la reflexión de ondas emitidas desde la superficie terrestre (Leal., 2015).

Ahora bien, la ionosfera está compuesta por partículas cargadas (iones y electrones), esta ionosfera es una capa muy extensa en la cual se incluye la *mesosfera* y la *termosfera* y esta se subdivide en cuatro capas menores denominadas (F_2, F_1, E y D). Además, la ionización se caracteriza por su densidad, estas regiones tienen variaciones respecto al día y la noche (ver *Imagen 13*) (Editores, 1986) (Cardama Aznar, Jofre Roca, Rius Casals, Roneu Robert, & Blanch Boris, 1998).

A continuación, se muestra la estructura de la ionosfera, la cual se presentan cuatro regiones (F_2, F_1, E y D). Estas capas son producto de la interacción entre la atmosfera terrestre y la radiación solar dentro del campo magnético de la Tierra (ver *Imagen 14*) (Leal., 2015).

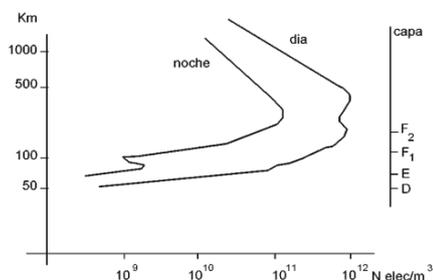


Imagen 14. Densidad de la ionosfera en función de la altura.

(Fuente: Leal Sebastián, 2015)

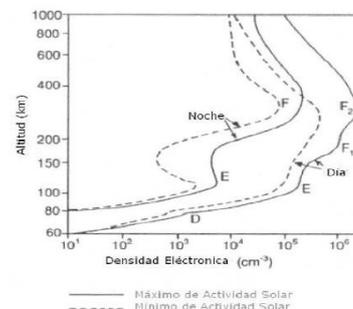


Imagen 13. Variaciones de las regiones con actividad solar.

(Fuente: Leal Sebastián, 2015)

En las *ilustraciones 13 y 14* se logra evidenciar las variaciones que se encuentran en la ionosfera producto de la radiación solar, principalmente en la *ilustración 14* las variaciones dependen del día y la noche y estas tienen diferentes cambios en las regiones F_2, F_1, E y D esto debido a las diferentes actividades solares que se logren presentar durante el día.

En la siguiente *tabla 1* se describe la estructura de la ionosfera, la cual presenta regiones denominadas como (F_2, F_1, E y D). Estas regiones presentan el resultado de las diferentes interacciones que existe entre la atmosfera y la radiación solar “viento solar”. Las regiones F_1, E y D son afectadas principalmente por la radiación solar, mientras que la región F_2 es influenciada directamente por el campo magnético terrestre. Dentro de la ionosfera se presenta variaciones diurnas, nocturnas y estacionales, conforme a esto reflejan su comportamiento acorde a los ciclos y demás fenómenos que pueda presentar el sol.

Tabla 1. Estructura de la ionosfera. (Fuente: Elaboración propia)

CAPA	ALTURA	PROPIEDADES
D	50 km y 90 km	Solo es apreciable durante el día. En altitud, muestra una concentración de electrones de 10^2 y 10^3 electrones/ cm^{-3} , que disminuye significativamente durante la noche. Absorbe fuertemente la radiación por debajo de 10 MHz y, por lo tanto, protege a la Tierra de la mayoría de las radiaciones cósmicas. Las principales fuentes de ionización son la radiación ultravioleta con una longitud de onda mayor a 91 nm y los rayos x con longitud de onda menor a 10 nm (leal Sebastián 2015) (Cardama Aznar, Jofre Roca, Rius Casals, Roneu Robert, & Blanch Boris, 1998)
E	90 km y 130 km	Esta capa está relacionada con los ciclos solares. Además, presenta variaciones respecto a la ionización, este es visible durante los meses de verano y es apreciable durante la noche. Por otro lado, la densidad de esta capa es superior que la capa anterior. Su máxima densidad electrones es aproximado a 10^5 electrones/ cm^{-3} , la radiación solar ionizante en esa región comprende los rayos X suaves y

		ultravioleta. (leal Sebastián 2015) (Cardama Aznar, Jofre Roca, Rius Casals, Roneu Robert, & Blanch Boris, 1998)
F_1	130 km	Su concentración de electrones es de $10^5 \text{ electrones/cm}^{-3}$. La fuente principal de ionización corresponde a la radiación de longitud de onda menores a 91nm y su rango entre 20 nm a 35 nm. (leal Sebastián 2015) (Cardama Aznar, Jofre Roca, Rius Casals, Roneu Robert, & Blanch Boris, 1998)
F_2	130 km y 210 km	Esta capa es visible durante el día y la noche y su ionización es considerado relativamente constante. Su densidad de electrones de ionosfera está en el orden de $10^5 - 10^6 \text{ electrones/cm}^{-3}$, esta capa se considera la más densa de la ionosfera y su principal componente es el oxígeno atómico. (leal Sebastián 2015) (Cardama Aznar, Jofre Roca, Rius Casals, Roneu Robert, & Blanch Boris, 1998)

De esta manera, ya contextualizando el proceso de ionización con las regiones de ionosfera (F_2, F_1, E y D), las auroras boreales dependen en gran parte de la actividad solar, durante el ciclo de 11 años el Sol tiene un periodo de mayor actividad en donde expulsa un viento solar (flujo de corrientes eléctricas positivas (iones) y negativas (electrones) colisionan con la magnetosfera y estas sufren desviaciones aleatorias, gracias a la colisión con átomos de gases atmosféricos como lo son (nitrógeno y oxígeno). Cuando este flujo de partículas colisiona con la magnetosfera, estas sufren una excitación, y después de un periodo de tiempo estos se convierten en fotones (partículas portadoras de luz visible), antes de que se pueda emitir un fotón ocurren varias colisiones entre los gases atmosféricos y el viento solar (Leal, 2015).

3.6. Formaciones De Las Emisiones De Luz (Auroras Boreales)

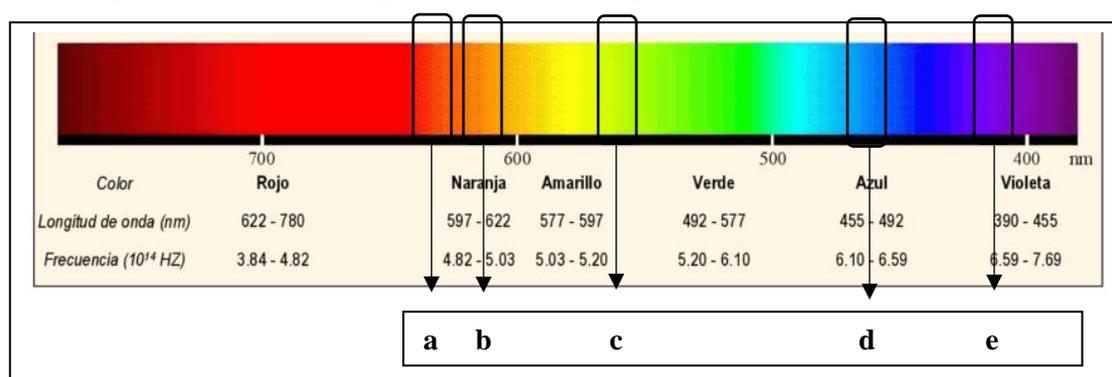
Cuando el viento solar es expulsado, este es conducido a las líneas del campo magnético terrestre y estas se precipitan en la atmosfera, colisionan en su trayectoria con átomos y moléculas hasta perder toda su energía cinética. Durante el proceso, los átomos y moléculas pueden estar expuestos a sufrir excitaciones, ionizaciones y disociaciones, lo que da lugar a emisiones de luz y a cambios a la conductividad y composición de la atmosfera. (Fernández, 2013) (Hewitt, 2004)

De este modo, cuando flujo de corrientes eléctricas son suficientemente intensas (su velocidad depende de la actividad solar), se puede visualizar y apreciar el fenómeno de las auroras boreales, es por ello por lo que las distintas emisiones se dan de acuerdo con los espectros electromagnéticos, las franjas que se encuentran en circulo (a,b,c,d y e), son los colores más comunes que aparecen en el fenómeno de las auroras australes y boreales de la siguiente manera *tabla 2*.

Ahora bien, para que se puedan dar las diferentes emisiones de luz de las auroras boreales se debe tener en cuenta los espectros de radiación o radiación electromagnética, estas son ondas que se producen por las diferentes aceleraciones de una carga eléctrica. Estas radiaciones tienen componentes eléctricos y magnéticos, y así mismo, transportan energía. Existen innumerables formas de ondas electromagnéticas que se pueden distinguir por sus diferentes frecuencia y longitudes de onda que pueden variar según su rango. Estas radiaciones se pueden extender desde longitudes cortas (frecuencias muy altas) y longitudes de onda larga (frecuencias muy bajas). (Hewitt, 2004)

La radiación del Sol emite todas las longitudes de onda, pero tiene un máximo de la región de donde la luz es visible, esta luz está compuesta por varios colores que cuando se mezclan forman la luz blanca. Cada color se caracteriza por tener diferente longitud de onda con límites de los 400 y 700 nm.

Tabla 2. Espectros más comunes en la formación de las auroras polares.



Así pues, las emisiones de luz en la atmósfera superior son producidas principalmente por átomos de oxígeno o moléculas de nitrógeno excitadas por electrones acelerados en la magnetosfera. Las auroras boreales se nombran según su altitud y región ionosférica (longitud de onda). Los colores de la aurora fluctúan entre

los tonos cálidos y fríos del espectro electromagnético visible, pero dos factores determinan el brillo variable de las auroras: la presencia de gas en la magnetosfera, y la excitación de los átomos y moléculas que las componen, es decir, cuando chocan con electrones de alta velocidad, se cargan de energía, que se libera casi instantáneamente, se convirtió en luz.

3.7. Espectros electromagnéticos Y Su Relación Con El Fenómeno De Las Auroras Polares

En el fenómeno de las auroras boreales se logra apreciar las diferentes luminiscencias, estas debida a las diferentes excitaciones de los electrones; las diferentes luminiscencias corresponden a la excitación de gases de la siguiente forma: El color verde es el más común, este se produce por las moléculas de oxígeno que se encuentran ubicadas aproximadamente a 95 km de altitud, los átomos de oxígeno producen un color rojo, aproximadamente a 200 km y las moléculas de nitrógeno producen colores azules violeta, alrededor de 120 km de altitud. Ahora bien, la carga eléctrica acelerada produce radiación electromagnética, este proceso se puede explicar desde la emisión de la luz por los átomos excitados; un electrón si es acelerado en una transición desde un nivel de energía más alto a un nivel de energía más bajo se produce las diferentes emisiones.

Tabla 3. Emisiones de las Auroras Polares. Elaboración propia.

 <p style="text-align: center;"><i>A</i></p> <p style="text-align: center;">Fuente: https://acortar.link/LjqZSx</p>	 <p style="text-align: center;"><i>B</i></p> <p style="text-align: center;">Fuente: https://acortar.link/1oYUUp</p>	 <p style="text-align: center;"><i>C</i></p> <p style="text-align: center;">Fuente: https://acortar.link/kmpDiu</p>	 <p style="text-align: center;"><i>D</i></p> <p style="text-align: center;">Fuente: https://acortar.link/itDN8T</p>
--	--	---	--

Ahora bien, en la *tabla 3* se puede evidenciar algunos ejemplos de las diferentes emisiones de las auroras boreales, aunque no se especifican la totalidad de los colores que se presentan en ella, se muestra algunos ejemplos de colores representativos que se obtienen gracias a las partículas provenientes del sol, pues recordando estás emisiones están ligadas con el viento solar. Además, estas diferentes

emisiones dependen específicamente de las colisiones que hallan entre los átomos y moléculas de la atmosfera terrestre y las partículas provenientes del sol.

CAPITULO IV

4.1. Unidad Didáctica

Este trabajo se aborda desde una mirada constructivista, el cual consiste en brindarle al estudiante herramientas de aprendizaje que le permita construir sus propios conocimientos y con ello pueda dar explicación a hechos y fenómenos en diferentes escenarios; Además, se tendrá en cuenta la metodología cualitativa de la investigación-acción participativa (IAP). El presente trabajo corresponde a una propuesta de investigación en la enseñanza de algunos conceptos del electromagnetismo (campo eléctrico, campo magnético y ionización) desde el contexto del fenómeno de las auroras polares.

Con la presente propuesta se pretende que los estudiantes de grado undécimo puedan relacionar algunos de los conceptos del electromagnetismo con el fenómeno natural de las auroras polares, tomando como base algunas interpretaciones previas que tengan sobre ellas, seguido a ello y teniendo las primeras consideraciones se puede realizar todo un trabajo práctico, donde a partir de la construcción de algunos experimentos enfocados desde el contexto electromagnético y eléctrico puedan dar cuenta de la relación que tienen estos conceptos con la formación de las auroras y cómo desde el ámbito del aula se puede abrir camino para reconocer algunas características del fenómeno desde el punto de vista experimental, entendiendo que este tipo de fenómeno no es visible desde nuestra ubicación (línea del ecuador) y solo los podemos admirar desde imágenes o videos.

Para Colmenares (2011), la IAP se caracteriza por ser un proceso dinámico que involucra una etapa de diagnóstico, elaboración de instrumentos de trabajo y hoja de ruta, ejecución y reflexión permanente, que permiten reorientar el desarrollo en cualquiera de las etapas de trabajo *Imagen 15*. El proceso inicia con la fase I, la cual consiste en la recopilación de información y diagnóstico de las necesidades de la

población a trabajar, seguidamente en la fase II se elabora un plan de trabajo que concuerde con el análisis previo, después en la fase III se desarrolla la etapa práctica en la que se involucra la acción docente junto con la participación de los estudiantes en el proceso formativo, finalmente en la fase IV se recogen las observaciones y reflexiones obtenidas en el proceso, que permitan formular planes de acción para futuros procesos de trabajo.

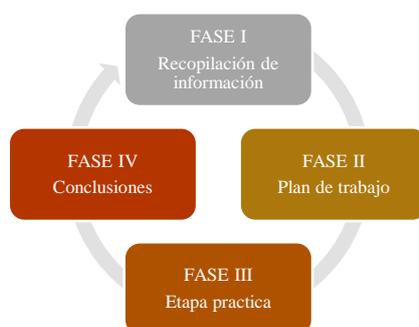


Imagen 15. Etapas de trabajo. (Fuente: Elaboración propia)

4.2. Descripción De La Comunidad A Quien Va Dirigida La Unidad Didáctica

El desarrollo de esta unidad didáctica la cual es diseñada y dirigida para estudiantes de último año escolar (11°) de aproximadamente 14 a 16 años, en los que acorde a los estándares básicos de competencias, deben comprender algunos fenómenos físicos en particular alrededor del electromagnetismo, según el cual el estudiante establece relaciones entre campo eléctrico y magnético, permitiendo dar descripciones relacionadas con estos conceptos entorno al contexto del fenómeno de las auroras polares.

4.3. Desarrollo De Actividades Y Momentos

Las actividades planteadas se dividen en cuatro fases (inicial, desarrollo, práctica y conclusiones), dentro de estas mismas fases se plantean unas preguntas orientadoras que van encaminadas a la formalización de cómo se cree que forma el fenómeno de las auroras polares según las percepciones de los estudiantes. Estas fases se inician con el reconocimiento del fenómeno de las auroras, seguido a esto se dará pie a la descripción de los conceptos que tiene relación con el fenómeno, a partir, de una lectura, seguidamente se desarrollarán dos laboratorios enfocados al campo

eléctrico y magnético, y por último se concluirá con la consolidación de los conceptos mediante la explicación del fenómeno.

Tabla 4. Paso a paso de las actividades correspondientes a la unidad didáctica. (Fuente: Elaboración propia)

ETAPA		DINAMICA	PREGUNTAS ORIENTADORAS
FASE I INICIAL	<i>Indagación</i>	<p>Para esta primera actividad se dividirá en dos momentos, la cual consiste en realizar preguntas de lo general a lo específico sobre el fenómeno de las auroras polares.</p> <p>Para dar inicio se les pedirá a los estudiantes que realicen una mesa redonda, en la cual se les plantea una serie de preguntas para que socialicen entre ellos, en relación con el fenómeno de las auroras polares.</p> <p>Tiempo de la actividad: 40 min.</p>	<p>PRIMER MOMENTO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué tipo de fenómenos naturales conocen que estén relacionados con la electricidad? 2. ¿Qué conoce del fenómeno de las auroras? 3. ¿Cómo creen que se da el fenómeno de las auroras boreales? <p>SEGUNDO MOMENTO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué tipo de fenómenos físicos podría explicar el fenómeno de las auroras boreales? 2. ¿Mencionar

			fenómenos físicos puntuales que se relacionen con las auroras?
<p>Objetivos del profesor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Describir qué son los fenómenos naturales y cuáles de estos se pueden relacionar con la electricidad. - Explicar qué se entiende por el fenómeno de las auroras y de qué manera se logran dar. - Identificar cuáles son los fenómenos físicos que están involucrados con el fenómeno auroral. 			
<p>Objetivos del estudiante:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Explicar de qué manera es posible que se forme el fenómeno de las auroras. - Reconocer qué fenómenos naturales se asocian a la electricidad. - Describir los fenómenos físicos y como estos se pueden relacionar con el fenómeno de las auroras. 			
FASE II DESARROLLO	Lectura ANEXO 3	Los estudiantes realizarán la lectura <i>Algunas Consideraciones Acerca Del Como Y Por Qué Se Forma El Fenómeno De Las Auroras Polares</i> , de forma autónoma para la sesión de clase discutir algunas preguntas orientadoras con base a esta con el fin de afianzar las descripciones sobre el	<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué conceptos físicos se mencionan en la lectura? 2. ¿Cómo se relacionan los conceptos físicos con la formación de las auroras boreales? 3. ¿De qué manera influye

		<p>fenómeno de las auroras. Para terminar con una mesa redonda donde se compartirán las ideas alrededor de la lectura y las discusiones en grupo.</p> <p>Tiempo de la actividad: 40 min.</p> <p style="text-align: center;">Actividad complementaria.</p> <p><u>Visitar el siguiente enlace</u>, acerca de la ionosfera. https://www.meteorologiaenred.com/ionosfera.html</p>	<p>el campo magnético de la Tierra para la formación del fenómeno?</p> <p>4. ¿A qué se debe las diferentes luminiscencias de las auroras boreales y como se forman estas mismas?</p> <p>5. ¿Qué es la ionosfera?</p> <p>6. ¿Por qué es importante la ionosfera en la formación de las auroras polares?</p>
<p>Objetivos para el docente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Describir los diferentes acontecimientos por parte de filósofos y físicos que se dieron alrededor de como se creía que se formaba el fenómeno de las auroras. - Identificar que conceptos están presentes en la formación del fenómeno de las auroras. - Explicar la importancia de la capa atmosférica es especial la ionosfera, y su importancia para la formación del fenómeno de las auroras. 			
<p>Objetivos para el estudiante:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reconocer diferentes acontecimientos que surgieron alrededor de la construcción de posturas físicas y filosóficas entorno al fenómeno de las auroras boreales. 			

- Analizar la relación que hay entre los conceptos electromagnéticos (campo magnético eléctrico y ionosfera).			
FASE III PRACTICA	Laboratorio 1 ANEXO 1	<p>Para el primer laboratorio <i>campo magnético terrestres</i> se les entregara a los estudiantes una guía con los paso a paso para la realización de la práctica.</p> <p>Los estudiantes se formarán en grupo de cuatro personas y necesitarán de algunos materiales accesibles en casa como, por ejemplo: imán, icopor, limadura de hierro, aguja entre otros.</p> <p>Al finalizar la práctica se les proporcionara a los grupos unas preguntas orientadoras alrededor de la relación del campo magnético terrestre y el fenómeno de las auroras boreales, estas preguntas se discutirán en mesa redonda.</p> <p>Tiempo de la actividad: 1 hora.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué es el campo magnético terrestre? 2. ¿Qué importancia tiene el uso de un imán y una brújula con respecto al campo magnético terrestre? 3. ¿Cómo influye el campo magnético terrestre con la formación del fenómeno de las auroras boreales?
	Laboratorio 2	Para el desarrollo de este segundo laboratorio	1. ¿Qué son las

	<p>ANEXO 2</p>	<p><i>electrización</i> se les entregara a los estudiantes una guía con los paso a paso para la realización de la práctica.</p> <p>Para iniciar los estudiantes se formarán en grupos de cuatro personas y necesitarán algunos materiales, como, por ejemplo: un globo, hojas de papel, grifo de agua y una lata. Así mismo, se les proporcionara al finalizar la practica unas preguntas orientadoras, en relación con las cargas eléctricas y el fenómeno de las auroras boreales, estas preguntas se discutirán mesa redonda.</p> <p>Tiempo de la actividad: 1 hora</p>	<p>cargas eléctricas?</p> <p>2. ¿Cómo se comportan las cargas eléctricas en la formación del fenómeno de las auroras boreales?</p>
	<p>Laboratorio 3</p>	<p>Para el desarrollo del tercer laboratorio <i>colores de las auroras</i>, se les proporcionara a los estudiantes unos videos</p>	<p>1. ¿Cuáles son los colores que más se distinguen en el fenómeno</p>

		<p>y páginas web, con el cual desarrollaran unas preguntas orientadoras de los colores y como se forman estas diferentes luminiscencias en la atmosfera.</p> <p>Tiempo de la actividad: 1 hora</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=6NOjc3CHB_E</p> <p>https://astroaficion.com/2019/09/12/los-colores-de-la-aurora-boreal/</p>	<p>aural?</p> <p>2. ¿Qué elementos químicos son los causantes de los diferentes colores de las auroras?</p> <p>¿De qué manera están influenciadas las partículas de la atmosfera (ionosfera), en la formación de las luminiscencias?</p>
<p>Objetivos para el docente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Describir con las prácticas de laboratorio de qué manera se puede asociar las cargas eléctricas con la formación del fenómeno auroral. - Analizar el comportamiento de los imanes y el campo magnético terrestre, y como estos pueden vincularse con la formación del fenómeno auroral. - Identificar que colores predominan en las auroras, y cómo es posible que se den esas luminiscencias. 			
<p>Objetivos para el estudiante:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reconocer que son y cómo se comportan las cargas eléctricas, y de qué forma se pueden vincular con la formación del fenómeno de las auroras. - Identificar cómo se comporta los imanes y como este logra estar asociado al campo magnético terrestre, para que se dé el fenómeno de las auroras. - Explicar que es y cómo se da la ionización en la atmosfera, para que a partir de esta se logra dar las diferentes luminiscencias en el fenómeno auroral. 			
FASE IV		Para esta última fase se	

CONCLUSIÓN	<p>recogerá lo visto con las actividades anteriores y se concluirá con una actividad que consiste en realizar una exposición conformada por cuatro estudiantes, donde expondrá y resaltarán que encontraron en la indagación, lectura y laboratorios, y desde sus interpretaciones, como puede responder a las preguntas orientadoras finales, que consisten en la formación del fenómeno de las auroras boreales, desde cómo se forman, donde se puede visualizar y que hace que se pueda ver las diferentes luminiscencias.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué son el fenómeno de las auroras boreales? 2. ¿De qué manera se da el fenómeno de las auroras boreales? 3. ¿Cómo se comportan las cargas eléctricas en la formación del fenómeno? 4. ¿Qué tiene que ver el campo magnético terrestre en la formación del fenómeno? 5. ¿Dónde es posible ver este fenómeno y por qué?
------------	---	--

<p>Objetivos para el docente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificar la importancia de algunos conceptos físicos (campo eléctrico, campo magnético y ionización), asociados a fenómenos naturales en especial a las auroras. - Explicar desde los diferentes conceptos físicos, como se da y de que manera la formación del fenómeno de las auroras. - Describir en que lugares es posible ver el fenómeno de las auroras.

Objetivos para el estudiante:

- Explicar que son las auroras boreales.
- Describir que conceptos físicos (campo eléctrico, campo magnético y ionización), están asociados con el fenómeno de las auroras.
- Analizar de qué manera se forma el fenómeno de las auroras.

4.4. Resultados Esperados

La presente propuesta se hace con el objetivo de recrear algunas actividades experimentales, que den cuenta de manera general como se forma el fenómeno de las auroras polares, tomando como base algunos conceptos electromagnéticos (campo eléctrico, magnético y ionización), que son abordados en el colegio especialmente con el grado undécimo. Esta propuesta no se logró llevar a cabo, dado que el tiempo de practica se desarrolló durante los periodos 2020-1, 2 y 2021-1, 2, tiempo en el cual se estuvo en emergencia sanitaria (COVID-19), y las practicas se desarrollaron de manera virtual, lo cual hizo un poco complejo la realización de esta misma, por problemas de logística del colegio (lugar de practica). Sin embargo, se diseña la propuesta para futuros investigadores que estén buscando diferentes estrategias, para dar explicación de algunos conceptos electromagnéticos (campo eléctrico, magnético y ionización), y que mejor manera que desde los fenómenos naturales, como lo son las auroras polares.

Con respecto a la propuesta de la unidad didáctica se espera que de alguna manera los estudiantes puedan familiarizarse en una primera instancia con los fenómenos naturales, en particular con los eléctricos y magnéticos. De esta forma, reconociendo algunas de las características que puedan llegar articular con el fenómeno de las auroras polares, y a partir de ello los estudiantes puedan relacionar sus interpretaciones y conocimientos, con la forma en que éste se presenta en los hemisferios de la Tierra.

Así mismo, reconociendo los diferentes fenómenos físicos presentes en las auroras polares, los estudiantes pueden involucrar principalmente algunos de los conceptos electromagnéticos, desde la práctica. Desde allí, pueden visualizar estos conceptos e interpretar la forma en que se manifiesta y que hace que se forme el

fenómeno, teniendo en cuenta que se les proporciona diferentes elementos de estudio que permitan contextualizar acerca del comportamiento de este fenómeno.

Para esta unidad didáctica, no es necesario que el docente que la esté impartiendo la desarrolle paso a paso, pero en base a las discusiones que se den durante los laboratorios y las preguntas orientadoras suministradas, puedan darle un nuevo enfoque y esta unidad se logre desarrollar satisfactoriamente.

CONCLUSIONES

La consolidación de la conceptualización correspondiente del tema central abordado, involucro un contexto histórico en el cual se hallaron diferentes posturas por parte de filósofos, físicos y astrónomos sobre la formación del fenómeno entre los que se encontraron a Galileo De Mairan y William Gilbert, entre otros, quienes a partir de experimentos e indagaciones lograron consolidar que el fenómeno de las auroras se debía principalmente al Sol y al campo magnético terrestre.

En la búsqueda detallada y la selección de material se encontró finalmente que gracias a los desarrollos científicos que se dieron por parte de filósofos, físicos y científicos durante los siglos IV y XIX, el cual describían que las auroras polares podrían ocurrir solamente en el polo sur, sin embargo, se comprobó satisfactoriamente durante las exploraciones desarrolladas XX, que el fenómeno de las auroras polares ocurre simultáneamente en ambos hemisferios (sur y norte).

Tomando en consideración las diferentes posturas de científicos debido a la naturaleza de este fenómeno, hoy en día y gracias a esos hallazgos se sabe que las auroras polares se dan principalmente por el sol, quien expulsa un flujo de partículas denominadas como viento solar que viajan aproximadamente a un millón o tres millones de kilómetros por hora, siendo redirigido y puesto en contacto con las líneas de fuerza magnética que se originan cerca de los hemisferios (sur y norte). El viento solar al entrar en contacto con las líneas del campo magnético terrestre, que está compuesto por cargas eléctricas, origina un proceso llamado ionización, el cual es el responsable de las emisiones de luz, llamadas comúnmente como auroras boreales (polares o boreales).

Por otro lado, en la contextualización de la formación del fenómeno de las auroras polares, se encontró algunos conceptos que enmarcan el proceso de formación

del fenómeno. Durante el capítulo tres se logró evidenciar el proceso nuclear del Sol y como gracias a su flujo de partículas permite las diferentes luminiscencias en los hemisferios. Igualmente, el proceso que hay entre el flujo de partículas provenientes del Sol y la atmosfera terrestre específicamente la ionosfera, permite correlacionar los conceptos del electromagnetismo (campo eléctrico y magnético).

En la búsqueda del proceso de formación del fenómeno de las auroras polares, se descubrió una conexión entre la ionosfera atmosférica, que es la principal responsable de las diferentes luminiscencias. En esta relación, la ionosfera se divide en regiones (*F2*, *F1*, *E* y *D*), que son producto de la interacción de la atmósfera terrestre y la radiación solar en el campo magnético terrestre. Cada región está a una altitud diferente y varía en términos de día y noche. En estas regiones se producen diferentes longitudes de onda dependiendo de la radiación solar y la concentración de electrones que se encuentran en cada región.

En concordancia con el proceso de formación de las auroras se logra evidenciar que este fenómeno permite contribuir en el proceso de enseñanza de algunos conceptos físicos tales como: campo eléctrico, magnético e ionización, y durante el proceso escolar especialmente con grado 11, se ven algunas temáticas del electromagnetismo, es por ello que al abordar y articular estas temáticas en el escenario escolar, permite contribuir en el desarrollo de nuevas estrategias de enseñanza como ésta propuesta en este trabajo de grado (unidad didáctica). Con esto, se espera que los estudiantes puedan estar más familiarizados con algunos conceptos científicos desde un contexto más llamativo de los fenómenos naturales.

Desde las diferentes reflexiones pedagógicas frente a la unidad didáctica, se resalta que estas se presentan como una guía de trabajo abierto para el docente pueda realizar las actividades según su interés y el de sus estudiantes. Dentro de esta unidad didáctica se presenta actividades prácticas y conceptuales para que el estudiante pueda trabajar de modo autónomo y grupal, y con ello, puedan compartir intereses en particular relacionados con la formación del fenómeno de las auroras polares.

Bibliografía

- Alfonso Echazarra & Markus Schwabe. (15 de 4 de 2019). *Resultados de PISA 2018*. Obtenido de Obtenido de Programme for International Student Assessment OECD: https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_COL_ESP.pdf
- Antonio, D. L., & Gama, D. (1790). *Disertación Física sobre la Materia y Formación de las Auroras Boreales, que con Ocasión de la que Apareció en Mexico y otros Lugares de la Nueva España el dia 14 de Noviembre de 1789*. Mexico. D.F: Calle del espíritu santo.
- Aponte, N. C. (2013). *Diseño de una estrategia didáctica para la enseñanza de la inducción electromagnética*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Aragonès Valls, E., & Ordaz Gargallo, J. (2010). Auroras boreales observadas en la península Ibérica, Baleares y Canarias durante el siglo XVIII. *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*, 46-47.
- Bravo, S. (1994). *Plasma en Todas Partes*. Obtenido de El Descubrimiento del Estado de Plasma: <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/126/htm/plasmas.htm>
- Cañizares Espinosa, Y., Guillen, E., & Leonides, A. (2014). Propuesta para impartir la didáctica de la física empleando estrategias de enseñanza y de aprendizaje. *Avances en Supervisión Educativa*, 2-3.
- Carbonell, M. V., Flórez, M., Martínez, E., & Álvarez, J. (2017). Aportaciones sobre el Campo Magnético: Historia e Influencia en Sistemas Biológicos. *Intropica*, 144.
- Cardama Aznar, À., Jofre Roca, L., Rius Casals, J., Roneu Robert, J., & Blanch Boris, S. (1998). Antenas. En *Antenas* (págs. 61-65). Barcelona: Ediciones UPC.
- Carrasco, V. M. (2018). The Great Aurora of January 1770 observed in Spain. *Open Access History of Geo - and Space Sciences*, 133-136.
- Chaparro, J. K. (2015). *Estudio del Magnetismo de Cuerpos Astronomicos; una propuesta para motivar y profundizar las tematicas del electromagnetismo en el curso de Física de grado 11*. Bogotá. D.C: Universidad Nacional de Colombia.
- Colmenares, A. M. (2011). Investigación-acción participativa: una metodología integradora del conocimiento y la acción. *Voces y Silencio: Revista Latinoamericana de Educación*, 103-107.
- de los Arcos, T., & Tanarro, I. (2011). Plasma: el cuarto estado de la metria. En *Plasma: el cuarto estado de la metria* (págs. 16-29). Madrid: Csic.
- De Saint-Lazare, P. (1833). *Electricidad de los Meteoros*. Valencia: De cabrerizo.
- Díaz, J. E. (2019). Relación viento solar, Magnetosfera, Ionosfera. *ResearchGate*, 80-82.
- Editores, S. (1986). El universo. En S. editores, *El universo* (págs. 64-67). Salvat.
- Estandares Basicos de Competencias. (2006). *Ministerio de Educación Nacional*, 141.
- Estandares Basicos de Competencias. (2006). *Ministerio de Educación Nacional*, 96.

- Fernández, J. P. (2013). Aurora Boreal. Un Espectaculo Visual de Luz y Materia. *100cias@uned Facultad de ciencias*, 166-167.
- Fischer, A. (18 de Septiembre de 2021). *National Geographic en Español*. Obtenido de National Geographic en Español: <https://www.ngenespanol.com/ciencia/el-misterioso-sonido-de-las-auroras-boreales-que-ha-inquietado-a-los-cientificos-por-siglos/>
- Gil, M., Ricci, S., González, J., Juaréz, S., & María Laura, C. (2021). Boletín Mensual de la Estación Magnética de Cipolleti. *Servicio Meteorologico Nacional*, 9-10.
- Gutierrez, M. A. (2001). Bioelectromagnetismo: Campos eléctricos y magnéticos y seres vivos. En *Bioelectromagnetismo: Campos eléctricos y magnéticos y seres vivos*. Madrid: Csic.
- Hawking, S. (1988). *Breve historia del tiempo*. Reino Unido: Booke ciencia.
- Hernandez, A. L. (2015). *La aurora boreal de 1789*. Mexico. D.F: Universidad Nacional Autonoma de Mexico.
- Hewitt, P. G. (2004). Física Conceptual, Novena Edición. En P. G. Hewitt, *Física Conceptual, Novena Edición* (págs. 589-590). México: Pearson Educación.
- Leal., S. (2015). *Introducción las Variaciones Diurnas*. Argentina: Universidad Nacional de Tucumán.
- López Guzman, C., & Velázquez Castañeda, A. (2013). *Fusión Nuclear*. Obtenido de Universidad Nacional Autónoma de México: <http://objetos.unam.mx/fisica/fusionNuclear/index.html>
- Montoya, F. G. (1999). Investigación sobre algunos aspectos del campo magnético terretre. Implicaciones didacticas. *Revistes Catalanes amb Accès Obert*, 121-123.
- Ortega, P. J. (2010). *Psiquiatria Infantil*. Obtenido de https://psiquiatriainfantil.org/2010/2010_1.pdf
- Perea, J. M. (1996). *Cómo se produce la energía que nos llega del sol?* Obtenido de file:///C:/Users/Windows%2010/Downloads/Dialnet-ComoSeProduceLaEnergiaQueNosLlegaDelSol-6936935%20(1).pdf
- Ron, A. M. (25 de Enero de 2011). *NAUKAS ; Ciencia, escepticismo y humor*. Obtenido de NAUKAS ; Ciencia, escepticismo y humor: <https://naukas.com/2011/01/25/ocurren-las-auroras-en-ambos-polos-a-la-vez/>
- Savage, C. S. (1994). *Aurora The Mysterious Northern Lights*. San Francisco: Sierra Club Books.
- Serwey, R. A. (2009). Fundamentos de la Física, Séptima Edición. En R. A. Serwey, *Fuerzas Eléctricas y Campos Eléctricos* (págs. 642-644). México D.F: Cengage Learning Editores.
- Sevilla, U. d. (2015). *Procesos Físicos Fundamentales en la Ionización*. Universidad de Sevilla.
- Young, H. D., & Freedman, R. A. (2009). Física Universitaria con Física Moderna, Decimosegunda edición. En H. D. Young, & R. A. Freedman, *Campo Magnético Y fuerzas Magnéticas* (págs. 916 - 919). México: Pearson Education.

ANEXO 1

CAMPO MAGNETICO TERRESTRE

1. Para desarrollar los siguientes experimentos, se debe leer atentamente el siguiente texto y conforme a ello describir en la sesión de conclusiones que pasa con cada uno de los fenómenos y como cree que se comportan de acuerdo el campo magnético terrestre.

El término *magnetismo* proviene de Magnesia, una provincia costera de Thessaly en la Grecia antigua, donde se encontraron ciertas piedras hace más de 2000 años. Esas piedras se llamaron *piedras imán*, y tenían la extraña propiedad de atraer piezas de hierro. Los chinos usaron los imanes en sus brújulas en el siglo XII, para guiarse en la navegación y expediciones.

CAMPO MAGNETICO.

El ser humano siempre ha considerado tener un interés por el fenómeno del magnetismo, las primeras indagaciones que se tienen remonta aproximadamente en el año 600 a.c. Uno de los intereses de la humanidad sobre los campos magnéticos es que este afecta a los seres vivos, motivo por el cual ha sido investigado y cuestionado al pasar de los años. Una de las características por las que el campo magnético afecta a los seres vivos es la orientación espacial de los animales (Carbonell M. , Flórez, Martínez, & Álvarez, 2017).

Evidencia que se tiene de por qué el fenómeno magnético afecta a los seres vivos, son por la aparición de unas algas y bacterias que según investigaciones usan el geomagnetismo para orientarse, es decir, que poseen unos cristales de magnetita que se alinean en largas cadenas denominadas como *magnetosomas*. Otro ejemplo, de que el fenómeno magnético está presente en los seres vivos, son las abejas pues a estas se les ha encontrado en su abdomen magnetita y lo mismo ocurre en el cráneo de los pichones. A estos ejemplos se les suma otras

investigaciones de otros seres vivos. Todo ello, se logra evidenciar con estas explicaciones la importancia del estudio de magnetismo (Carbonell M. , Flórez, Martínez, & Álvarez, 2017).

Para iniciar con la definición del electromagnetismo, se debe comenzar primero con el concepto de magnetismo, este se ha considerado desde tiempos remotos como la rama de física que intenta dar una explicación a los fenómenos de atracción y repulsión que estos ejercen sobre algunos materiales (níquel, cobalto y hierro), siendo estos materiales susceptibles a los imanes.

Usualmente para abordar el magnetismo se toma como base la existencia de los polos magnéticos de los imanes permanentes, es decir, que dentro de la composición de los imanes estos tiene una propiedad de polaridad, en donde uno de los extremos, denominados polos, se nombra polo sur (S) y el otro se le conoce como polo norte (N). La región donde se pone el manifiesto la acción de un imán se llama campo magnético, este se representa mediante unas líneas de fuerza

imaginarias cerradas que van de polo norte a polo sur, por fuera del imán y en sentido contrario en el interior de este (ver ilustración 1).



Ilustración 1. Polaridad de un imán (Fuente: elaboración propia)

Ahora bien, el fenómeno magnético se dio a conocer hace aproximadamente 2500 años, gracias a unos fragmentos de mineral de hierro magnetizado en la antigua ciudad de magnesia (lugar de donde se conoce el termino magnético). Gracias a los hallazgos del mineral, hoy en día se le conoce a ese material como imán permanente, los cuales ejercen fuerza sobre otros imanes u otro material que no estuviera magnetizado. Después de las primeras observaciones que se tenían de los imanes se descubrió que cuando una varilla de hierro entra en contacto con un *imán natural* y este se magnetiza y luego se suspende en un hilo, este tendría alinearse en dirección norte-sur. Tiempo después se demostró que las brújulas son prácticamente hierro magnetizado (Young & Freedman, Física Universitaria con Física Moderna, Decimosegunda edición, 2009).

Los imanes se les puede caracterizar de cuatros maneras, las cuales constan de: a) La fuerza de atracción de los polos en sus extremos tienden a ser más intensas, b) Lo polos norte y sur (N y S), también se les conoce como polo positivo y polo negativo, entre ellos existen unas combinaciones donde polos del mismo signo se repelan (NN – SS) y polos de diferentes signos se atraen (NS – SN) (véase en la *ilustración 2*). c) Los imanes también se les conoce un eje magnético, el cual consiste en una línea imaginaria que une los polos del imán, y por último d) La línea neutral

es la que se distingue o separa las zonas *polarizadas* (Carbonell, Flórez, Martínez, & Álvarez, 2017).

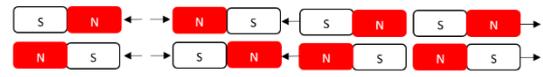


Ilustración 2. Atracción y repulsión de un imán (Fuente: elaboración propia)

Ahora bien, con las descripciones mencionadas anteriormente acerca del imán y sus propiedades, podemos ver un claro ejemplo de cómo un gran imán (Tierra) se comporta y este se ve influenciado en la formación de las auroras boreales. La Tierra es considerada como un gran campo magnético, ya mencionada anteriormente, se comporta como un gran imán situado a lo largo del eje de rotación por el que pasa el polo norte y sur geográfico. El origen del campo magnético terrestre (CMT) no se conoce muy bien se origen, pero se cree que este es debido a: *“las corrientes conectivas en un núcleo fluido conductivo”* (Gil, Ricci, González, Juaréz, & María Laura, Boletín mensual de la Estación magnética de Cipolletti, 2021).

En la superficie de la Tierra existe una barra imantada ubicada en el centro del planeta, esta barra al igual que un imán tradicional posee un dipolo magnético (polo sur y polo norte) que corta a la Tierra en dos puntos llamados polos geomagnéticos. Estos polos no se alinean con los polos geográficos porque los polos geomagnéticos están aproximadamente alineados con el eje de rotación de la Tierra (Montoya, 1999).

Por otro lado, los polos geográficos no coinciden con la posición de la barra del imán terrestre, es decir, que si se tiene uno de los extremos del imán como puede ser el polo norte, este en la superficie terrestre se le considera como

polo sur magnético (ver *ilustración 3*). Esta situación se debe a que las agujas imantadas no señalan exactamente el norte geográfico (Ng), dado que las líneas de fuerza de un imán que se orienta al norte geográfico en realidad están apuntando en la dirección del sur magnético. Teniendo en cuenta la *ilustración 3* se refleja la ley de atracción y repulsión de los polos magnéticos y por qué no coincide con los polos geográficos (Gil, Ricci, González, Juárez, & María Laura, Boletín mensual de la Estación magnética de Cipolletti, 2021).

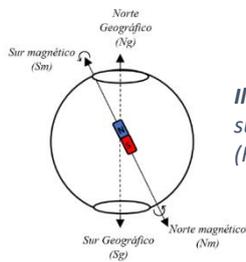


Ilustración3. Relación del norte - sur geográfico y magnético
(Fuente: elaboración propia)

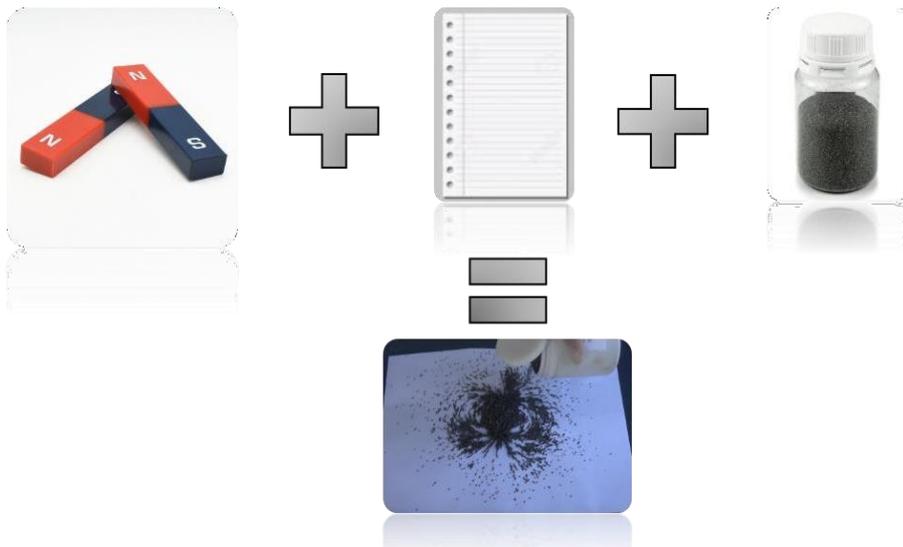
CAMPO MAGNETICO DE LA TIERRA

LABORATORIO #1 - POLOS MAGNETICOS

MATERIALES E INSUMOS:

Para realizar las siguientes practicas experimentales se necesitarán de los siguientes materiales y en caso de que se crea necesario la compañía de un adulto responsable (los experimentos no son nocivos para la salud).

- *Imán*
- *Hoja blanca*
- *Limadura de hierro*



Tomar la limadura de hierro y regar un poco sobre la hoja blanca, al tener este primer paso coger el imán y pasarlo por debajo de la hoja y evidenciar como se desplaza esta limadura de hierro sobre la hoja.



Tomar la limadura de hierro y regar un poco sobre la hoja blanca, al tener este primer paso coger el imán y pasarlo por debajo de la hoja y evidenciar como se desplaza esta limadura de hierro sobre la hoja.

CONCLUSIONES DE LA PRÁCTICA EXPERIMENTAL #1

ACTIVIDAD

- Elabore un diagrama de lo que evidencio en la práctica #1

A large, empty rounded rectangular box with a red border, intended for drawing a diagram. The box is centered on the page and occupies most of the lower half of the document.

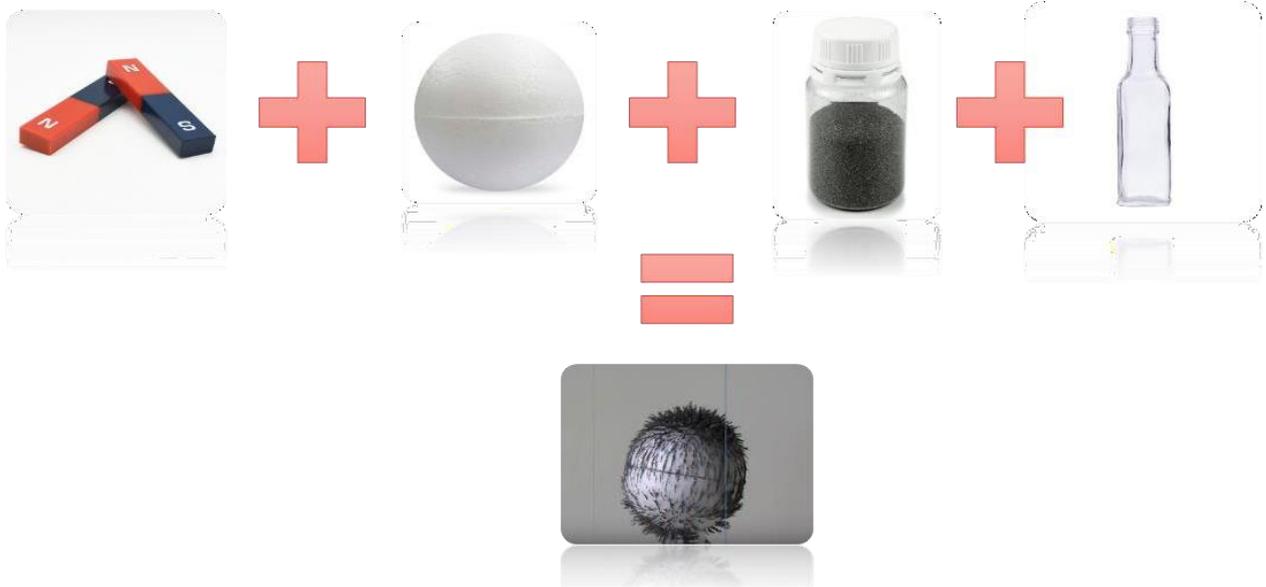
LABORATORIO #2

LA TIERRA UN GRAN CAMPO MAGNETICO

MATERIALES E INSUMOS:

Para realizar las siguientes practicas experimentales se necesitarán de los siguientes materiales y en caso de que sea necesario la compañía de un adulto responsable (los experimentos no son nocivos para la salud).

- Imán
- Bola de icopor
- Limadura de hierro
- Botella de vidrio o plástico



En primer lugar, hay que recortar la bola de icopor por la mitad he introducir el imán dentro de este, teniendo listo este paso se prosigue a colocar en la boquilla de la botella de plástico o vidrio la bola de icopor con el imán adentro, a continuación, regamos sobre la bola de icopor nuestra limadura de hierroy con esto se evidenciara uno de los fenómenos más asombrantes de nuestra Tierra.

CONCLUSIONES DE LA PRÁCTICA EXPERIMENTAL #2

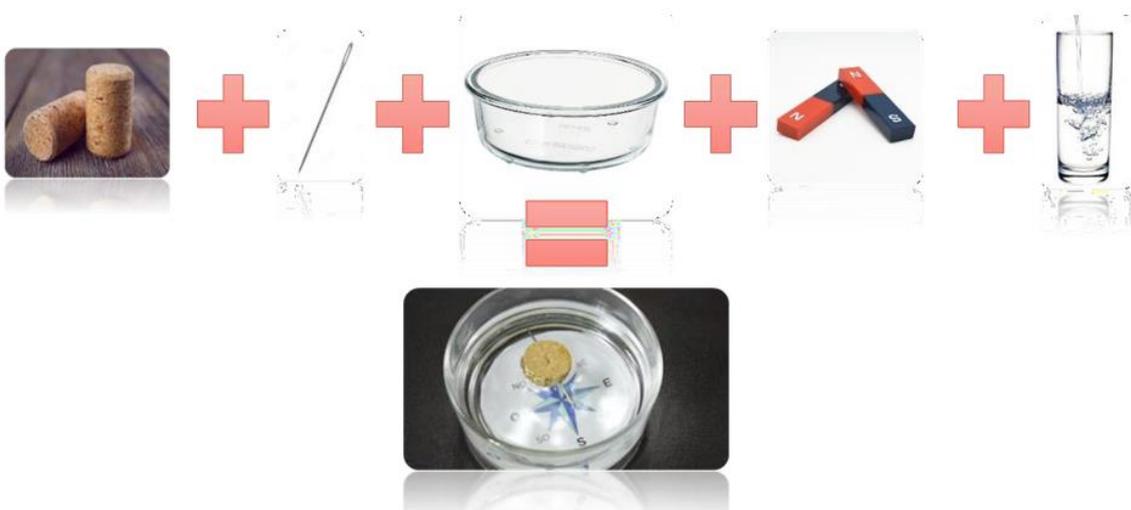
LABORATORIO #3

CONSTRUCCIÓN DE UNA BRUJULA

MATERIALES E INSUMOS:

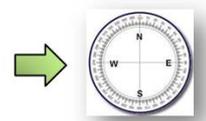
Para realizar las siguientes practicas experimentales se necesitarán de los siguientes materiales y en caso de que sea necesario la compañía de un adulto responsable (los experimentos no son nocivos para la salud).

- Un corcho
- Una aguja
- Una taza transparente
- Agua
- Un imán



Tomar el corcho y cortarlo en forma de moneda, seguido a esto introducir la aguja desde el borde del corcho hasta que este salga por el otro extremo. Agregamos agua a nuestro recipiente transparente y sobre el agua colocamos nuestro corcho con la aguja, continuamente cogemos nuestro imán y lo acercamos al recipiente, en él se evidenciará como se mueve nuestra aguja con la atracción del imán.

NOTA: Se puede hacer una ilustración con las orientaciones y colocar este dibujo en la parte de abajo del recipiente para hacer más visible la orientación de la aguja.



NOTA: Antes de introducir la aguja en el corcho es necesario imantarla con un imán, es decir, frotar la aguja con el imán por lo menos



CONCLUSIONES DE LA PRACTICA EXPERIMENTAL #3



ANEXO 2

LA ELECTROESTÁTICA

1. Para desarrollar los siguientes experimentos, se debe leer atentamente el siguiente texto y conforme a ello describir en la sesión de conclusiones que pasa con cada uno de los fenómenos y como cree que se comportan de acuerdo con las cargas eléctricas.

Electricidad es el nombre que recibe una serie de fenómenos que, de alguna manera, se dan en casi todo lo que nos rodea. Desde los relámpagos que se dan en el cielo hasta el parpadeo de las bombillas, hasta los impulsos que recorren tu sistema nervioso, la electricidad está en todas partes. El control eléctrico es evidente en muchos electrodomésticos, desde hornos de microondas, celulares y computadoras.

El concepto de *positivo* y *negativo* se refieren a la carga eléctrica, la cantidad fundamental que se encuentra en todos los fenómenos eléctricos. Las partículas cargadas positivamente de la materia ordinaria son *protones* y las partículas cargadas negativamente son *electrones*. La atracción entre estas partículas hace que se agrupen en unidades atómicas extremadamente pequeñas. (Los átomos también contienen partículas neutras llamadas neutrones). Cuando dos átomos se acercan, el equilibrio de atracción y repulsión no es perfecto dado que los electrones se mueven dentro del volumen de cada átomo. Así, los átomos pueden atraerse entre sí y formar moléculas. De hecho, todas las fuerzas de enlace químico que mantienen unidos a los átomos en una molécula son de naturaleza eléctrica.

Es importante tener en cuenta que cuando se carga algo, no se crean ni se destruyen los electrones. Solo se mueven de un material a otro. En pocas palabras se conservan las descargas. En cualquier caso, a gran escala o a nivel atómico y

nuclear, siempre se ha comprobado que se aplica el principio de mantenimiento de los bienes. Nunca se ha encontrado algo que mencione que estas cargas eléctricas se crean o se destruyen.

CARGA

Cargamos (eléctricamente) las cosas al transferir electrones de un lugar a otro. Lo podemos hacer por contacto físico, como cuando se frotan entre sí las sustancias, o simplemente cuando se tocan. También podemos redistribuir la carga de un objeto poniéndole cerca un objeto cargado. A esto se le llama *inducción*.

CARGA POR FRICCIÓN Y POR CONTACTO

Todos estamos familiarizados con los efectos eléctricos que produce la fricción. Podemos frotar la piel de un gato y oír el crujir de las chispas que se producen, o peinarnos frente a un espejo en una habitación oscura para ver y oír las chispas. Podemos frotar nuestros zapatos con una alfombra y sentir hormigueo. En todos estos casos, se transfieren electrones por fricción cuando un material se frota contra otro.

CARGA POR INDUCCIÓN

Si *acercas* un objeto cargado a una superficie conductora, harás que se muevan los electrones en la superficie del material, aunque no haya contacto físico. (Córdoba, 2020, págs. 11, 27-29)

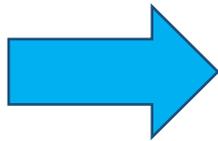
ELECTRIZACIÓN

LABORATORIO #1 - PELOS DE PUNTA

MATERIALES E INSUMOS:

Para realizar la siguientes practicas experimentales se necesitarán de los siguientes materiales y la supervisión de un adulto responsable (*los experimentos no son nocivos para la salud*).

- Un globo
- Una hoja de papel que este en trozos
- Grifo de agua
- Una lata de bebida vacía



Al tener el globo inflado podrás frotarlo contra la cabeza o un saco de lana por unos segundos y con ello observar de qué manera se comporta el cabello acercando el globo lentamente.

CONCLUSIONES DE LA PRACTICA #1

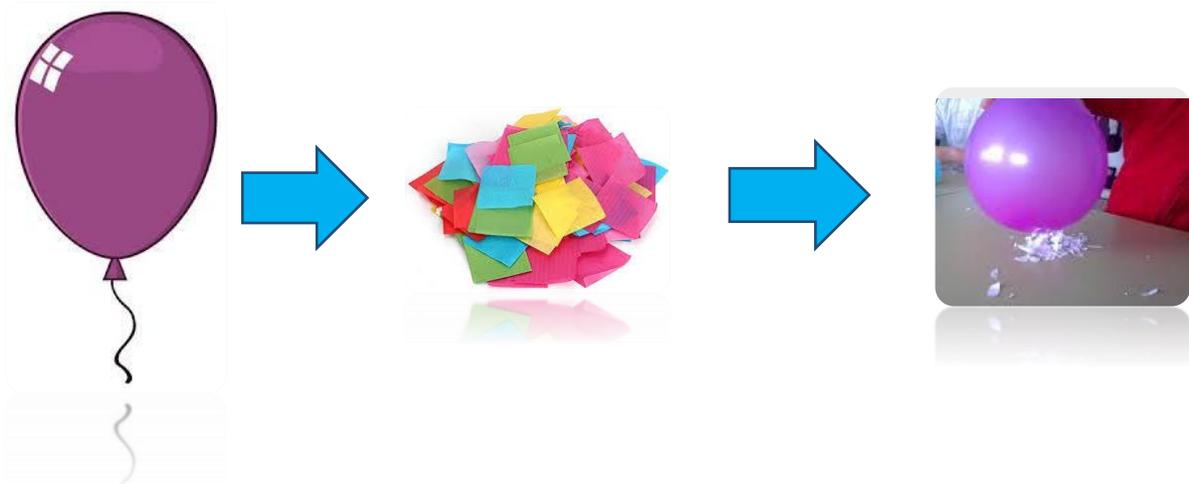
De acuerdo, con la primera actividad describir como cree que se comporta las cargas eléctricas con respecto al globo.

LABORATORIO #2

ATRAPA PAPELITOS

MATERIALES E INSUMOS:

- Un globo
- Pedacitos de papel
- Saco de lana



Teniendo el globo inflado y conjunto los trozos de papel, frotar el globo en la cabeza o en un saco de lana y acércalo a los trozos de papel despacio y observar lo que sucede.

CONCLUSIONES DE LA PRACTICA #2

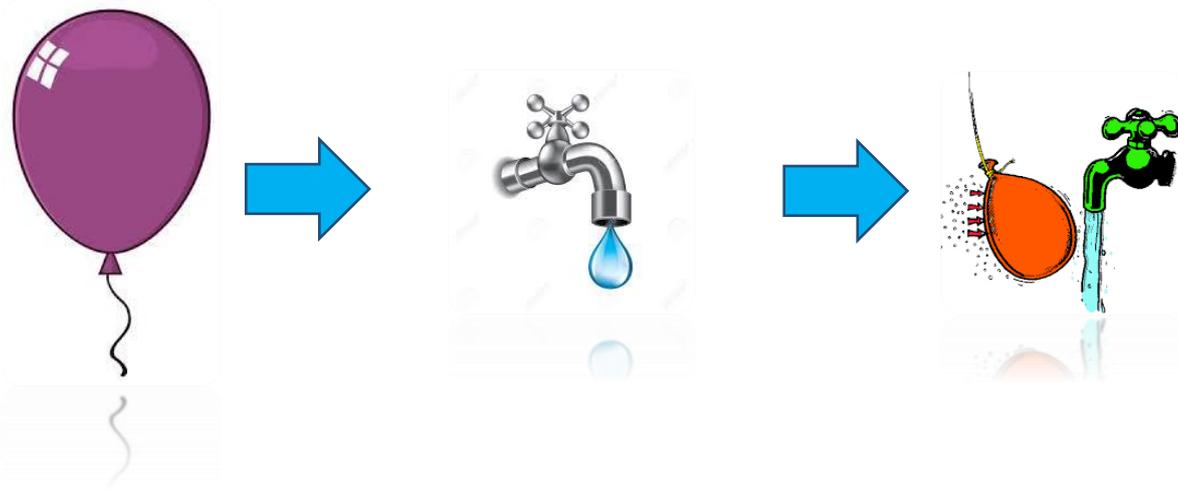
De acuerdo, con esta segunda actividad describir como cree que se comporta las cargas eléctricas con respecto a los papelitos.

LABORATORIO #3

CURVATURA DEL AGUA

MATERIALES E INSUMOS:

- Un grifo de agua
- Un globo
- Saco de lana



Volver a frotar el globo en el saco de lana o en la cabeza y llevarlo al grifo de agua y ahí evidenciar lo que pasa con el agua.

CONCLUSIONES DE LA PRACTICA #3

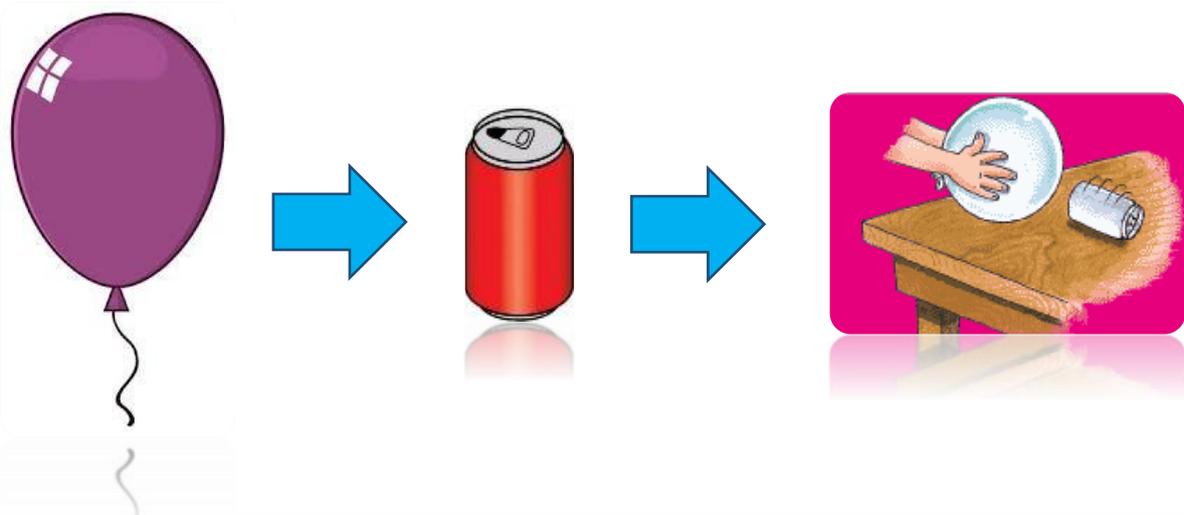
De acuerdo, con esta tercera actividad describir como cree que se comporta las cargas eléctricas con respecto al agua del grifo.

LABORATORIO #4

LATA EN MOVIMIENTO

MATERIALES E INSUMOS:

- Una lata vacía
- Un globo
- Saco de lana



Nuevamente frotar el globo en la cabeza o un saco de lana y acercarlo despacio a la lata y observar lo que ocurre al hacer este contacto.

CONCLUSIONES DE LA PRACTICA #4

De acuerdo, con esta tercera actividad describir como cree que se comporta las cargas eléctricas con respecto a lata.

ANEXO 3

ALGUNAS CONSIDERACIONES ACERCA DEL COMO Y POR QUE SE FORMA EL FENOMENO DE LAS AURORAS POLARES

El fenómeno de las auroras boreales durante los siglos IV a XX fue uno de los acontecimientos más importantes, éste se dio alrededor del asombroso hallazgo de luces coloridas en el cielo que parecían cambiar de color e intensidad. A través de los años fue llamado de varias maneras según sus observadores, entre ellos filósofos, astrónomos y físicos, que por noches enteras trabajaron en encontrar la posible causa del por qué se presentaba este fenómeno en algunos lugares particulares en la tierra.

Las auroras boreales a través de la historia han sido denominadas de muchas maneras debido a que cada persona que tuvo la fortuna de verlas por primera vez les dio un nombre diferente, por ejemplo: destellos, meteoros o luminiscencia que se originaban en el cielo sin considerar la causa de los diferentes colores y formas.



PRIMERAS INTERPRETACIONES

Uno de los primeros en evidenciar este magnífico espectáculo fue Aristóteles (384 a.c. – 322 a.c.), filósofo y científico quién a mediados del siglo IV a.c., habló por primera vez sobre las auroras, quién las designo con distintos nombres, como lo fueron: lanzas, caballeros, resplandor e incendio en el cielo. De igual manera, menciona que estas auroras tenían algunas características de cómo si estas fueran una gran bola de fuego cayendo desde el cielo o simplemente daba la impresión de ser una especie de humo como resultado de estas bolas de fuego.



SIGLO IV A.C.

Durante el siglo XVI Galileo (1564 – 1642), astrónomo, filósofo y matemático, quién también evidencio este fenómeno, se propuso en probar la tesis aristotélica de que esas auroras en realidad eran luces que brillan en la inmensidad del cielo, además, comparo el fenómeno de las auroras boreales con cometas, de este modo, él creía que esos cometas no eran más que "aire cargado de vapor", que al estar elevado en el cielo es golpeado por el Sol y como resultado se obtiene un reflejo de su esplendor.

Posteriormente, Galileo a raíz de la gran aurora que se presentó en 1621, la denominó *aurora borealis*, después que esta se viera en distintos lugares del hemisferio norte, donde denominó *aurora* en honor a la diosa griega del amanecer y *borealis* lo asociaba con el viento que se originaba en el norte del hemisferio en donde se encontraba.



Siglo XVI

Mas adelante, Descartes (1596 – 1650), filósofo, matemático y físico en 1638 basándose en observaciones previas publica una serie de manuscritos en donde intenta dar explicación a la causa de lo que él llama "*maravilla natural*" es decir, al fenómeno de las auroras. Él sugirió que una de las posibles causas, era que esta estaba formada por nubes y al reflejarse con el Sol se obtendría una reflexión de la luz solar.



1638



FORMAS Y COLORES DEL FENÓMENO AURAL

De hecho, el 20 de septiembre de 1717 Burmann observo lo que según él llamo a las auroras boreales como "*arcos*"

luminosos", donde describía que estos estaban superpuestos entre sí, y explicaba la manera en que estos arcos se separaban por algunos intervalos o zonas más oscuras, comúnmente al espacio que hay entre intervalo e intervalo se le llamó *segmentos oscuros*. Los *segmentos* suelen estar diferenciados por unas luces más claras, de estas luces se creía que podían distinguir la variedad de formas o figuras, como pirámides y columnas que se juntan con el zenith (punto más alto en el cielo).



1717



Tiempo después en 1737 Poleni (1683 – 1761), físico y matemático, quien también denominó como "arcos luminosos" a las auroras boreales, observó tres arcos luminosos, sin embargo, no los observó como superpuestos como lo había mencionado Burmann, sino, que Poleni los asoció con distancias entre ellos, es decir, que a partir de esos *arcos luminosos* se podría distinguir si habría diferencia de colores entre ellos o si podían diferenciar por sus distinguidas formas.



1737



POSIBLE ALTURA DEL FENÓMENO AURAL

Uno de los primeros en determinar la altura aparente de esos fue el astrónomo y matemático francés De Mairan (1678 - 1778) quien, a pesar de sus cálculos analíticos, trigonométricos y sus deducciones no logró validar con certeza la altura aparente de los arcos sobre la superficie de la tierra, durante ese tiempo, sin embargo, sus



XVII

cálculos dedujeron que la altura de este fenómeno podría encontrarse a más o menos doscientas o trescientas leguas, unidad de longitud equivalente a **800 km o 1200 km**.

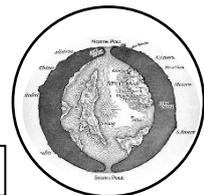
ALGUNOS AUTORES PRESENTAN SUS HIPÓTESIS DE LA CAUSA AURAL

A partir de 1707 y 1708 aparecieron algunos de los curiosos y científicos que asombrados por este fenómeno: Roemer, Kirch y Halley astrónomos del siglo XVII, quienes pasaron años en silencio sin poder lograr la causa verdadera de este fenómeno, no fue hasta el 17 de marzo de 1716 que el astrónomo Edmund Halley (1656 – 1742), quien especuló sobre la posible causa, él afirmó que esto se debía a "*una materia magnética dimanaba de la tierra, que caminaba hacia los polos, donde, como más abundante, aparecían con mayor frecuencia y claridad*".

Tiempo después Halley, retomó sus investigaciones considerando otra posible teoría de la formación de las auroras. De acuerdo con algunas de las deducciones que había mencionado William Gilbert, Halley denominó al fenómeno de las auroras boreales como "Efluvio tan sutil", según él, la tierra se consideraba como una "cáscara hueca", es decir, dentro de esta cáscara podría existir unos globos más pequeños que los anteriores uno dentro del otro, si todos fueran magnéticos y se movieran libremente, al realizar estos movimientos podrían explicar el cambio de la dirección de la brújula, esto es debido a que si pasamos la brújula cerca de un imán, esta se moverá intentando buscar el Norte y el sur de este mismo, sin embargo, al igual que las otras teorías no contaban con comprobaciones experimentales que afirmaran lo mencionado por Halley.



1716



Por otra parte, Leonhard Euler (1707 -1783), matemático y físico creyó que una de las posibles explicaciones de acuerdo a sus observaciones a este fenómeno de las

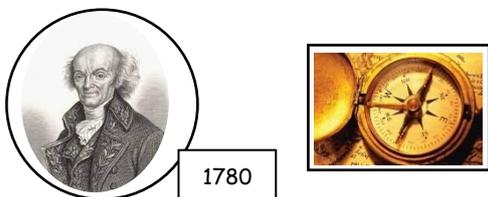
auroras es que este se encuentra a miles de millas de la superficie de la tierra y este es el resultado del efecto de la impulsión de los rayos solares sobre las partículas más sutiles de nuestra atmósfera, pero esta explicación igual a las anteriores estaba sujeta a muchas dificultades e interrogantes ya que en ese tiempo no se habrían encontrado evidencias que demostraran que los rayos solares afectaban la atmosfera terrestre.



XVII

EL FENÓMENO DE LAS AURORAS BOREALES POR FIN TIENE SENTIDO

Después de aparecer en varias ocasiones el fenómeno de las auroras boreales durante el siglo XVIII, otros celebres astrónomos y físicos en el año de 1741, como: Mr. Bermann, Mr. Celcius y Olof Hiorter, fueron testigos de las singulares variaciones de la aguja magnética en tiempos de la aparición del fenómeno de las auroras boreales. De modo que años después otro físico como Mr. De la Lande (1732 – 1807), astrónomo francés realizo un experimento que constaba aislar algunas agujas de una brújula y con esto observar el fenómeno de las auroras polares durante el 29 de febrero de 1780, al realizar sus observaciones dio cuenta de las agitaciones que se presentaban en la brújula pues estas inicialmente eran mayores y diferentes con las agujas que no se encontraba aisladas.



1780

Continuamente, y ya considerando algunas ya de las causas que se habían propuesto del fenómeno, llega en 1768 un sueco llamado Johann Carl Wilcke (1732 – 1796) físico, quien anunció que los rayos del fenómeno auroral en realidad "se alinean en la misma dirección que la fuerza

magnética", este hallazgo fue confirmado veinticinco años después por John Dalton (1766 – 1844), químico, matemático y meteorólogo. El menciona que los rayos de la aurora boreal, "existe en las regiones superiores de la atmósfera un fluido elástico que participa de las propiedades del hierro, o más bien del acero magnético"

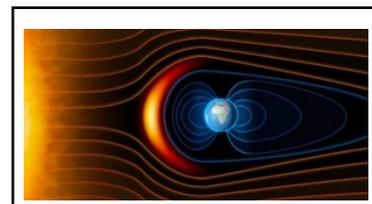


Mr. De la Lande



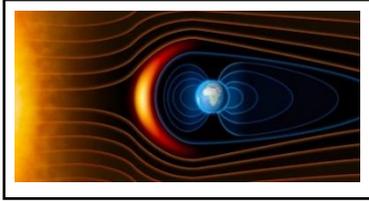
John Dalton

De Mairan se fue más allá de esas afirmaciones y especuló que estas auroras eran causadas por un gas de origen solar que penetra la atmósfera. De acuerdo con esta idea, hizo mención que las auroras deberían también ocurrir en el hemisferio sur. Después de mucho tiempo de realizar estas observaciones, al final De Mairan concluyo que si esto se debía a la atmosfera del sol, es por la cantidad de luz que se esparcía cerca de la tierra y esta misma se disipa en los polos sur y norte, ahí es donde es visible el fenómeno de las auroras boreales, pero dadas estas afirmaciones que no fueron del todo aceptadas por la comunidad científica, De Mairan siguió con sus investigaciones para que estas por fin fueran aceptadas y apoyadas, pues sus indagaciones eran vistas como un recurso valioso para la comunidad científica.



Tiempo después aparece Humboldt en 1814, quien publica algunos de sus manuscritos donde describe la expedición que realizo durante cinco años en lugares montañosos. En el año de 1805 a las afueras

de Berlín instaló instrumentos magnéticos para registrar cambios en la aguja magnética, alrededor de un año registró cada cambio que hiciera esta aguja, y con esto logró observar en el cielo una especie de oscilaciones o fluctuaciones que lo denominó como "tormentas magnéticas". Estas mismas observaciones las había.

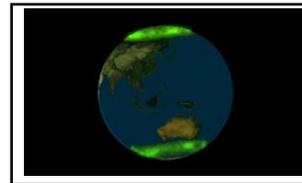


Tiempo después aparece Humboldt en 1814, quien publica algunos de sus manuscritos donde describe la expedición que realizó durante cinco años en lugares montañosos. En el año de 1805 a las afueras de Berlín instaló instrumentos magnéticos para registrar cambios en la aguja magnética, alrededor de un año registró cada cambio que hiciera esta aguja, y con esto logró observar en el cielo una especie de oscilaciones o fluctuaciones que lo denominó como "tormentas magnéticas". Estas mismas observaciones las había realizado Celcius y Hiorter, quienes lo denominaron "perturbaciones" que aún no podían ser explicadas por estos físicos.

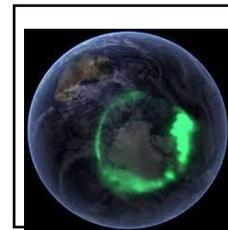
Durante 1962 en el archipiélago de Samoa (isla ubicada en el océano pacífico), una serie de investigadores en conjunto con el ejército realizó un experimento que constaba en hacer unas explosiones en la atmósfera (bombas atómicas). Con estas explosiones, lograron determinar que además de interrumpir las comunicaciones temporalmente, lograron recrear las auroras boreales artificiales que se expandían alrededor de la magnetosfera. Con el desarrollo de este experimento pudieron constatar que se produjo estas auroras también en el hemisferio opuesto; tiempo después y gracias al desarrollo de más pruebas que se realizaron en otros puntos de la tierra se sospechaba que este fenómeno de

las auroras ocurría simultáneamente en ambos polos.

Esta exploración se pudo comprobar por Neil Devís (1934-1985), camarógrafo australiano aproximadamente en 1967 por la, quienes enviaron una misión para estudiar si este fenómeno también se daba en el polo sur; además, se logró comprobar que, a partir de unas fotografías aéreas, demostraron que las luces polares se presentan en perfecta sincronía en el polo sur y norte.



Finalmente se ha observado gracias a las investigaciones ya realizadas que en altas latitudes el resplandor del fenómeno auroral es permanente, pero como ya se había mencionado precedentemente según Humboldt estos estaban asociados con "tormentas magnéticas". El fenómeno de las auroras se logra intensificar, se activan y llegan a verse a cercanías de los polos (sur y norte) y a latitudes medias y bajas.



Bibliografía

- Córdoba, F. R. (2020). *Instituto Nacional para Ciegos*. Obtenido de Guía de apoyo educativo:
<https://www.inci.gov.co/guia-de-apoyo-educativo>
- Hernandez, A. L. (2015). *La aurora boreal de 1789*. Mexico. D.F: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Núñez, L. R. (2022). *la formación de las auroras polares y su relación en la enseñanza de algunos conceptos del electromagnetismo en el aula de*

clase. Bogotá D.C.: Universidad
Pedagógica Nacional.

Ron, A. M. (25 de Enero de 2011). *NAUKAS ;
Ciencia, escepticismo y humor*.
Obtenido de *NAUKAS ; Ciencia,
escepticismo y humor*:
<https://naukas.com/2011/01/25/ocurren-las-auroras-en-ambos-polos-a-la-vez/>

Savage, C. S. (1994). *Aurora The Mysterious
Northern Lights*. San Francisco:
Sierra Club Books.