

Sol de medianoche

Por

Sr. **Miguel Ángel Pío Jiménez**. Astrónomo del Instituto de Astrofísica de Canarias, Tenerife.

Dr. **Miquel Serra-Ricart**. Astrónomo Instituto de Astrofísica de Canarias, Tenerife.

Sr. **Juan Carlos Casado**. Astrofotógrafo tierrayestrellas.com, Barcelona.

Dr. **Lorraine Hanlon**. Astronomer University College Dublin, Irland.

Dr. **Luciano Nicastro**. Astronomer Istituto Nazionale di Astrofisica, IASF Bologna.

1 – Objetivos de la actividad

Con ésta actividad se pretende calcular la latitud a la que se encuentra el observador a partir de imágenes digitales, calculando en ellas la altura del Sol sobre el horizonte.

Los objetivos que se pretenden alcanzar son los siguientes:

- Aplicar una metodología para el cálculo de un parámetro físico (Latitud Geográfica) a partir de un observable (imágenes digitales) como técnica de aplicaciones pedagógicas, documentales e investigadoras. Aplicar conocimientos de Matemáticas (Trigonometría y Álgebra) y Física (Cinemática) básicas.
- Conocer y aplicar técnicas de análisis básico de imágenes (escala angular, medición de distancias,...).
- Trabajar cooperativamente en equipo, valorando las aportaciones individuales y manifestando actitudes democráticas.

2 – Instrumentación.

La práctica o actividad se realizará a partir de imágenes digitales obtenidas desde el norte de Europa durante el tránsito de Venus el 6 de Junio de 2012. (ver sky-live.tv).

3 – Fenómeno.

3.1.- Sol de Medianoche.

El Sol de Medianoche es un fenómeno natural que se da en su plenitud únicamente al norte del círculo polar ártico, y al sur del círculo polar antártico. Dado que en el hemisferio sur no hay asentamientos permanentes suficientemente cerca del polo (salvo en las bases antárticas, habitadas por unos pocos científicos y personal militar), las regiones habitadas que pueden disfrutar de este fenómeno están todas en el hemisferio norte: Alaska, Canadá, Groenlandia, Noruega, Suecia, Finlandia, Rusia y el extremo norte de Islandia. Debido a la inclinación del eje de rotación de la Tierra respecto a la eclíptica de aproximadamente 23 grados y 27 minutos, en latitudes altas el Sol no se oculta durante el verano (local). Durante el fenómeno, el Sol permanece visible por encima del horizonte, las 24 horas del día, es decir, no se pone nunca para estas latitudes (ver Figura 1). Esto ocurre en las fechas más próximas al solsticio de verano, entre el 22 y el 24 de junio, siendo en éstas fechas cuando alcanza su máxima plenitud, y su duración en el tiempo va a variar dependiendo del lugar geográfico desde donde estemos, o lo observemos. Así, la duración del sol de medianoche varía desde un día (unas 20 horas) durante el solsticio de verano en los círculos polares hasta aproximadamente seis meses en los polos geográficos (unos 186 días). En los propios polos, en todo el año sólo amanece una vez y anochece una vez. Durante los seis meses de día en el polo, el Sol se mueve continuamente cerca del horizonte, alcanzando su altura máxima en el cielo en el solsticio de verano.

Debido a la refracción, el sol de medianoche puede ser observado en latitudes ligeramente por debajo del círculo polar, pero como mucho un grado por debajo (dependiendo de las condiciones locales). Por ejemplo, es posible ver el sol de medianoche en Islandia, aunque la mayor parte del país (la isla de Grímsey es la notable excepción) se encuentra al sur del círculo polar ártico. Incluso en la zona más al norte de las Islas Británicas (y los lugares que se encuentran en latitudes similares) se puede observar un crepúsculo o resplandor permanente por estas fechas en los cielos septentrionales.

Como hemos comentado, dependiendo de la latitud, éste periodo será más o menos largo. Poniendo ejemplos, en el punto más al norte de la Europa continental, es decir, en el famoso Cabo Norte, podremos disfrutar del Sol de Medianoche desde el 14 de mayo hasta el 29 de julio. En cambio, desde la línea del Círculo Polar, un poco más al sur de Bodo en Noruega, o en Rovaniemi, que todo el mundo conoce como referencia del círculo, será solo observable desde el 12 de junio hasta el 1 de julio. La cuarta parte del territorio finlandés se encuentra al norte del círculo polar ártico y en la zona más septentrional del país el Sol no se oculta durante 73 días en verano. En las islas Svalbard, Noruega, la región habitada más septentrional de Europa, no hay ocaso desde el 19 de abril hasta el 23 de agosto, aproximadamente. Así, los lugares más extremos son los polos, donde el Sol es visible medio año. Pasadas estas fechas, el sol seguirá estando durante muchas horas por encima del horizonte, pero sí que se pondrá completamente, y así la noche se irá haciendo progresivamente más larga, hasta llegar el momento opuesto del año en el que el sol va a dejar verse muy poquito, dando paso a la larga noche polar.

Cuando nos disponemos a observar y disfrutar de este magnífico fenómeno, el mejor momento del día será hacia la medianoche solar, entre las 23.00 y las 01.00 horas de Noruega

aproximadamente. Este será el momento en el que podremos observar cómo el sol se acerca descendiendo hasta el horizonte, adquiriendo el típico color anaranjado de una puesta de sol convencional, pero en lugar de ocultarse, llegará a un punto en el que iniciará de nuevo el ascenso, como si alargase el ocaso hasta enlazarlo con el amanecer. El resto del día, el Sol dibujará una elipse por encima de nosotros, sin llegar a situarse justo encima nuestro, tal y como estamos acostumbrados desde nuestra latitud. Durante este periodo, y solo por encima del círculo polar, el Sol tampoco va a ser tan intenso como cabría esperar en la época del año en la que nos encontraremos, verano.

Un error muy común es pensar que en todos los lugares donde se produce el sol de medianoche, el día más corto es totalmente oscuro. Esto no es siempre así debido al crepúsculo. En lugares muy cercanos a los Polos esto es cierto, pero en las zonas cercanas al Círculo polar ártico o al antártico, se produce el sol de medianoche pero no la noche polar. De hecho, las regiones polares suelen recibir más luz a lo largo del año que las regiones situadas más cerca del Ecuador.

3.2.- La Noches Blancas.

Asociado al fenómeno del Sol de Medianoche, en las regiones del norte de Rusia y otras localidades que se encuentran a más de 60 grados de latitud pero están al sur del círculo ártico o al norte del círculo antártico en lugar del sol de medianoche experimentan el crepúsculo civil de medianoche. El Sol se encuentra hasta 6 grados bajo el horizonte (definición del crepúsculo civil), por lo que las actividades de día, como leer, son aún posibles sin luz artificial, siempre y cuando el cielo no esté nublado. Este fenómeno natural es conocido popularmente con el nombre de Noches blancas.

No confundir con la denominada Noche Polar, que pasaremos a describir a continuación, y que es justamente, el fenómeno contrario al Sol de Medianoche.

3.3.- La Noche Polar.

La noche polar, es el efecto contrario al Sol de Medianoche, donde el Sol no sale durante un largo periodo de tiempo, es decir, las 24 horas del día están en completa oscuridad. Así, en lugares como las islas Svalbard, la noche polar se extiende desde el 28 de octubre hasta el 14 de febrero.

En las regiones dentro de los círculos polares, la duración del momento en que el sol está por debajo del horizonte varía desde 20 horas en el Círculo polar ártico y Círculo polar antártico a 179 días en los Polos. Sin embargo, no todo este tiempo es clasificado como noche polar, ya que puede haber mucha luz solar debido a la refracción. Además se dice que el tiempo que el sol permanece sobre el horizonte es de 186 días (frente a los 179). Esta asimetría en los números es debida a que el tiempo en que el sol está parcialmente sobre el horizonte es considerado como tiempo de día.

4 – Metodología.

4.1 Movimiento aparente del Sol en la Esfera Celeste.

La posición del sol durante el transcurso de un año, va variando de modo que los puntos del horizonte por donde sale (orto) y se pone (ocaso) el Sol van cambiando constantemente. El 21 de marzo, fecha del equinoccio de primavera, el Sol sale por el Este y se pone por el Oeste. Al pasar los días, estos puntos van desplazándose hacia el Norte, primero rápidamente, luego lentamente, hasta el 21 de junio, fecha del solsticio de verano, en que el Sol alcanza su máxima altura. A partir del 21 de junio, los puntos se alejan del Norte y se van acercando al Este y al Oeste, cuyas posiciones vuelven a ocupar el 22 o 23 de septiembre, equinoccio de otoño. Luego se acercan al punto Sur, hasta el 22 de diciembre, solsticio de invierno, del cual se alejan después. Transcurrido un año, vuelven a coincidir con los puntos Este u Oeste.

El eje de la tierra está inclinado unos $23^{\circ} 27'$ con respecto a la línea perpendicular a la órbita del planeta (Figura 5). La

trayectoria del sol atravesando el cielo así como su declinación cambian, entonces, a lo largo del año (Figura 6) donde la declinación del sol es el ángulo que existe entre los rayos del sol y el plano del ecuador de la Tierra. Un día antes de que el Sol atravesase el Ecuador el 21 de marzo su declinación es negativa (Figura 6), y al día siguiente (21 de marzo) su declinación vale cero. En ese instante el Sol su altura sobre el horizonte es justamente 90° (grados) menos la latitud del lugar ($90^\circ - \phi$). La duración del día sería igual a la de la noche en los equinoccios. En los días posteriores la declinación del Sol es positiva, y sigue subiendo hasta que alcanza $+23^\circ 27'$, estando el Sol en ese instante en el Solsticio de verano o Trópico de Cáncer. En el hemisferio norte ese día es el más largo del año y la noche es la más corta y es justamente cuando el Sol alcanza la altura máxima sobre el horizonte ($90^\circ - \phi + 23^\circ 27'$) de todo el año. A partir de ese momento la declinación del Sol empieza a disminuir hasta que nuevamente es 0 el 21 de septiembre, momento en que otra vez la duración del día es igual a la de la noche. Sigue disminuyendo la declinación, ahora con valores negativos, hasta que en el Solsticio de invierno o Trópico de Capricornio (21 de diciembre) el Sol alcanza su valor menor en declinación, $-23^\circ 27'$, época a la que le corresponden las noches más largas y los días más cortos, y momento en el que el Sol se sitúa lo más bajo sobre el horizonte que estará en todo el año. La Figura 7 nos muestra las latitudes a las que la altura del Sol es la mayor, para esos días específicos sobre el curso del año.

4.2 Método a realizar para calcular la latitud del lugar.

Hemos visto en la Sección 4.1, que la altitud máxima del sol depende, no sólo de la latitud del observador, sino que también con el momento del año, ya que la declinación solar varía desde -23.5° en el solsticio de invierno a $+23.5^\circ$ en el solsticio de verano, siendo cero en los equinoccios.

Para calcular la altura del Sol a medianoche, en un lugar

específico de la Tierra, tendremos que utilizar la siguiente expresión donde h_s será la altura del Sol sobre el horizonte, ϕ sería el valor de la latitud donde se encuentra el observador y, δ_s sería la *declinación solar* en el día en el que se quiere calcular esa altura.

En nuestro caso, ϕ es la cantidad que queremos determinar, así que si reordenamos la ecuación que tenemos arriba, tendremos: siempre teniendo en cuenta que todos los valores se deben expresar en las mismas unidades, que en éste caso serían grados, para simplificar cálculos.

4.2 Cálculo de la altura del Sol sobre el horizonte.

La medición de la altura del Sol es relativamente sencilla, y para hacerlo lo que haremos es medir, directamente en las imágenes, la altura sobre el horizonte a la que está el Sol en el momento del paso por el meridiano del lugar a las 12 de la noche. Esa distancia la realizaremos sobre la imagen, por lo que la unidad más sencilla en la que la tomaremos será en número de píxeles, para una vez la tengamos en píxeles, sólo tengamos que aplicarle un factor de escala en función del tamaño de cada píxel en grados, y así poder tener la h_s en unidades de grado.

5. Medida para el 6 de Junio del 2012 desde Tromsø.

5.1 Descripción Instrumental.

Para la observación del fenómeno y la toma de imágenes, se tomarán, en tiempo real, con una cámara Canon 5D Mark II de 21Mpíx, colocando un filtro adecuado para la observación solar.

5.2 Ejemplo del cálculo para Tromsø.

Nos interesa determinar la latitud desde donde el observador está tomando imágenes del fenómeno del Sol de Medianoche, para lo que, siguiendo el razonamiento teórico, necesitamos conocer

la altura del Sol sobre el horizonte en ese instante, más el valor de la declinación solar para el día de observación, y así poder sustituir dichos valores en la Ecuación [1].

Ahora vamos a realizar los cálculos utilizando para ello un software astronómico que nos permite conocer, para el 6 de Junio del 2012, la altura a la que se encontrará el Sol con respecto al horizonte en el momento que ocurra el fenómeno del sol de medianoche. Así, para ello, calcularemos el factor de escala que comentamos, en función del tamaño del Sol en la Figura 8 . En ese caso, el diámetro del Sol en esa imagen es de 42 píxeles, por lo que aplicando un razonamiento similar al empleado en el apartado anterior, el valor de escala de la figura será: Midiendo entonces la altura h_s tenemos que vale 195 píxeles, lo que equivale a decir que $h_s = 2^\circ 25' 48''$. Por otro lado, de las Efemérides podemos obtener el valor de la declinación solar para un día determinado, que para el caso que nos ocupa, el 6 de Junio del 2012, el valor es:

$$\delta_s = 22^\circ 39' 39.42''$$

Así que, finalmente, sustituyendo en la ecuación [1], nos sale que la latitud del lugar de observación, en éste caso Tromsø, es de:

$$\varphi = 90^\circ - \delta_s + h_s = 69.77^\circ = 69^\circ 46' 8.58''$$

donde δ_s , como dijimos, es la declinación solar ese día y h_s es la altura del Sol sobre el horizonte, medida en grados.

6 – Direcciones de Internet

- Movimiento del Sol en la Esfera Celeste. <http://www.mailxmail.com/curso-iniciacion-astro nomia/movimiento-sol-esfera-celeste>
- ¿Jugamos con la sombra de la Torre Eiffel?. Webquest para la ES0. <http://www.eibarpat.net/webquest/lasombradelatorree>

iffel/

- Introducción a la Astronomía de posición. http://cursoastronomia.galeon.com/tema_1.htm
- Latitud y Longitud de cualquier lugar en la esfera Terrestre. <http://juanreyero.com/util/latlong/>
- Transmisión del tránsito en directo a través de Internet: <http://www.sky-live.tv>
- Expediciones científicas del grupo Shelios para observar fenómenos astronómicos: <http://www.shelios.com>
- Geografía Esencial. <http://geografo.pastranec.net/>
- Midnight sun seen from Fjellheisen. Interesante 360 – Panorama <http://www.virtualtromso.no/en/panoramas-from-tromso/56-midnight-sun-seen-from-fjellheisen-cable-car.html>
- Colección de fotografías del fenómeno http://www.taringa.net/posts/imagenes/2523828/Sol-de-Medianoche-_Fenomeno-natural_.html