



# Cálculo de la altura de formación de auroras boreales mediante paralaje

STARS4ALL – Ruta de las Estrellas 2016

Guillermo García-Escribano

Universidad Politécnica de Madrid

Septiembre 2016



# 1. Objetivo

La meta de este trabajo es estimar la altura de formación de distintas auroras boreales mediante el método de paralaje como introducción al método científico. Para ello analizaremos las fotografías tomadas en la expedición SheliOS 2016-c a Islandia-Groenlandia.

# 2. Preparación

Para llevar a cabo este trabajo dispondremos de varias herramientas. Por un lado tenemos una recopilación de fotografías de auroras boreales tomadas por los miembros de la Ruta de las Estrellas 2016. Dichas fotografías fueron realizadas por partida doble, apuntando al mismo tiempo en la misma dirección al cielo desde dos puntos geográficos separados una distancia aproximada de un kilómetro, lo cual nos permitirá hacer el cálculo mediante paralaje. Además estas imágenes fueron tomadas desde diversos lugares de Islandia y Groenlandia y a lo largo de varias noches, lo cual nos hará posible hacer una selección de fotografías con la máxima calidad para minimizar el error en el cálculo final.

Aparte contaremos con una tabla Excel proporcionada por Miquel Serra-Ricart que nos ayudará a simplificar los cálculos, y con otras herramientas software como Maxim DL y nova.astronomy.net.

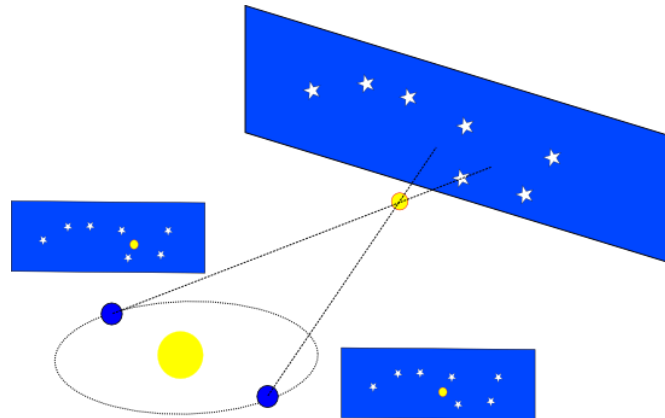
# 3. Fenómeno a estudiar



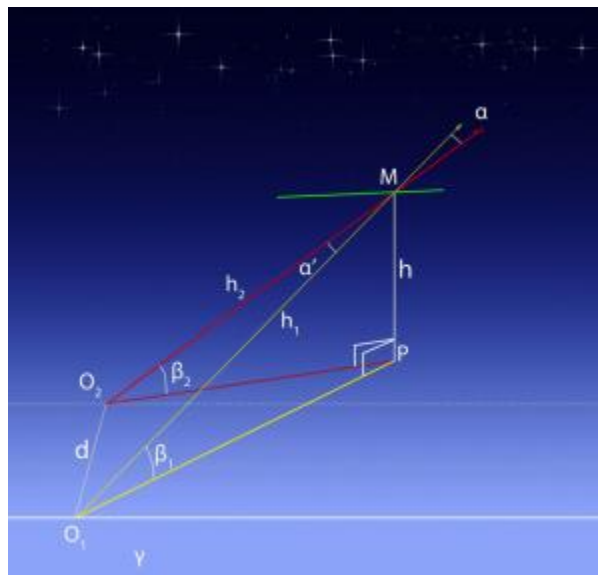
Las auroras son un fenómeno celeste que se origina de la reacción entre el viento solar y la atmósfera terrestre. El Sol no solo emite radiación electromagnética sino también un flujo de partículas de alta energía (conocido como viento solar). El campo magnético de la Tierra desvía este flujo al espacio, permitiendo así la vida en nuestro planeta. Sin embargo, una pequeña porción del flujo sigue las líneas del campo magnético terrestre y alcanza la atmósfera en las regiones cercanas a los polos magnéticos. Cuando esto ocurre, las partículas presentes en la alta atmósfera, principalmente oxígeno y nitrógeno, absorben este aporte de energía que les lleva a un estado energético de excitación. Es entonces cuando se produce el fenómeno: las partículas liberan la energía para volver al estado fundamental emitiéndola en forma de luz -el color de ésta dependerá de las moléculas afectadas-, que es lo que percibimos cuando observamos una aurora.

## 4. Método

El efecto de la paralaje, que es el cambio aparente en la posición de un objeto al cambiar la posición del observador, será lo que nos permitirá calcular la altura de formación de auroras en este experimento. Podemos ver un ejemplo visual muy claro (de forma exagerada) en la siguiente imagen que representa la paralaje que ocurre por el movimiento de la Tierra alrededor del Sol durante el año, con estrellas situadas a distinta distancia de nuestro planeta.



Si estudiamos la geometría de la paralaje, podemos observar que por relaciones trigonométricas y conociendo el resto de variables, podemos hallar la altura del objeto intermedio:



Donde

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

En este trabajo hallaremos las variables necesarias a partir de las coordenadas de observación y las coordenadas aparentes de la aurora en cada imagen.

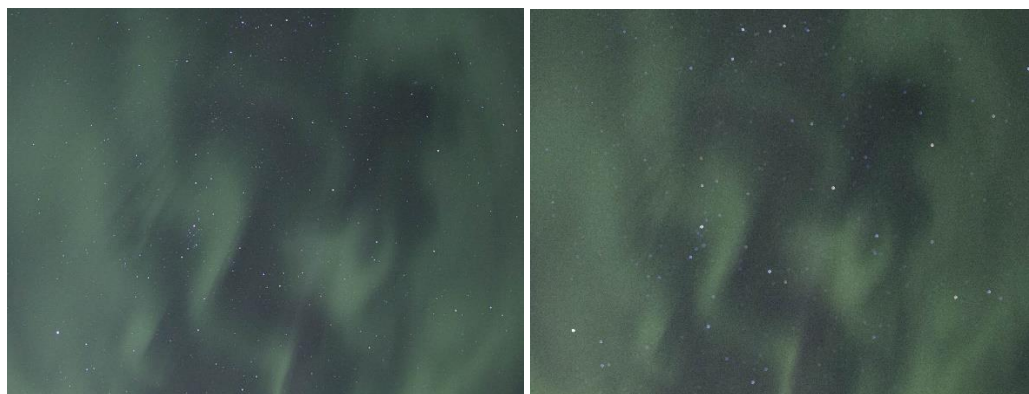
## 5. Desarrollo

Haremos una primera prueba con la pareja de fotografías tomadas el 31/08/2016 a las 22:21:22 hora local en Qassiarsuk, Groenlandia. La distancia entre ambos puntos de observación (Punto1: 610853N 453053W, Punto 2: 610918N 453057W) es de 762 kms.



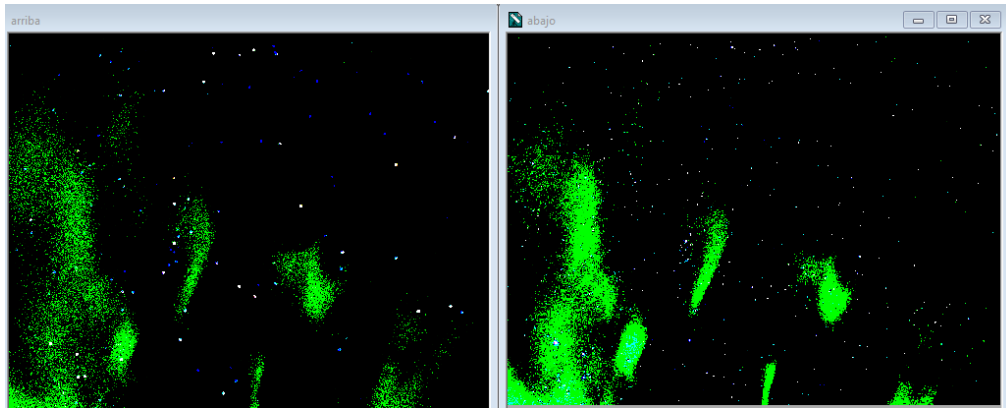
*Posición de los puntos de observación en el mapa (1-Estrella y 2-Pin).*

Nos damos cuenta ya de dos aspectos que nos van a dar problemas a la hora de reducir el error de cálculo y manejar el software: la distancia entre punto es muy escasa y una de las cámaras no estaba bien enfocada.

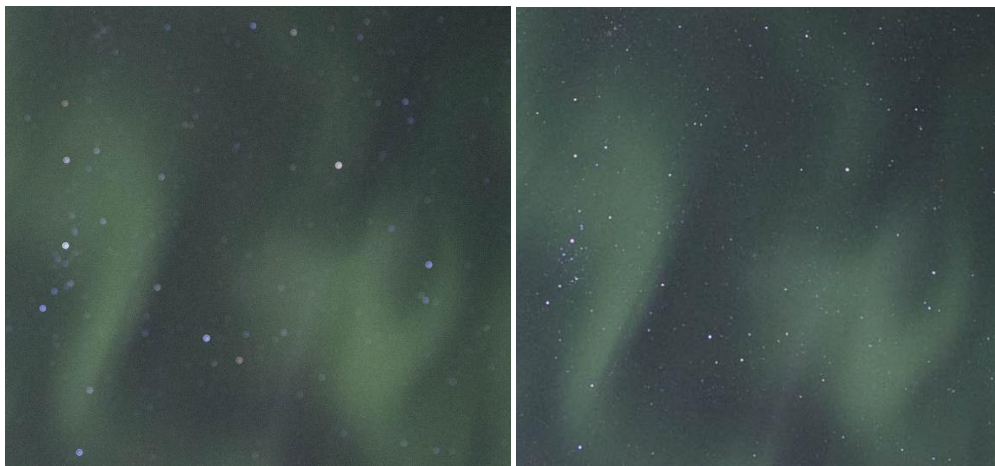


*Imágenes reducidas de las auroras. A la izquierda, la fotografía tomada desde Estrella, a la derecha, desde Pin.*

Para los cálculos posteriores necesitaremos conocer las coordenadas de un mismo punto de la aurora en cada una de las imágenes. Para seleccionar el mismo punto sin cometer demasiado error, utilizaremos el programa Maxim DL con el cual obtendremos el punto de máxima intensidad de la aurora. Este punto nos ayudará a centrar las fotografías en el mismo punto de la aurora y la astrometrizaremos con nova.astrometry.net, que nos dará sus coordenadas.



*Máximos lumínicos de las fotografías*



*Fotografías con la aurora en la misma posición dentro de la imagen.*

El resultado aportado por nova.astronomy.net es el siguiente:

**-Punto estrella:**

Center (RA, hms): 02h 36m 25.914s  
 Center (Dec, dms): +43° 07' 42.447  
  
 RA (deg): 39,11  
 Dec (deg): 43,13

**-Punto pin:**

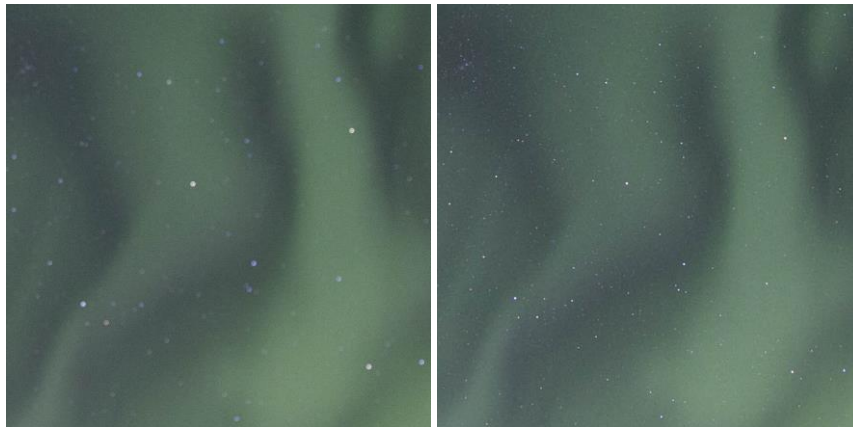
Center (RA, hms): 02h 37m 14.944s  
 Center (Dec, dms): +43° 14' 10.366"  
  
 RA (deg): 39,31  
 Dec (deg): 43,24

Finalmente, introducimos las coordenadas en grados decimales en el Excel aportado, que está programado para dar un resultado de la altura del objeto en kms utilizando también la latitud y longitud de los puntos de observación y la distancia entre estos. Obtenemos en este caso una altura aproximada de **140kms**.

Haremos un segundo cálculo con un set de imágenes tomadas en el mismo lugar y día pero a una hora distinta, para comprobar la fiabilidad del método. En este caso utilizaremos las fotografías de la hora 01:52:25.



*Fotografías tomadas en Qassiarsuk*



*Imágenes reducidas*

El resultado de la astrometrización en este caso aporta los siguientes datos:

**-Punto estrella:**

Center (RA, hms): 02h 06m 14.374s  
Center (Dec, dms): +39° 17' 47.092"

RA (deg): 31,56  
Dec (deg): 39,30

**-Punto pin:**

Center (RA, hms): 02h 07m 23.710s  
Center (Dec, dms): +39° 23' 55.819"

RA (deg): 31,84  
Dec (deg): 39,40

Y con esta información obtenemos una altura aproximada de **105kms**.

## 6. Conclusiones:

Si bien es cierto que en este trabajo -por diversos problemas con el software- se ha optado por un desarrollo mucho menos exacto de lo que permite la tecnología actual, el resultado que arroja este análisis de una altura que rondaría los 105-140 kilómetros concuerda muy bien con la información recogida en la literatura científica que estima una altura de entre 100 y 200 kilómetros para una aurora de color verde.

Se ha comprobado también en qué medida afecta el método escogido para el tratamiento de las imágenes al resultado. La mayor fuente de error en este trabajo viene sin duda del factor humano, al tratar de centrar las imágenes en el mismo punto de la aurora sin demasiadas herramientas que ayuden a hacerlo de forma exacta. En una serie de pruebas preliminares de ensayo y error se ha podido ver que, si no se ponía la máxima atención y dedicación en centrar bien las imágenes, el resultado podía salirse fácilmente del rango esperado. Sin embargo, dichos resultados, aun estando bastante desviados siempre conservaban un mismo orden de magnitud que respetaba la lógica física. Por lo tanto, en ese sentido se ha dado por bueno el desarrollo del trabajo, que, sin la pretensión de ofrecer un resultado preciso, sí ha servido para demostrar la validez de los cálculos caso de la altura de formación de auroras mediante paralaje.