



TOMA DE IMÁGENES DE AURORAS

Maria Balaguer Prat

Expedición Carla Mendoza

Shelios 2014

Groenlandia

INTRODUCCIÓN

Des de hace muchísimos años los seres humanos se han preocupado y han mostrado un gran interés por los fenómenos naturales. Fenómenos que no dejan indiferentes ni a niños ni a grandes científicos.

En la época primitiva de la especie humana, estos fenómenos eran considerados como resultado de fuerzas sobrehumanas y eran explicados como augurios para el futuro.

Hoy en día, gracias al desarrollo tecnológico que ha hecho posible el avance en este ámbito de la ciencia y todo el esfuerzo que se ha dedicado a ello, se conoce el funcionamiento de la formación de las auroras polares, el porqué de los eclipses y la posible predicción de los mismos, la clave del rayo verde... entre otros muchos fenómenos.

Uno de los problemas que nos encontramos para el estudio de estos espectáculos naturales es el hecho de que se producen en un momento determinado y su duración no es de mucho más que unas horas. Es por esta razón que los científicos que se dedican al estudio de fenómenos celestes tienen una manera de trabajar que se basa en el ritmo natural de los acontecimientos que estudian.

Para observar tales fenómenos, científicos especializados en el tema de estudio se desplazan hasta las zonas en las que son visibles y, sabiendo que cada minuto cuenta, almacenan tantos datos como son posibles.

El pasado agosto tuve la oportunidad de participar en la expedición Carla Mendoza 2014, Shelios, Groenlandia. En esta expedición científica he ampliado mis conocimientos sobre el fenómeno natural de la aurora polar, pro de la expedición. La experiencia de estar en contacto con científicos y astrofotógrafos ha despertado mi curiosidad para conocer más a fondo la historia de esta disciplina encargada de captar la realidad de la expedición en imágenes y para poder comparar los métodos utilizados en el cálculo de altura de las auroras. Uno de los cálculos que se puede hacer mediante estas imágenes.

Consecuentemente, el objetivo básico de este trabajo es calcular la altura de una aurora que pudimos fotografiar durante la expedición mediante el método de coloración y mediante el método de paralaje. Pudiendo hacer una comparación entre los resultados obtenidos por cada uno de los métodos.

Asimismo, he creído oportuno exponer la historia de la fotografía, que es la metodología básica para la captación de imágenes de auroras y la fuente de datos en el estudio de este fenómeno.

Por otro lado, y después de que uno de los temas de conversación con los expertos fuera el cambio climático y la actividad humana en el cambio paisajístico de la zona, me he cuestionado si existe alguna relación entre la actividad de auroras y la densidad de la capa de ozono.

Siguiendo estos objetivos, el trabajo está estructurado en las siguientes partes:

En la primera sección se expone la historia de la fotografía, enlazando con la astrofotografía (disciplina que se utiliza para fotografiar el cielo). En los dos puntos siguientes se desarrollan los ítems a tener en cuenta para la toma de la imagen de una aurora y los métodos utilizados para la corrección de los errores producidos por estos factores.

Seguidamente (sección 3), se expone el caso práctico de cálculo de altura de la aurora que pudimos fotografiar el día 22.08.2014 en la expedición. En este punto están descritos: los materiales utilizados para tomar la imagen de la aurora, el procedimiento seguido en cada método de cálculo y los resultados obtenidos los errores pertinentes y la comparación entre ellos.

Finalmente, la conclusión, los agradecimientos y las fuentes de información.

1. HISTORIA DE LA FOTOGRAFÍA

Si nos basamos en el funcionamiento de nuestro sentido de la vista podemos hacer una comparación con la fotografía. Este modo de inmobilizar y eternizar la realidad tiene un sistema interno muy complejo y, como nuestro ojo, se sostiene en un sistema de lentes y unos receptores de la información.

Tal y como la luz entra en nuestro ojo por la pupila que tiene la capacidad de hacerse ancha o estrecha según la cantidad de luz y según la profundidad del objeto que queremos ver, las cámaras poseen un objetivo por donde entra la luz y que es el encargado de enfocar.

Si hablamos de los receptores de esta luz, en el ojo encontramos los conos i los bastones, sensores de nuestro sentido de la vista. En cambio en una cámara CCD, por ejemplo, los encargados de almacenar la información son los píxeles, que serán capaces de transformar esta luz recibida en cuentas ADU que pasará a una imagen en un ordenador. En nuestro ojo esta transformación de la luz recibida a la imagen que nosotros captaremos es gracias al nervio óptico y al cerebro (que haría de ordenador).

La tecnología ha avanzado hasta este punto de similitud con el ojo humano y ha conseguido mejorar y ampliar las capacidades de estos, sobre todo por lo que hace a las imágenes nocturnas.

El funcionamiento de nuestro sentido de la vista es muy complejo pero, haciendo una comparación simplificada, podríamos decir que la diferencia básica entre el ojo y una cámara es el tipo de visión. Nosotros tenemos una visión logarítmica y es esto lo que nos dificulta la visión nocturna. Ya que cuando hay poca intensidad luminosa no somos casi capaces de captarla. En cambio las cámaras no tienen este problema debido a que funcionan captando de modo escalar la luz que reciben. Es por esta razón que las cámaras permiten ver un objeto que es muy débil cuando, por ejemplo, es de noche.

Des del inicio de la fotografía hasta las potentes cámaras que permiten fotografiar desde una bacteria hasta una nebulosa muy lejana, ha habido muchos cambios y avances en esta parte de la tecnología:

-Fotografía química: por su condición de impresión de la luz por el efecto de esta en una película o papel fotográfico, las imágenes resultantes son imposibles de manipular.

-1694: efecto foto-químico (Wilhelm Homberg)

-1826: creación y uso de la cámara obscura

-1884: la película sustituye la “photographic plates”

-1855: principio de la separación de tres colores

-1861: 1ª imagen de color permanente

-1907: “autochrome”

-1935: pack de los tres colores juntos por Kodak

-1963: Polaroid saca al mercado una cámara que sólo tarda un par de minutos en tener el color después de la exposición.

-Fotografía digital: Permite la manipulación i procesado de las imágenes (esto favorece a su uso en la ciencia).

-1981: CCD (Charged-Coupled Device)

-1991: Primera cámara digital réflex

-1997: Cámaras fotográficas de 1 megapíxel

-1999: Nikon D1, cámara de 2,74 megapíxeles

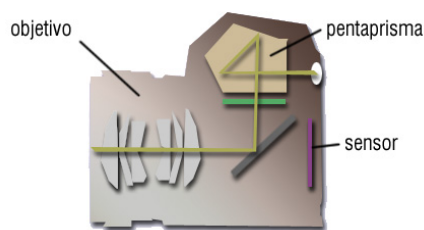
-2003: 300D, 6 megapíxeles

-2008: Cámara LEICA medio formato, resolución de 37 megapíxeles.

Este es un breve resumen del desarrollo de la fotografía al largo del tiempo. Podemos decir que ha sido un desarrollo exponencial ya que al principio de la fotografía los avances eran cada mucho tiempo y se utilizaban técnicas que requerían mucho tiempo para la obtención de imágenes. Hoy en día, tener una imagen lista no cuesta ni un segundo.

En los últimos años la tecnología en cámaras ha crecido mucho. Cámaras muy profesionales se usan en la vida diaria. Las cámaras réflex son un ejemplo de estas.

Las cámaras digitales réflex son las que se utilizan para tomar imágenes de auroras, para la astrofotografía. Este tipo de cámaras se caracterizan por tener un visor Réflex que permite ver la escena a tiempo real. Esto es gracias a un espejo colocado a 45° y un pentaprisma que hacen que la imagen llegue orientada correctamente al visor (ver esquema1).



Esquema1. Interior de una cámara réflex.[referencia]

Otra característica de las cámaras réflex es el sensor de imagen. El material fotosensible, a diferencia de las cámaras analógicas (el negativo), en la cámara digital es un sensor digital formado por píxeles. Estos sensores, normalmente, son del tipo CCD o CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor).

Al ser un solo sensor el que retiene la imagen, una vez tomada, esta pasa a archivo digital y se almacena en una tarjeta de memoria. Por otro lado, todas las cámaras digitales incorporan una pantalla donde se pueden ver las imágenes tomadas.

Aparte de estas características, una ventaja de este tipo de cámaras es la posibilidad de intercambiar los objetivos que permiten un amplio abanico de posibilidades con el mismo cuerpo de cámara

Aunque la fotografía ha mejorado mucho, cuando hablamos de astrofotografía hay distorsiones causadas por las condiciones en que se toman las imágenes que hay que tener en cuenta.

2. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA CAPTURA DE UNA IMAGEN

La mayoría de los ítems que intervienen en la toma de la imagen de una aurora son fenómenos producidos por la atmosfera.

- Turbulencia: la turbulencia provocada por la atmosfera y el movimiento de esta provocan un tipo de ruido en la imagen.
- Contaminación lumínica: la luz es captada por la cámara. De noche cuanto menos luz proveniente de objetos que no sean nuestro objetivo haya, más calidad tendrá la imagen. Esta contaminación puede ser debida a luz:
 - Natural
 - Artificial
- Nebulosidad: las nubes son un factor que interviene mucho en el momento de tomar una imagen. Una buena noche en la que no hay nubes, favorece unas imágenes con mejores condiciones.

Para conseguir la mejor calidad posible de la imagen y reducir el efecto de los errores producidos por la atmosfera y por los mismos instrumentos utilizados se recurre a:

- Brillo de la aurora: Hay que tener en cuenta el brillo de la aurora para obtener una imagen
- ISO: El ISO es un control que nos afectará a la ganancia de la imagen que obtendremos. Cuanto más grande es el ISO, más sensibilidad a la luz y al revés.
- RAW: Si se usa este formato de archivo en el almacenamiento de imágenes en la tarjeta de memoria, aseguras una mejor calidad de la imagen ya que no se han perdido datos con la compresión a JPEG.
- Tiempo de exposición: El tiempo de exposición es uno de los factores claves para tomar imágenes de auroras. La aurora es una estructura móvil y la exposición no puede ser muy larga (más de 30 segundos) ya que se pierde la estructura de la aurora y se mezclan las intensidades de

diferentes momentos. El tiempo utilizado para la obtención de imágenes de auroras es de entre 3 y 10 segundos.

- Apertura: Este ajuste de la apertura de la lente controla la cantidad de luz que pasa a través de la lente. Esta provoca un efecto en la difracción: como más grande sea el número descrito como f-núm., más pequeña será la apertura, menos luz entra y en consecuencia se produce más difracción.

3. CÁLCULO DE LA ALTURA DE UNA AURORA

En este apartado se muestran dos imágenes de una aurora boreal. Las imágenes están tomadas por los científicos participantes de la Expedición Carla Mendoza 2014 Groenlandia realizada por Sheliros.

Estas imágenes están tomadas con los siguientes parámetros: 2000 ISO, apertura de 2,15 y 4 segundos de tiempo de exposición.



Imagen1: Imagen de una aurora, tomada desde la playa a 0.508km de la cámara situada en el campamento de Fletanes el día 22.08.2014 a las 01h 24' 25''.



Imagen2: Imagen de una aurora, tomada desde el campamento de (Qalerallit) Fletanes el día 22.08.2014 a las 01h 24' 26''.

Estos son dos ejemplos de imágenes tomadas a la vez por las dos cámaras de las que disponemos. No obstante, la serie de imágenes de la que hemos escogido este par es un conjunto de imágenes obtenidas con los mismos parámetros en cámara y hechas una detrás de otra con disparador automático.

-MATERIALES UTILIZADOS PARA LA TOMA DE ESTAS IMÁGENES:

Para la obtención de imágenes utilizaremos dos cámaras:

Canon EOS 5D Mark III y Canon EOS 5D Mark II.

Estas dos cámaras son casi el mismo modelo y esto facilita y mejora los resultados que obtendremos.

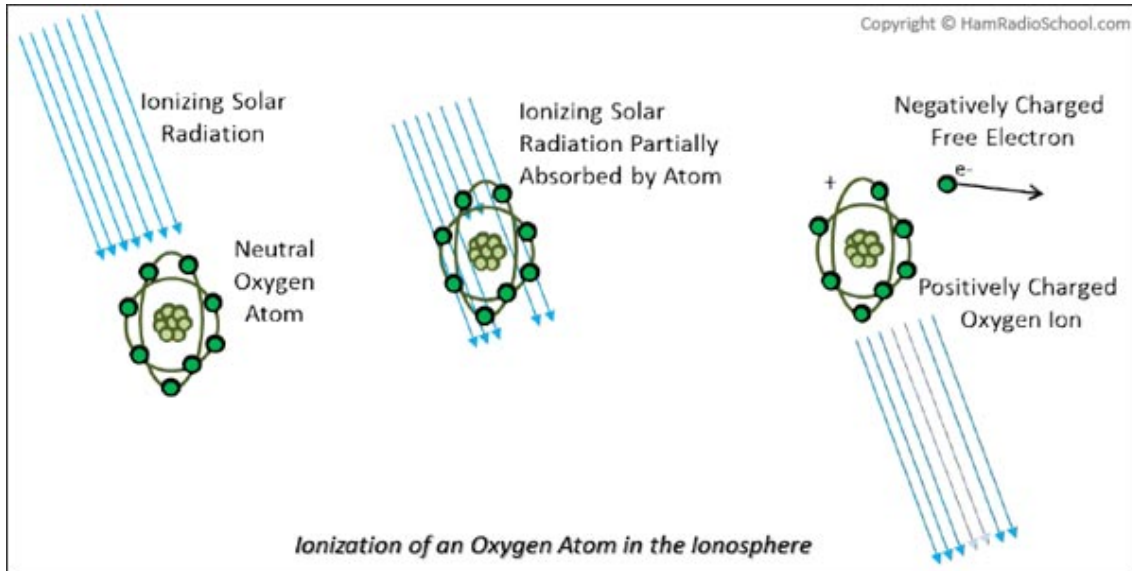
-METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE ALTURA DE AURORAS:

Las auroras boreales se forman causa de la interacción de las partículas provenientes del viento solar (protones, electrones y partículas alfa) con los átomos de la ionosfera.

La ionización que tiene lugar en el momento en que la aurora es visible se debe a la reacción de partículas energéticas que provienen del viento solar con, básicamente, dos tipos de moléculas de la atmosfera terrestre. Por un lado, los

electrones que viajan a una velocidad de entre 200 y 889km/s pueden reaccionar con el oxígeno.

De esta forma:



Esquema2: Proceso de ionización del oxígeno.

[<http://www.hamradioschool.com/sunspots-and-propagation/>]

Y por otro lado, con el nitrógeno atómico.

Estas dos moléculas se encuentran dispersas en la atmosfera, y constituyen un 20,95 y un 78,08 % de esta capa. Las ionizaciones de estas dos moléculas y la vuelta de los electrones de los electrones a su nivel de energía original producen una emisión de energía en forma de ondas electromagnéticas. La frecuencia y longitud de onda de estas depende del átomo.

El átomo de nitrógeno emite luz en el violáceo y azul rosa y el oxígeno emite en el verde y en el rojo.

Estas imágenes, teniendo en cuenta estas características de la aurora, nos dan información de la altura en que está teniendo lugar la aurora. Ya que, si la aurora es verde, la ionización se está produciendo en la capa donde el oxígeno puede emitir el fotón sin perder la energía antes. El oxígeno tiene un comportamiento que podríamos denominar como "lento" para la emisión de luz: Para emitir con una longitud de onda de 557,7nm (verde) tarda unos $\frac{3}{4}$ de segundo. En cambio, para emitir en rojo (longitud de onda = 630nm) necesita aproximadamente 2 minutos. Además, si durante este tiempo choca con otro

átomo o molécula, pierde la energía y ya no emite. Esto hace que el rojo se produzca en zonas de la atmosfera donde la densidad es menor: alrededor de unos 200km de altura; y que el verde, por su rapidez, sea característico de menos altura (hasta 100km).

El nitrógeno, en cambio, una colisión con una partícula del viento solar puede hacer que se ionice (perdiendo alguno de los electrones de la capa más externa del átomo) y emite luz azulada. Por otro lado, si es excitado debido al choque con un electrón, emitirá en color rosáceo.

Esta información nos permite hacer un estudio cualitativo de las imágenes con el que podemos aproximar la altura de formación de la aurora en cuestión.

Método por colores:

1. Visualizamos una de las imágenes que hemos escogido



2. Identificamos los colores: 1= verde; 2= rojo; 3=azulado (hay una columna de color azul)

Para la identificación de estos colores, usando un programa de edición de imagen, movemos los niveles de color al color que nos interesa identificar. De esta forma, si hay este color en la imagen, se hará más intenso.

3. Relacionamos cada color con el átomo que lo ha emitido y con la altura aproximada a la que está.

Verde=oxígeno=100km

Rojo=oxígeno=400km

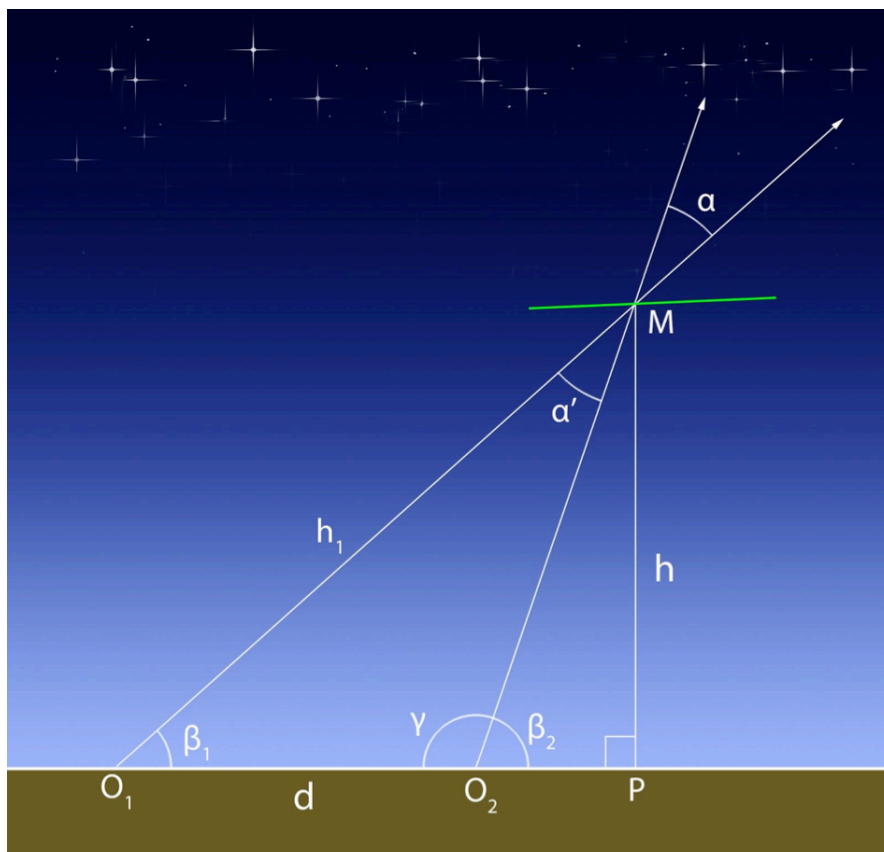
Azulado=nitrógeno ionizado

Rojizo rosáceo= nitrógeno colisionado

4. Obtenemos el resultado cualitativo

Esta aurora, aproximadamente se encuentra a unos 100km y posee una zona poco intensa hasta los 400km de altura.

Existe otra metodología para el cálculo de la altura de una aurora. Ésta se basa en el fenómeno de la paralaje. La paralaje se describe como la desviación angular de la posición aparente de un objeto, en nuestro caso la aurora, dependiendo del punto de vista elegido. La técnica consiste en tomar dos imágenes centradas en una misma estrella, es decir, del mismo campo, pero des de posiciones distintas. De este modo conseguimos una desviación angular de la aurora que nos permite calcular su altura.



Esquema3: paralaje. Donde: O=observador; d=distancia que separa los observadores; M=objeto de estudio; h=altura perpendicular de M al

Método por paralaje:

1. Buscamos un par de imágenes del mismo campo tomadas a la misma hora (imágenes 1 y 2).

2. Calibramos las imágenes para saber el centro en ascensión recta i declinación.

Con la aplicación online de astrometry.net calibramos la imagen. Este aplicativo funciona enlazando las estrellas que están contenidas en el campo de la imagen con un catálogo. De esta manera, obtiene las coordenadas en ascensión recta y declinación del centro de la imagen.

3. Buscamos el máximo de luz en la aurora con el MaxIm DL.

Una vez nos hemos descargado las imágenes en formato RAW, las abrimos con MaxIm DL. Debido a que el MaxIm no tiene ningún catálogo de calibración, para obtener un campo cierto introducimos el centro en las coordenadas que nos ha dado la calibración previa.

Con el MaxIm podemos definir un máximo ya que es un programa que puede medir la intensidad en ADU de cada píxel de la imagen.

El objetivo de buscar un máximo de intensidad en la aurora es porque es un punto de la aurora igual por las dos imágenes de que disponemos. Es decir, aunque las cámaras con las que hemos obtenido las imágenes sean diferentes, el máximo (sin importar, por tanto su valor exacto) será el mismo punto de la aurora.

Para encontrar el máximo variamos el histograma y medimos las intensidades de los píxeles.

4. Aplicamos la fórmula de paralaje:

Una vez tenemos los máximos de ambas imágenes en ascensión recta y declinación aplicamos la fórmula de paralaje.

$$h = d \times \frac{\sin \beta_1 \cdot \sin \beta_2}{\sin \alpha}$$

5. Obtenemos un resultado con error.

Debido a los errores hechos al calcular la distancia entre los observadores, con la simplificación del modelo de paralaje en que suponemos que las dos imágenes están tomadas desde el mismo plano y con los errores de la misma imagen, los resultados que obtenemos tienen un error.

-RESULTADOS OBTENIDOS:

Coloración: Hemos obtenido que la altura de esta aurora se encuentra entre 100km y 400km y podemos decir que el elemento que más ha reaccionado con los electrones emitiendo luz ha sido el oxígeno

Paralaje: Hemos obtenido una altura de 236,24km con un error de 67,53km (27,8%)

Esta diferencia en los resultados se debe, por un lado, a la diferencia entre los métodos de cálculo. El método de coloración es una metodología cualitativa en la que interviene el factor aproximación y que solo nos da una idea de la altura de la aurora de la imagen. En cambio, el método de paralaje es más preciso y obtenemos un resultado conociendo el error de este.

Por otro lado, tenemos que tener en cuenta que el método de paralaje solo calcula la altura de un punto mientras que el de coloración nos da un global.

4. CONCLUSIÓN

La conclusión básica de este trabajo es que el método de paralaje es un buen método para calcular la altura de una aurora. Es verdad que se podría reducir el error separando más los observadores y utilizando el mismo modelo de cámara. Aun así creo que los resultados obtenidos son buenos ya que se hallan en la altura de una aurora.

5. AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Shelios por la organización de esta expedición y por haber hecho posible una experiencia como esta. También quería dar las gracias a Carla Mendoza por hacer de esta actividad científica una aventura con un clima de compañerismo mutuo entre los miembros de la expedición. Asimismo quiero dar las gracias a Marta Puig por haberme transmitido lo que ha vivido en esta expedición y haberme animado a participar.

Quiero destacar la fundación Catalunya- La Pedrera, por haber financiado lo que ha sido el viaje de mi vida y un punto clave en mi formación como científica y como persona. También a Enrique Herrero por haberme enseñado una forma de vivir la ciencia.

Llegados a este punto quiero agradecer a todas las organizaciones que han hecho posible la Ruta de Las Estrellas 2014:

Por un lado, al Instituto d'Astrofísica de Canarias por el primer paso antes de Groenlandia en el Observatorio del Teide, por darme la oportunidad de trabajar en unas instalaciones científicas de observación astronómica profesionales.

También a Shelios y especialmente a Miquel Serra por todo su trabajo y por dirigir un proyecto de tal envergadura como lo es la expedición. Y a Gloria Project, GLObal Robotic-telescopes Intelligent Array.

Por otro lado, a todos los proyectos englobados dentro de la expedición, que han permitido que haya compartido la expedición con personas de las que he aprendido mucho: Sky-live.tv y Tierrayestrellas.com.

De esta manera, quiero agradecer a todos los miembros de la expedición por compartir el aprendizaje y la pasión por la ciencia.

Por último, quiero dar las gracias a mi abuelo por dar-me fuerza en todo momento, a mi abuela por compartir conmigo las horas de trabajo y a mis padres por el soporte incondicional.

6. FUENTES DE INFORMACIÓN

[1] Astroaula (<http://astroaula.net/recursos-didacticos/actividades/auroras-boreales/>)

[2] Shelios (<http://journal.shelios.com/shelios2014b/>)

[3] COWLEY S. W. H. ; LOCKWOOD M. : Excitation and decay of solar wind-driven flows in the magnetosphere-ionosphere system

[4]Astromía (<http://www.astromia.com/tierraluna/capatmosfera.htm>)

[5] Marcucci, M. F., Orsini, S., Candidi, M., & Storini, M: On a Possible Relationship Between Atmospheric Dynamics Ozone and Global Auroral Activity