

**FUNDAMENTOS DE LAS AURORAS Y  
RECREACIÓN EXPERIMENTAL DE SU  
FORMACIÓN A BAJAS PRESIONES.**

**Miguel Rodríguez Alarcón**

## ÍNDICE DEL TRABAJO

¿Qué son las auroras y dónde podemos verlas?.....	<i>Página 1</i>
La concepción legendaria de su formación .....	<i>Página 1</i>
¿Cómo se producen las auroras? .....	<i>Página 3</i>
Simulación de las auroras en el laboratorio .....	<i>Página 4</i>
Trabajo experimental .....	<i>Página 5</i>
Materiales .....	<i>Página 5</i>
Procedimientos .....	<i>Página 6</i>
Conclusiones .....	<i>Página 6</i>
Referencias.....	<i>Página 7</i>
Recursos .....	<i>Página 7</i>

## ¿QUÉ SON LAS AURORAS Y DÓNDE PODEMOS VERLAS?

La aurora polar es un fenómeno en forma de luminiscencia que se presenta en el cielo nocturno, mayormente en zonas polares, aunque puede aparecer en otras zonas del mundo durante breves períodos. En el hemisferio norte (el más habitado) se conoce como aurora boreal (término debido al filósofo y científico francés Pierre Gassendi en 1621).

Las zonas de mayor frecuencia en las que se pueden observar las auroras corresponden a los llamados “óvalos aurorales”. En el hemisferio norte esta zona se extiende por Alaska, norte de Canadá, sur de Groenlandia, Islandia, norte de la península escandinava (Noruega, Suecia, Finlandia) y norte de Siberia. En el hemisferio sur se produce la aurora austral, que sigue los mismos patrones de actividad que la boreal. La aurora austral resulta visible sobre todo en la Antártida, aunque también puede contemplarse desde las zonas más al sur de Australia (Tasmania) y Nueva Zelanda.

Conocemos bien las auroras en la Tierra pero no sólo existen en nuestro planeta: los astrónomos han observado auroras en otros planetas del sistema solar, sobre todo en Júpiter y Saturno e incluso en Marte, debido a anomalías en su campo magnético.

## LA CONCEPCIÓN LEGENDARIA DE SU FORMACIÓN

La aurora es uno de los fenómenos que, por su esplendor y belleza, reviste un cierto carácter mítico y misterioso, por lo que no ha pasado desapercibido para los pensadores y hombres de la ciencia. Anaxágoras (500-428 a.C.) propuso una explicación a este fenómeno en términos de un vapor de fuego que se vertía desde las capas más altas de los cielos sobre las nubes; Anaxímenes (570-526 a.C.) atribuía el fenómeno a un gas que se almacenaba en las nubes y que se iba mezclando como en una caldera, dando lugar a un aumento de brillo; Aristóteles, Séneca y el historiador oficial romano Plinio tampoco pasaron por alto la aurora y trataron de explicar el fenómeno. La realidad era que la aurora aparecía en el cielo como persona *non grata*, sin respeto a las leyes mecánicas de la naturaleza de aquellas épocas.



**Imagen 1.** Obtenida el 26/08/2013 en Tasiusaq, al sur de Groenlandia. Autor: Juan Carlos Casado.

Los pueblos que presenciaban el fenómeno tenían sus propias interpretaciones y le daban, según las épocas, determinados significados. La Edad Media, pródiga en luchas y batallas, suministró varias pinturas de este tipo, en las que la interpretación giraba en torno a grandes batallas en el cielo, ejércitos en lucha y tropas a caballo. Miedo y terror, anuncios de grandes catástrofes, aparecían ligados en esas épocas a los fenómenos aurorales.

Los esquimales, los indios atabascos, los lapones, los habitantes de Groenlandia e incluso las tribus del noreste de la India estaban familiarizados con esta luz misteriosa del cielo. Sus leyendas toman muchas formas y a menudo estaban asociadas con sus ideas de la vida en el otro mundo. Cuenta



**Imagen 2.** Obtenida el 21/08/2014 cerca del lago Kvíslavatn, Islandia.  
Autor: Juan Carlos Casado.

*una leyenda esquimal: “Los límites de la tierra y el mar son bordeados por un inmenso abismo, sobre él aparece un sendero estrecho y peligroso que conduce a las regiones celestiales. El cielo es una gran bóveda de material duro, arqueado sobre la tierra. Hay un agujero en él a través del que los espíritus pasan a los verdaderos cielos. Sólo los espíritus de aquellos que tienen una muerte voluntaria o violenta y el cuervo, han recorrido este sendero. Los espíritus que viven allí encienden antorchas para quitar los pasos de las nuevas llegadas. Esta es la luz de la aurora. Se pueden ver allí festejando y jugando a la pelota con un cráneo de morsa”.*

La época de la Ilustración fue especialmente fructífera en la observación del fenómeno y en la elaboración de teorías cercanas a la actual, pero sólo a partir del descubrimiento del electromagnetismo y la espectroscopia en el siglo XIX, se pudo avanzar en

la solución del enigma del origen de estas luces misteriosas.

## ¿CÓMO SE PRODUCEN LAS AURORAS?

Cuando el viento solar choca con el campo magnético de la Tierra, éste se estira como si de una banda elástica se tratase, y acumula dentro toda la energía. Llega un momento en el que las líneas del campo magnético se recogen y liberan de golpe toda esta energía, lo que propulsa a los electrones de vuelta a la Tierra.

El viento solar está formado por partículas cargadas –electrones e iones– cuya velocidad está comprendida en un rango entre decenas de kilómetros por segundo hasta varios miles. Una de las consecuencias es que gran parte

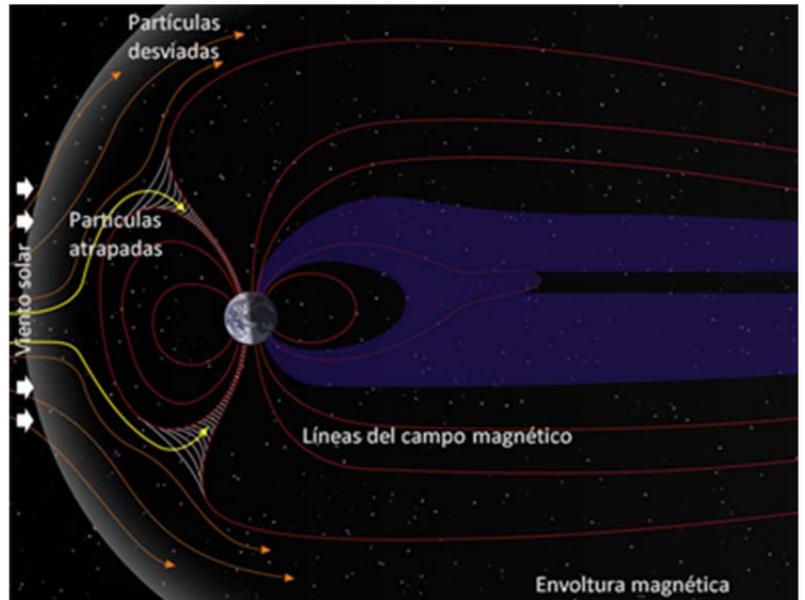


Imagen 3. Magnetosfera terrestre

de partículas de viento solar que se acercan a la Tierra son atrapadas por el campo magnético terrestre y dirigidas hacia los polos magnéticos. Estas partículas cargadas forman el llamado cinturón de Van Allen. Vistas desde el espacio, las auroras boreales y australes forman un anillo llamado aurora oval, que muestra la región del cinturón de Van Allen.

Las partículas atrapadas en la magnetosfera colisionan con los átomos y moléculas neutras de la alta atmósfera de la Tierra, comúnmente oxígeno atómico (O) y nitrógeno molecular (N<sub>2</sub>) que se encuentran en estado neutro y en su nivel más bajo de energía. El aporte de energía proporcionado por las partículas procedentes del Sol lleva a esos átomos y moléculas a los llamados estados de excitación que volverán a su nivel fundamental emitiendo la energía en forma de luz, es decir, de aurora boreal.

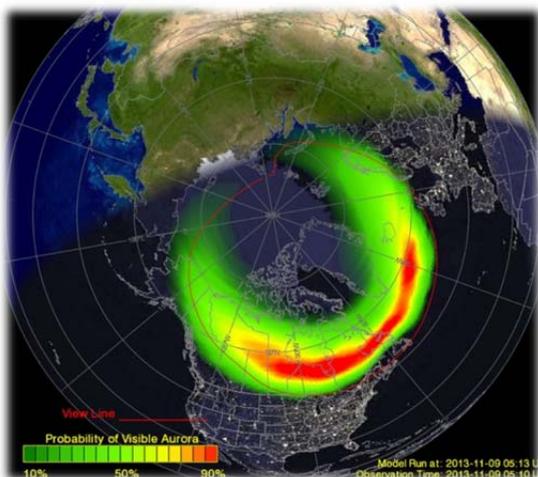


Imagen 4. Óvalo auroral

## SIMULACIÓN DE AURORAS EN EL LABORATORIO

El científico noruego Kristian Olav Birkeland (1867-1917) fue el primero que utilizó una pequeña esfera imantada conocida como “*terrella*” (pequeña Tierra) para demostrar el mecanismo de las auroras. En una campana de vacío un cátodo que representa el Sol produce una corriente de electrones (el viento solar, aunque los electrones son sólo uno de los componentes del viento), mientras que la *terrella* (ánodo) está expuesta al viento solar y actúa como un planeta u otro objeto del Sistema Solar, en nuestro caso la Tierra.

En este experimento, similar al de Birkeland, vamos a simular las auroras y el cinturón de Van Allen. En el montaje, el electrodo suspendido de la parte superior es el cátodo, representa al Sol y genera una corriente de electrones. La esfera magnética es el ánodo que representa la Tierra y su eje magnético sería perpendicular a la corriente de electrones.

Los electrones (el ‘viento solar’) son atraídos hacia la esfera y la rodean. Chocan con el gas porque la campana no tiene un vacío perfecto y podemos ver ese resplandor alrededor de la esfera. Los electrones se mueven hacia los polos de la esfera describiendo circunferencias, siguiendo las líneas de campo; observaremos un anillo brillante alrededor de cada polo de color violeta.

¿Qué relación hay entre el experimento y la realidad? La luz alrededor de la esfera representa el cinturón de Van Allen aunque en realidad sólo es visible en los polos, donde coincide con la atmósfera terrestre. En el experimento vemos nuestro ‘cinturón de Van Allen’ a lo largo de todo el campo magnético terrestre porque hay moléculas de gas en toda la campana.

Los anillos brillantes alrededor de cada polo representan las auroras ovales. Al igual que en la realidad, la causa es la colisión de los electrones con las partículas de gas (cabe recordar que las líneas de campo magnético están más juntas en los polos)

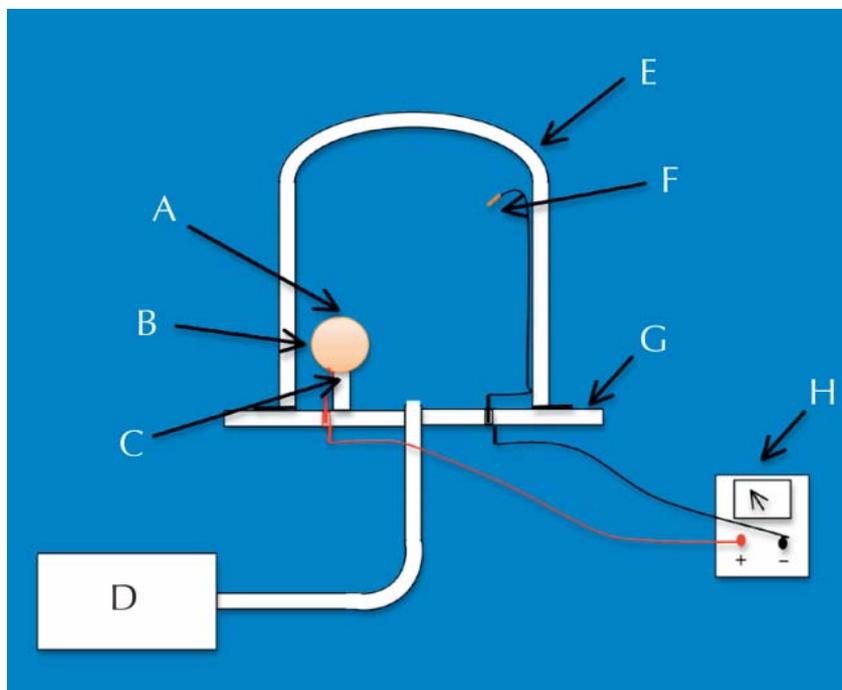
Sin embargo, los colores de nuestro experimento difieren de los que se pueden ver en las auroras boreales y australes. Los colores más brillantes en las auroras terrestres (verde y rojo) se deben al oxígeno atómico, que sólo está presente en las capas altas de la atmósfera. Los colores de nuestra simulación (púrpura, rojo, rosa y blanco) pueden verse en auroras en zonas de poca altitud, donde abunda el oxígeno y el nitrógeno en forma molecular. Estos colores se pueden ver unas pocas veces por década cuando el viento solar entra en la atmósfera a mucha velocidad.

## TRABAJO EXPERIMENTAL

La construcción de este aparato requiere de pocos materiales si es posible acceder a un laboratorio de física equipado. La construcción necesita entre 1 y 3 horas, en función de la preparación previa que tengamos que llevar a cabo.

### Materiales

- Una esfera imantada para representar la Tierra
- Otro electrodo (un simple cable u otra esfera)
- Un plato de vacío con conexiones eléctricas
- Una campana de vacío
- Una bomba de vacío
- Una fuente de alimentación de alto voltaje



**Imagen 6.** Montaje experimental. A: polo norte del imán; B: Esfera imantada; C: polo sur del imán; D: bomba de vacío; E: Campana de vacío; F: cátodo; G: plato de vacío; H: fuente de alimentación de alto voltaje. Dentro de la campana de vacío (E), la esfera (B) colocada sobre un soporte de plástico. Se coloca un imán en el interior de la esfera y el otro electrodo cuelga de la parte superior de la campana (F).

La bomba de vacío y la campana se utilizan para reproducir el aire de baja densidad que hay en las capas altas de la atmósfera. Para ver auroras espectaculares hacen falta presiones por debajo de 10 Pa; y se necesita una buena bomba de vacío.

Es recomendable la utilización fuentes de alimentación que proporcionen voltajes de 0 a 6 kV y una intensidad de 3.5 mA, aunque bastan unos 800V y unos pocos miliamperios.

## **Procedimiento**

1. Comenzamos magnetizando la esfera. Hay que pegar con adhesivo (por ejemplo BluTack) el imán al interior de la esfera en el caso de que no utilizamos una esfera previamente imantada
2. Nos aseguramos de que el polo positivo del imán está colocado hacia arriba (polo norte de la esfera).
3. Colocamos la base de plástico sobre el plato de vacío.
4. Colocamos la esfera sobre la base con el polo norte hacia arriba.
5. Unimos con cables las conexiones del plato de vacío a la fuente de alimentación.
6. Conectamos otro cable al terminal positivo del plato de vacío y utilizamos cinta adhesiva o BluTack para sujetar el cable a la esfera magnetizada o, si fuera posible, un pinza de cocodrilo para asegurar la conexión y la sujeción.
7. Conectamos el último cable al terminal negativo del plato de vacío y usando adhesivo unimos el cable a la parte interior de la campana de vacío para que el extremo cuelgue próximo a la parte superior de la campana, en la parte opuesta de la esfera magnetizada (tal y como se muestra en la imagen 5, así como en la simulación realizada a continuación).
8. Conectamos la fuente de alimentación y la bomba de vacío. Cuando la presión sea lo suficientemente baja, después de unos 5-15 minutos, aparecerán las auroras.

## **Resolución del proyecto**

Las auroras son fenómenos impresionantes a la vista, debido a las características de su formación, descritas con anterioridad. Por ello, cualquier intento de recreación queda limitado si lo comparamos con el espectáculo en directo. Con este proyecto, se ha buscado encontrar una manera para simular las famosas “luces del norte” en entornos controlados, pero la dificultad a la hora de encontrar los instrumentos utilizados ha impedido la realización final de dicho experimento, por lo que las conclusiones y/o valoraciones quedan a expensas de su elaboración.

## RECURSOS

En el siguiente enlace podrá acceder a un vídeo en el que se muestra una animación en 3 dimensiones del experimento, así como un conjunto de timelapses e imágenes obtenidas por la expedición Carla Mendoza 2014.

[https://drive.google.com/file/d/0B\\_B8p5DxlafjQjUzeEdDcEdFbWM/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/0B_B8p5DxlafjQjUzeEdDcEdFbWM/view?usp=sharing)

Se incluye también una imagen estereoscópica de una aurora boreal cuya finalidad es la simulación 3D de una aurora vista en la realidad. No obstante, para conseguir un resultado óptimo es necesario la utilización de gafas especiales, por lo que se ha intentado montar el vídeo de forma que no sean necesarias dichas gafas.

[https://drive.google.com/file/d/0B\\_B8p5DxlafjMmp5eXlYdlhya2c/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/0B_B8p5DxlafjMmp5eXlYdlhya2c/view?usp=sharing)

## REFERENCIAS

<http://astroaula.net/recursos-didacticos/actividades/auroras-boreales/>

[http://www.scienceinschool.org/repository/docs/issue26\\_aurorae\\_instructions.pdf](http://www.scienceinschool.org/repository/docs/issue26_aurorae_instructions.pdf)

<http://html.rincondelvago.com/aurora-boreal.html>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Aurora\\_polar](http://es.wikipedia.org/wiki/Aurora_polar)

<https://www.flickr.com/photos/65131760@N06/sets/72157634760374049/>