

CÁLCULO DE LA ALTURA DE FORMACIÓN DE LAS AURORAS BOREALES



A. Carolina Doussinague
Expedición SheliosC - Ruta de las Estrellas

Estructura del trabajo

- Introducción
 - ✦ Las auroras boreales
 - ✦ El método de paralaje
- Cálculo de la altura de formación de las auroras
 - ✦ La toma de imágenes
 - ✦ El tratamiento de las imágenes
 - ✦ Aplicación del método de paralaje
- Conclusiones

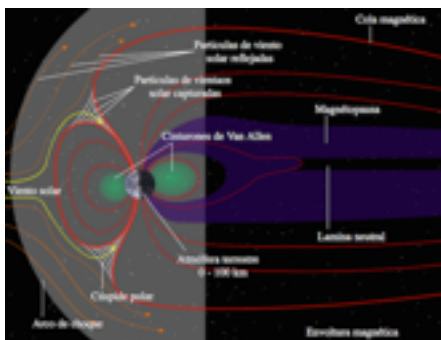
1. Introducción

Las auroras boreales

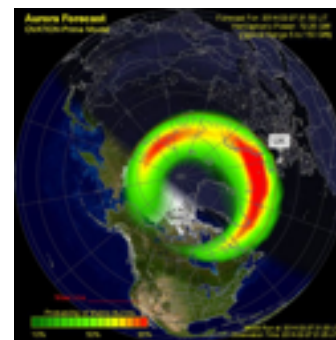
Las auroras boreales son un fenómeno físico que se forma en el Polo Norte magnético terrestre (las auroras australes se forman en el Polo Sur) y se debe a la interacción del viento solar con la magnetósfera terrestre. En el Sol se generan tormentas solares, en las que se emiten partículas cargadas que interactúan con nuestro campo magnético que, debido a su forma y propiedades, desvía las partículas a los polos. Ahí las moléculas de la atmósfera son excitadas por esas partículas y acto seguido vuelven a su estado fundamental, lo cual genera una radiación que vemos como luz visible de diferentes tonalidades. Esas luces se conocen como auroras o, comúnmente, luces del norte.

Se forman entre 100 y 400 kilómetros, ya que por debajo de esa altura las moléculas del aire reciben colisiones frecuentemente y se encuentran prácticamente en reposo y por encima la atmósfera no es lo suficientemente densa como para que las colisiones produzcan radiación visiblemente relevante.

Las auroras no solo son verdes, como se cree comúnmente, sino que también pueden presentar colores púrpuras, amarillentos o rojizos. Estos se deben a los diferentes gases que han sido excitados y a las condiciones de dicha excitación. Por ejemplo, el oxígeno produce luz de un color amarillo o verdoso a los 100 kilómetros de altura, pero alrededor de los 300 kilómetros pasa a generar luz roja. El nitrógeno puede producir colores rojizos o azulados según si está ionizado o no.



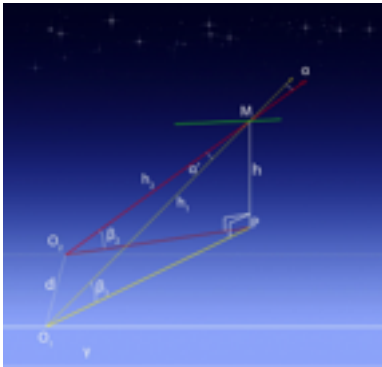
Formación de auroras boreales



Probabilidad de auroras boreales el 27 de febrero de 2014

El método de paralaje

La paralaje, el método que hemos utilizado para obtener la altura de formación de la aurora, es el cambio aparente de posición de un objeto respecto a su proyección en el fondo que tiene detrás cuando el observador se desplaza. Mediante la obtención del ángulo entre ambas posiciones y aplicando trigonometría es posible conocer la distancia al objeto.



Cálculo altura auroras mediante paralaje. Gráfico de M. Serra-Ricart i J. C. Casado

En nuestro caso buscamos en primer lugar la distancia entre ambos puntos de observación, los ángulos de altura hasta el objeto (el máximo luminoso de la aurora) y el ángulo de paralaje, el que forman los fondos sobre los que se proyecta el objeto. Aplicando entonces siguiente fórmula, que se obtiene mediante trigonometría y semejanza de triángulos, es posible calcular la altura del objeto (h).

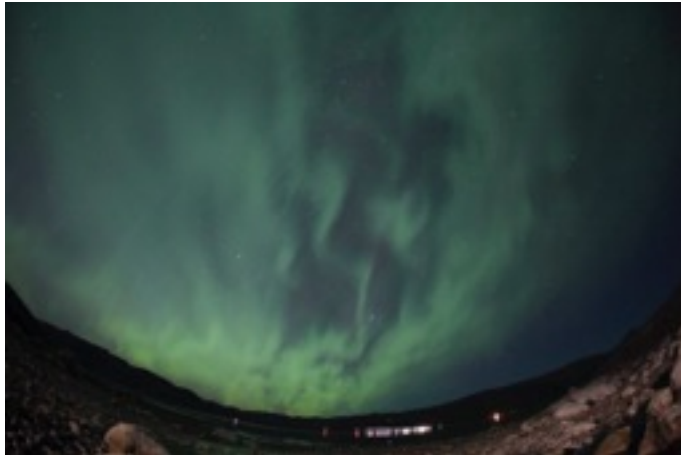
$$h = \frac{d}{\sqrt{\frac{1}{\sin^2 \beta_1} + \frac{1}{\sin^2 \beta_2} - \frac{2 \cos \alpha}{\sin \beta_1 \sin \beta_2}}}$$

Fórmula del cálculo de la altura mediante paralaje, donde h es la altura, d la distancia entre los puntos, alfa el ángulo de paralaje y beta 1 y beta 2 la altura del objeto según el punto de observación desde el que se mire.

2. Cálculo de la altura de formación de las auroras boreales

La toma de imágenes

Las imágenes fueron tomadas en Islandia y Groenlandia, en el pueblo de Qassiarsuk, durante la expedición SheliOS C, el día 9 de septiembre de 2016. Mediante dos cámaras idénticas Canon EOS 5D y un objetivo gran angular, fotografiamos el mismo lugar del cielo durante prácticamente toda la noche astronómica.

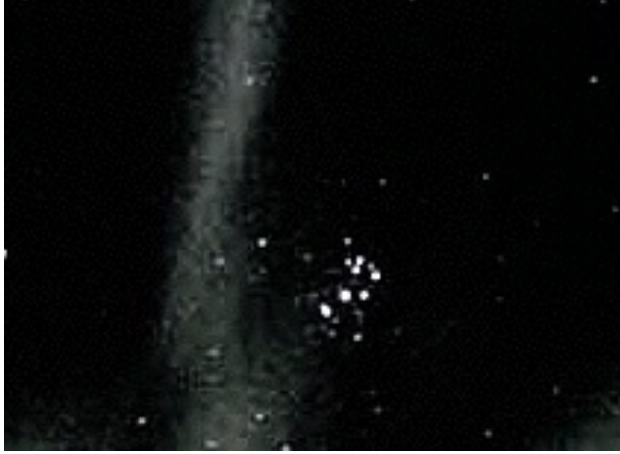


Una de las imágenes que utilizamos para nuestro estudio

El tratamiento de las imágenes

Para nuestro trabajo utilizamos dos imágenes de las 2.22h de la madrugada a los 22 segundos, dos imágenes sacadas simultáneamente desde diferentes puntos de observación.

Lo primero que hicimos con las imágenes fue pasarlas a monocromático mediante el programa MaximDL. Utilizamos el máximo lumínico de la aurora para comparar su proyección en el fondo celeste en ambas imágenes.



Una de las imágenes ya tratada para poder conseguir las coordenadas

Astrometrica.net nos permitió astrometrizar las imágenes y obtener las coordenadas RA y Dec del máximo en ambas imágenes. Los pasamos a grados decimales. También utilizamos Stellarium para conseguir la altura en sistema azimutal. Al final los datos que obtuvimos fueron los siguientes.

	RA (h)	DEC (°)	Alt (°)
Primer punto de observación	57.7958	25.6200	5.406
Segundo punto de observación	58.6125	27.7231	5.2907

Aplicación del método de paralaje

Para aplicar la fórmula que hemos comentado antes necesitamos: la distancia entre los puntos de observación, las alturas en sistema azimutal de las auroras y el ángulo de paralaje. Las alturas azimutales ya las teníamos, solo nos faltaban el ángulo de paralaje y la distancia.

La distancia la conseguimos usando las coordenadas de cada uno de los puntos de observación. Éstas eran:

- obs 1: 61° 08' 53" N, 45° 35' 53" W
- obs 2: 61° 09' 18" N, 45° 30' 57" W

El resultado del cálculo de la distancia fue de 771.759 metros.

Por otro lado, el ángulo de paralaje entre las posiciones de los máximos de la aurora nos dio como resultado 13.1420°.

$$h = \frac{d}{\sqrt{\frac{1}{\sin^2 \beta_1} + \frac{1}{\sin^2 \beta_2} - \frac{2 \cos \alpha}{\sin \beta_1 \sin \beta_2}}}$$

Aplicando la fórmula nos da que la altura de la aurora es de 170.55 km de altura, lo cual se corresponde a lo esperado en relación a su coloración.

3. Conclusiones

Hemos podido comprobar a través de este trabajo que el método de la paralaje para el cálculo de la altura de las auroras boreales es eficaz para conseguir resultados relevantes. Vemos que el resultado de nuestro estudio se ajusta a lo esperado teóricamente. Pese a ser un método útil, tiene su dificultad, ya que para obtener un resultado preciso es necesario alejar los puntos de observación como mínimo un kilómetro, cosa que resulta realmente complicado lugares como Groenlandia. En cuanto a los errores, el método tiene una principal causa de error, que es la obtención de las coordenadas ecuatoriales del máximo de la aurora. En primer lugar tenemos el hecho de que las auroras bailan y se mueven constantemente y las fotos deben estar hechas lo más simultáneamente posible para evitar un desplazamiento del máximo de luz de la aurora. Por otro lado, el programa astrométrica tiene también unos errores asociados, que pueden deberse, entre otros factores, a la aberración en el borde de las lentes. Finalmente el mayor error surge en el momento de seleccionar el máximo de la aurora de manera manual para conseguir las coordenadas.