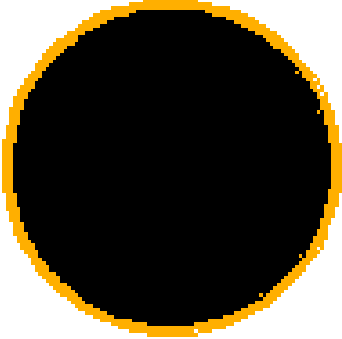


ECLIPSES DE

S  L

MANUAL DIDÁCTICO

X. Dositeo Veiga



Altega S. L.

1ª Edición: Altega - Xestión del Lecer

Autor: Xosé Dositeo Veiga Alonso

Versión 5.0

Apdo. Correos 1.213 - 32080 (Ourense)

info@altega.com

Última versión en: www.altega.com

Dep. legal: OU-19-2006

ISBN-10: 84-611-3442-7

ISBN-13: 978-84-611-3442-7

Índice de materias

Índice de materias.....	i
Prólogo a la Edición preliminar.....	v
Prólogo a la 1ª Edición.....	vii
Introducción.....	11
Elementos de mecánica celeste.....	15
Qué es un eclipse.....	21
El ciclo saros.....	29
Historia de los eclipses y de la astronomía solar.....	37
Efemérides de los eclipses.....	55
Qué se ve en un eclipse de sol.....	59
Sol y salud.....	65
Los ojos.....	65
La piel.....	68
Cómo no observar un eclipse de sol.....	71
Cómo observar un eclipse de sol.....	73

Índice de materias	
Métodos indirectos.....	73
Métodos directos.....	81
Organizar un acto de visión colectiva.....	85
Actividades para realizar.....	91
Antes del eclipse.....	91
Durante el eclipse.....	92
Después del eclipse.....	94
Los eclipses en la literatura.....	97
Curiosidades.....	99
Anécdotas.....	99
Citas.....	100
Un chiste.....	102
Anexo I: eclipse anular de Sol del 3/X/2005.....	105
Anexo II: eclipse total de Sol del 29/III/2006.....	111
Anexo III: textos para comentar.....	115
Texto 1: J. Verne.....	115
Texto 2: M. Twain.....	116
Texto 3: H. R. Haggard.....	118
Texto 4: M. de Cervantes.....	119
Texto 5: Hergé.....	120
Bibliografía.....	123
Libros.....	123

Índice de materias

Revistas.....	123
Recursos en la red.....	125
Información sobre eclipses.....	125
Otros sitios de interés.....	127
Índice de imágenes.....	129
Índice analítico.....	133
Propiedad Intelectual y Licencias.....	139
Agradecimientos.....	141

Prólogo a la Edición preliminar

Este breve manual didáctico fue escrito con el objetivo de ser una herramienta para la divulgación científica. Su origen está en el acontecimiento del eclipse anular de Sol de 2005 y su previsible repercusión social. El manual aporta una cantidad de información y recursos suficientes para trabajar sobre este evento en el aula, en la asociación, en el ayuntamiento, con el grupo de amigos o, simplemente, para el disfrute de la lectura personal. Esperamos que sirva de excusa para iniciarnos a la Astronomía y a la racionalidad, desterrando para siempre a agoreros, mentirosos y demás razas que viven de asustar a las personas más ignorantes.

En Ourense, cuando faltan 21 días para el eclipse anular del 3 de octubre de
2005

X. Dosi Veiga

Prólogo a la 1ª Edición

Tras la excelente acogida que tuvo el trabajo anterior, en los animamos a realizar una segunda edición más completa. De nuevo, la excusa es la contemplación desde nuestra tierra de un eclipse de Sol, en este caso parcial y, sin duda, mucho menos espectacular que el anterior de 3 de octubre de 2005. Sigue siendo, con todo, una ocasión ideal para atraer a la población al mundo de la ciencia mediante la realización de actos colectivos, actividades de divulgación, mediciones, cálculos... especialmente en el ámbito escolar. Por eso hicimos más hincapié en la introducción de contenidos atemporales, actividades de astronomía solar genéricas y más información sobre la historia de la astronomía. Por la misma razón se llevaron a sendos anexos la información relativa al eclipse anular de octubre de 2005 (con las efemérides ya desfasadas que mantenemos por motivos testimoniales, añadiendo fotos del mismo) y del eclipse de 29 de marzo de 2006 (parcial en diferente grado según la localización geográfica en España) que, a día de la escritura de la parte principal de este trabajo, aún no había acontecido.

De nuevo empleamos Internet como vehículo para la divulgación de esta obra. Gracias a la red llegamos a mucha más gente y tenemos un control total sobre todo el proceso de edición. Como todo, esto tiene sus inconvenientes y sus ventajas. Entre los primeros, quizás la edición y la maquetación no sea todo lo seria o profesional que pudiera ser, aunque creemos que pocas diferencias podréis encontrar si este libro fuese editado por una editorial. Entre las ventajas, la más evidente es, claro está, la gratuidad de este libro. Sin embargo queremos enfatizar que este libro es algo más que un simple artículo gratuito por el que no haya que pagar. Tal y como recogemos al final, escogemos una licencia de distribución más adaptada a los tiempos actuales que

Prólogo a la 1ª Edición

el antiguo "copyright" de los tiempos de la imprenta. De hecho, no sólo es gratuita su descarga sino también su distribución, siempre que esta sea también gratis. No autorizamos la modificación de los contenidos por algo evidente en este tipo de obras, poder garantizar su calidad científica dentro de nuestras posibilidades.

Otra ventaja de esta distribución es la facilidad para corregir defectos que vayan observando los lectores. Esta es un arma de doble filo, pues puede inducir a colgar en la red obras a medio terminar con el fin de que la comunidad contribuya a su pulido y corrección. No es el caso de esta obra que se presenta acabada y, prácticamente, cerrada. Seguro que tiene algún error y/o imprecisión (como tenía la edición preliminar) que serán, en todo caso, puntuales. Antes de ofrecerla al público ha sido corregida y verificada tanto en los datos científicos como en los ortográficos. Así y todo, os pedimos que nos hagáis llegar por correo electrónico cualquier defecto que apreciéis, con el fin de proceder a su inmediata corrección.

La numeración de esta obra sigue una mezcla de la tradicional de los libros (ediciones) y la de los programas y documentación informáticos (versiones). Podemos explicarlo diciendo que las ediciones son las que tienen su correspondiente "depósito legal" y las versiones suponen un sistema interno de ir numerando las diferentes correcciones que fuimos realizando sobre la obra original.

Respecto a la edición preliminar (que aún podéis descargar de Internet), se hicieron los siguientes cambios:

- Corrección de errores.
- Ampliación de la introducción histórica.
- Ampliación del apartado de elementos de mecánica celeste.
- Nuevos gráficos para explicar los eclipses.
- Nuevo apartado dedicado al ciclo saros.
- Ampliación de los apuntes históricos sobre los eclipses, redefiniendo el contenido de este apartado.
- Extensión de las efemérides de los eclipses durante más años.

Prólogo a la 1ª Edición

- Ampliación del apartado de salud.
- Creación de nuevos anexos con la información particular de los de los eclipses más próximos a la edición de este libro.
- Ampliación de la bibliografía.
- Más fotos en todos los apartados.

(Añadido en noviembre de 2006) Se realiza una nueva revisión de esta obra, con el fin de poder ofrecerla en versión impresa. De esta forma, sin cambiar la licencia de distribución del tipo "Creative Commons", quien lo desee puede adquirir un ejemplar de esta obra a través de la web: www.lulu.com. La versión impresa es idéntica a este documento en "pdf" que se seguirá distribuyendo gratuitamente por Internet. Simplemente, una forma de contribuir económicamente a este proyecto. Además, se redefine esta edición como la 1ª Edición, ya que se ha solicitado para la misma el correspondiente ISBN. De este modo, la anterior 1ª Edición pasa a denominarse "Edición preliminar".

Introducción

La astronomía fue la primera de las ciencias en aparecer en los albores de la civilización, incluso antes que la escritura. Su inicio vino ligado, sin duda, a una necesidad práctica. Por un lado, adelantarse a los cambios estacionales con el fin de programar la recolección, las migraciones, la caza de diferentes especies... Por otra, un aspecto de veneración religioso/social a los astros que gobernaban el paso de los días y de las estaciones (el Sol y la Luna). Eran precisamente los encargados de la vida espiritual de la comunidad (fuesen chamanes, brujos o sacerdotes) los que atesoraban el conocimiento básico sobre la mecánica celeste, interpretando además los fenómenos que por su anormalidad, parecieran estraños en el cielo. No deja de ser curioso que, al inicio de la ciencia, esta fuese la excusa para que una casta de hombres que tenían acceso a los rudimentos del conocimiento de la naturaleza se aprovecharan de la ignorancia del resto para el gobierno. Quizás no fuese tan singular este hecho. La diferencia con los tiempos actuales es que cualquiera puede buscar sus propias fuentes para la adquisición de conocimientos científicos evitando así tener que creer las interpretaciones interesadas de los magos de turno.

La observación de la naturaleza, de los movimientos del Sol, la Luna y las estrellas en el cielo tuvo que llamar la atención de los primeros hombres. La posición relativa del Sol en el cielo según fuese la estación del año necesariamente se hizo notar a ojos de los más atentos (más alto en verano y más al Sur en invierno). El movimiento periódico de las estrellas, con constelaciones que parecían marcar el inicio de las estaciones también tuvo que resultar llamativo. En cuanto percibieran la repetición y la regularidad de estos movimientos, al comenzar a tomar nota de los mismos, brotarían los primeros modelos y teorías que permitiesen entender los astros. Estos modelos, sin embargo, mostrarían sus deficiencias cada vez que se produjese

Introducción

un acontecimiento extraordinario. Así, la aparición de una supernova, de un cometa, de un eclipse de Sol o de Luna... trastornaban considerablemente a la población ante la falta de comprensión. Eso motivaba la búsqueda de explicación en el mundo de la mitología, de la leyenda, normalmente a través de esos intermediarios que eran los sacerdotes o chamanes.

En los primeros tiempos de la astronomía se definía el Universo conocido a base de diferentes esferas. En el centro, en un lugar privilegiado, la Tierra, el lugar desde el que observamos el entorno cósmico. Alrededor, en diferentes órbitas circulares más o menos complejas, el Sol, la Luna y los planetas por entonces visibles. En una esfera externa, cerrándolo todo a modo de cúpula, las estrellas y constelaciones, fijas e inmutables en el cielo. Era sin duda un modelo apropiado dado el punto de vista de los observadores y la falta de más información. Cuando este modelo ya estaba más evolucionado pasó a conocerse como modelo ptolemaico, por la figura de Claudio Ptolomeo, el astrónomo que lo definió de forma más completa. Era realmente lioso para explicar las observaciones astronómicas pues partía de dos premisas fundamentales para el pensamiento filosófico de la época: la Tierra es el centro del Universo y las órbitas son circulares. Sobre las órbitas circulares de algunos astros era preciso dibujar nuevos círculos para su movimiento y nuevos radios de giro dando lugar a un modelo completamente enrevesado.

Este modelo nunca convenció a todos los observadores de la noche (ya algunos griegos discrepaban de él). Aún así, no fue derribado definitivamente hasta el siglo XVI. No aportaba soluciones definitivas a una cantidad de observaciones: las órbitas retrógradas de los planetas, los eclipses, los cometas... Pero lo que sobre todo pudo con él fue un cambio de mentalidad. Se pasó de forzar a la naturaleza a comportarse como a nosotros nos gustaría, de forma que los movimientos de los astros encajasen en formas geométricas privilegiadas, a limitarnos a observar atentamente, tomar datos numéricos precisos e interpretarlos desde el punto de vista de la razón. Llegamos así a la mecánica celeste actual, compleja en los detalles, donde la imperfección geométrica domina y donde casi nada es tan sencillo como parece a simple vista.

Las observaciones precisas y rigurosas de Tycho Brahe, astrónomo real, le sirvieron a sucesivos astrónomos para ir desmontando el geocentrismo. Nicolás Copérnico y Johannes Kepler sentaron las bases de la dinámica celeste, situando al

Sol en el centro del Sistema Solar y devolviendo a las órbitas planetarias su forma elíptica. La mecánica introducida por Isaac Newton en el siglo XVII sentó las bases matemáticas y físicas que daban la explicación racional de estos descubrimientos. La ley de la gravitación universal pasó a ser el mecanismo que explicaba prácticamente todos los movimientos celestes.

Elementos de mecánica celeste

Con nuestro conocimiento actual del Universo sabemos que la Tierra no ocupa ningún lugar privilegiado en el mismo. Apenas es el contenedor vital de la humanidad y el resto de la vida que conocemos; eso sí, las únicas muestras de vida inteligente de las que tenemos noticias por el momento. El Sol, la estrella más brillante desde el punto de vista de la Tierra, sólo es el centro del Sistema Solar. En relación al resto de las estrellas no es más que de una vulgar especie, con un brillo medio, localizado en la esquina de una galaxia común (la Vía Láctea), en un lugar del Universo que no tiene nada especial no siendo que aquí se desarrolló (o aún se desarrolla) la especie humana. El Sol se mueve por el espacio en un brazo de la espiral de la galaxia, arrastrando consigo a los planetas, satélites, cometas y demás objetos del Sistema Solar. Este movimiento del Sol por el espacio no nos va afectar a la hora de entender las razones de que se produzcan los eclipses, por lo que no volveremos sobre él.

Sobre la Tierra podemos considerar tres movimientos propios, fundamentales para la comprensión de los eclipses:

- **Traslación:** siguiendo una órbita alrededor del Sol (que está en uno de los focos), con un periodo de revolución de 365,256 días (ese cuarto de día adicional se compensa con los años bisiestos y otras correcciones menores). Se denomina año sideral. Este movimiento transcurre en un plano que llamamos eclíptica. Con ligeras variaciones es el que siguen las órbitas del resto de los planetas. El nombre proviene de que un eclipse sólo puede suceder cuando la Luna atraviesa este plano.
- **Rotación:** alrededor de sí misma, dando vueltas sobre un eje imaginario que la atravesaría de polo Norte a polo Sur. Se da la casualidad que este

eje apunta a una zona del espacio muy próxima a la estrella Polar. Esta casualidad cósmica ayudó a la orientación en siglos pasados. Tradicionalmente, la estrella Polar era empleada por navegantes y viajeros para localizar el norte terrestre. A día de hoy esto está muy superado con el empleo de las últimas tecnologías de posicionamiento global. También provoca la falsa idea de que las estrellas giran alrededor de la polar a lo largo de un día. El movimiento de rotación de la Tierra dura 23 horas y 56 minutos, dando lugar al día y la noche.

- **Precesión:** en el movimiento de rotación de la Tierra el eje imaginario que lo rige no permanece estable en el tiempo. Tiene un ligero movimiento de precesión, como si siguiese pequeños círculos en el espacio a razón de una vuelta cada 25.800 años aproximadamente. Esto provoca que poco a poco el eje de la Tierra deja de apuntar a la estrella Polar, dando lugar a la “precesión de los equinoccios”. Este movimiento de precesión lleva parejos otros pequeños movimientos llamados nutaciones, una especie de pequeños remolinos del eje que no vamos a considerar aquí.

Como podemos ver, la realidad es mucho más complicada que los modelos sencillos que nos enseñaban en la escuela. La razón es que dependiendo de los fenómenos astronómicos que queramos entender, llegará con un modelo más simple que otro. Sin embargo, a la hora de comprender la razón de los eclipses y su predicción hay que profundizar más en la realidad compleja del cielo, siendo preciso atender a movimientos muy sutiles que, para la comprensión global del día y la noche, las estaciones... no haría falta. Los datos exactos no coinciden con nuestras ideas genéricas. Así, un año no dura en realidad 365 días exactos, ni un día dura 24 horas, ni...

Por lo que se refiere a la Luna le pasa algo similar que a la Tierra. Sus movimientos principales son los siguientes:

- **Traslación:** la Luna gira alrededor de la Tierra en una órbita que no es exactamente circular (aunque de baja excentricidad). Tarda 27,32 días en dar una vuelta completa. El plano en el que se produce este movimiento no coincide con la eclíptica, estando inclinado respecto a éste unos 5°

aproximadamente. Los puntos de corte de las órbitas terrestre y lunar se denominan nodos.

- **Rotación:** la Luna gira alrededor de sí misma. Su periodo de rotación es de 27,32 días. Como éste coincide con el periodo de traslación, provoca la apariencia de que la Luna siempre nos enseña la misma cara. La cara oculta nunca nos es visible.
- **Libración:** se trata de unas pequeñas oscilaciones o balanceos que muestra la Luna, tanto en latitud como en longitud. Esto motiva que en vez de poder observar sólo el 50% de su superficie podamos llegar a ver hasta el 59%, penetrando así ligeramente en la cara oculta.

En cuanto a la explicación de las fases de la Luna, se deben sólo a la diferencia de iluminación que ésta recibe del Sol al cambiar su posición relativa día a día.

Para complicar un poco más el tema, realmente la Tierra no gira alrededor del Sol, arrastrando a la Luna al mismo tiempo. Lo que ocurre es que el centro de masas del sistema binario Tierra-Luna es el que describe su órbita elíptica alrededor del Sol. Dada la diferencia entre las masas de la Tierra y la Luna a favor de la primera (en proporción de 81 a 1), esto provoca que el centro de masas esté muy cerca del centro de la Tierra. Además, la distancia Tierra-Luna no es constante. Esta distancia es de unos 384.000 km, variando en unos 25.000 km por arriba o por abajo. Estas diferencias son fundamentales a la hora de entender los diferentes eclipses que puede haber. Resumimos en un cuadro las medidas del Sistema Solar que intervienen en la mecánica de los eclipses.

	Valor máximo (km)	Valor mínimo (km)	Valor medio (km)
Distancia Tierra-Luna	406.720	356.375	384.408
Distancia Tierra-Sol	152.096.150	147.099.590	149.598.000*
Diámetro terrestre	12.756	12.714	12.735
Diámetro lunar	3.476	3.472	3.474
Diámetro solar	---	---	1.392.530

* Esta cantidad se denomina *Unidad Astronómica* o UA.



Imagen 1: la Tierra y la Luna a escala de tamaños. El Sol, a la misma escala, tendría un radio de más de 400 cm.

El estudio del Sol, su naturaleza y sus partes, fue avanzando a lo largo de la historia mediante todo tipo de observaciones indirectas. Entre éstas, los eclipses fueron muy útiles pues dieron los primeros indicios sobre su estructura exterior. Hoy empleamos medios mucho más sofisticados que no dependen de los movimientos de los astros como telescopios terrestres o satélites espaciales convenientemente equipados. Entre ellos, el Soho es, sin duda, el más importante.

Si viajáramos desde el interior del Sol cara el exterior encontraríamos las siguientes zonas (ver la gráfica siguiente):

1. El núcleo: donde se origina casi toda la energía que emite el Sol. Constituye un auténtico horno donde el hidrógeno sirve de combustible para la producción de helio, mediante un proceso de fusión nuclear que desprende enormes cantidades de energía. La temperatura se estima en 15,6 millones Kelvin. La densidad también alcanza valores difíciles de imaginar, unos 148.000 kg/m^3 . Esta energía llega al exterior mediante dos mecanismos de transmisión: radiación (durante los dos tercios del radio solar) y convección (durante un tercio del radio solar). Son las llamadas zonas radiactiva y convectiva de la gráfica.
2. Superficie: donde se localizan la fotosfera y la cromosfera. La primera es la superficie visible del Sol, donde se emite hacia el exterior la mayor parte de la energía (tanto en el espectro visible como en el infrarrojo). Tiene una altura de 500 km y una temperatura que oscila entre los

6.400 K de la base y los 4.400 K del límite superior. La fotosfera cuenta con manchas, fáculas y filigranas, elementos asociados a intensos campos magnéticos del interior. La cromosfera es la zona de la atmósfera solar justo por encima de la fotosfera, llegando a los 9.000 km de altura (donde empieza la corona solar). Su temperatura aumenta con la altura. Durante un eclipse total de Sol la cromosfera parece un anillo de diamantes con un color virado al rojo, debido a la emisión $H\alpha$.

3. Corona solar: parte más exterior donde abundan los fenómenos espectaculares. Aquí podemos ver prominencias, chorros de partículas... La temperatura puede llegar a los 2 millones Kelvin.
4. Heliosfera: se llama así a la región del espacio alrededor del Sol en la que fluye el viento solar. Se cree que llega hasta las 100 UA donde empezaría la heliopausa. El viento solar es una corriente continua de partículas que se origina en los agujeros de la corona solar. Su velocidad es de 300-750 km/s.

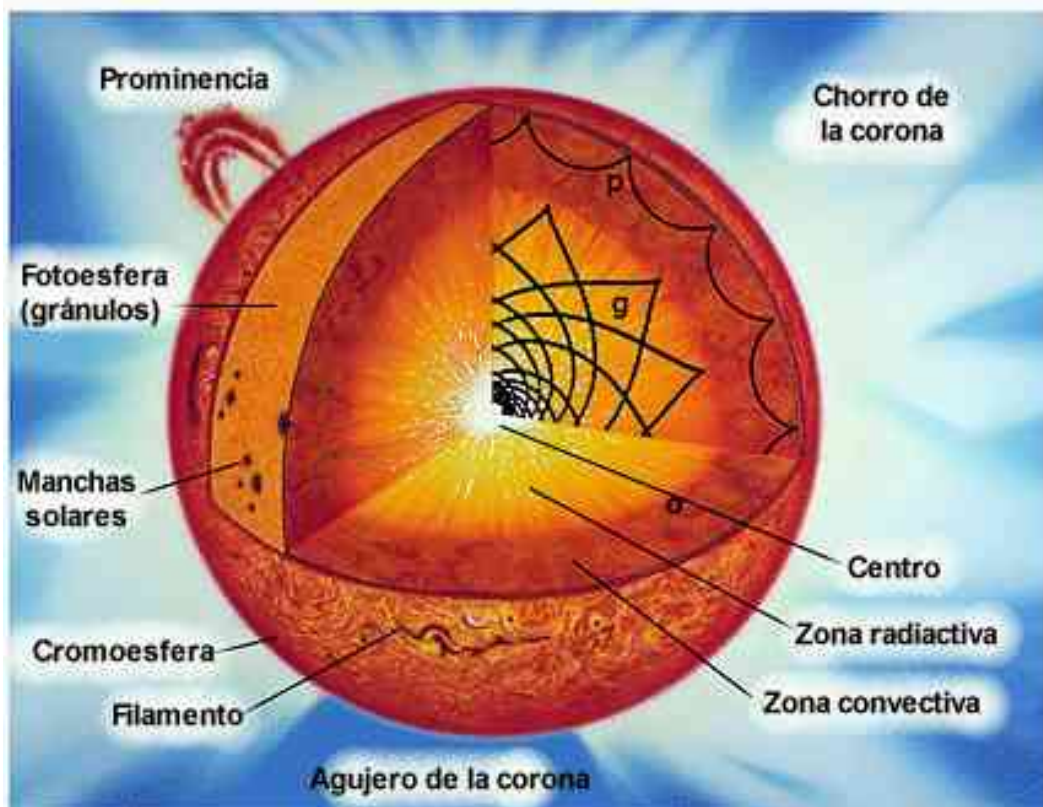


Imagen 2: partes del Sol (adaptado de SOHO-ESA&NASA).

Elementos de mecánica celeste

Las manchas solares son los fenómenos más conocidos desde siempre del Sol. Hoy sabemos más de su origen y composición. Su observación actual, tanto desde telescopios terrestres como desde el espacio, y su evolución permiten predecir la inminencia de otros fenómenos solares de gran influencia en la Tierra.

La observación de manchas solares es muy sencilla para cualquier astrónomo aficionado. Día a día podemos contemplar su evolución, su movimiento por la superficie, su desaparición... Se emplea para eso una magnitud denominada número relativo de manchas solares (llamada número de Wolf en sus inicios, en homenaje al primer investigador de las mismas), R . Relaciona el número total de manchas individuales, f , con el número de grupos de manchas solares, g . Además tiene en cuenta la eficiencia del observador y del telescopio empleado por un factor k . La fórmula sería: $R = k \cdot (10g + f)$. Podemos comparar nuestros cálculos con los publicados periódicamente por numerosos observatorios astronómicos, verificando así la calidad de nuestras observaciones.

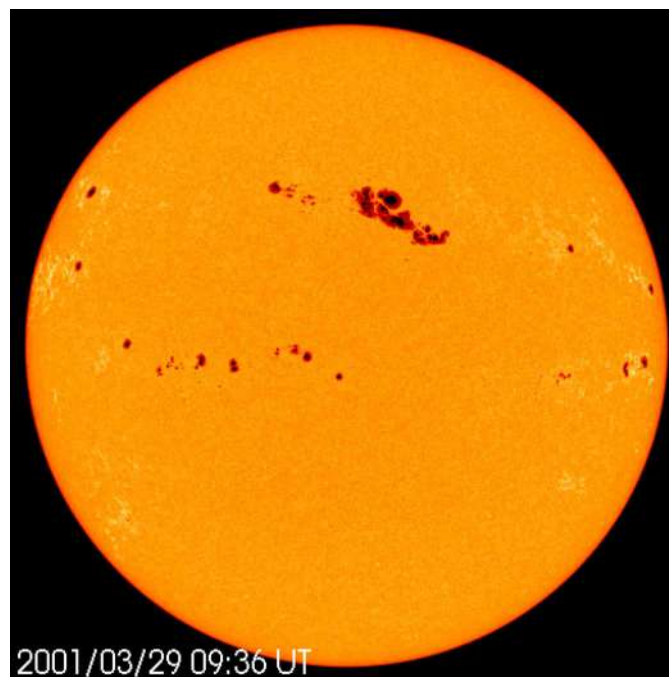


Imagen 3: manchas solares. La más grande tiene un diámetro tres veces superior a la Tierra.

Qué es un eclipse

Los eclipses suceden cuando un astro (planeta, satélite...) oculta a otro, desde el punto de vista de un tercero, pues interfiere en la luminosidad que emite el astro eclipsado. Los eclipses son en realidad un caso particular de lo que en astronomía recibe el nombre más genérico de ocultaciones. Dentro de estas se pueden distinguir:

- **tránsitos:** cuando un astro pasa por delante de otro de tamaño mucho mayor. Son significativos los de Mercurio y Venus por delante del Sol, o el paso de los principales satélites de Júpiter por delante del planeta.
- **eclipses:** cuando los astros tienen un tamaño aparente similar, como sucede con el trío Sol-Tierra-Luna.
- **ocultaciones propiamente dichas:** cuando un objeto pequeño es ocultado por otro más grande. Un ejemplo de ocultación lo tenemos cuando la Luna pasa por delante de una estrella o de un planeta. También cuando uno de los satélites de Júpiter pasa por detrás de éste.

Desde el punto de vista de un observador situado en la Tierra son especialmente interesantes por su espectacularidad los eclipses. Podemos clasificarlos en dos tipos principales:

1. **Eclipses solares:** la Luna pasa entre la Tierra y el Sol, provocando zonas de sombra de diferente intensidad sobre la superficie de la Tierra. Las regiones donde se pueden observar suelen ser reducidas.
2. **Eclipses lunares:** la Tierra se sitúa entre la Luna y el Sol, provocando que la primera no pueda reflejar la luz del segundo. Son más abundantes que los

Qué es un eclipse

primeros. Las regiones en las que se pueden contemplar en la superficie terrestre son también mayores.

El plano que la Luna sigue en su movimiento traslacional alrededor de la Tierra tiene un ángulo de unos 5° con el de la eclíptica (el plano de la órbita terrestre). Por eso, aunque la Luna pase a diario entre la Tierra y el Sol no coinciden en línea más que raras veces. Los puntos de intersección entre estos dos planos se denominan nodos. La posición de estos nodos en el espacio no es fija, sino que va rotando. Sólo se produce un eclipse cuando uno de estos nodos está en línea de visión directa entre el Sol y la Tierra. Con el dibujo siguiente lo vamos a entender mejor.

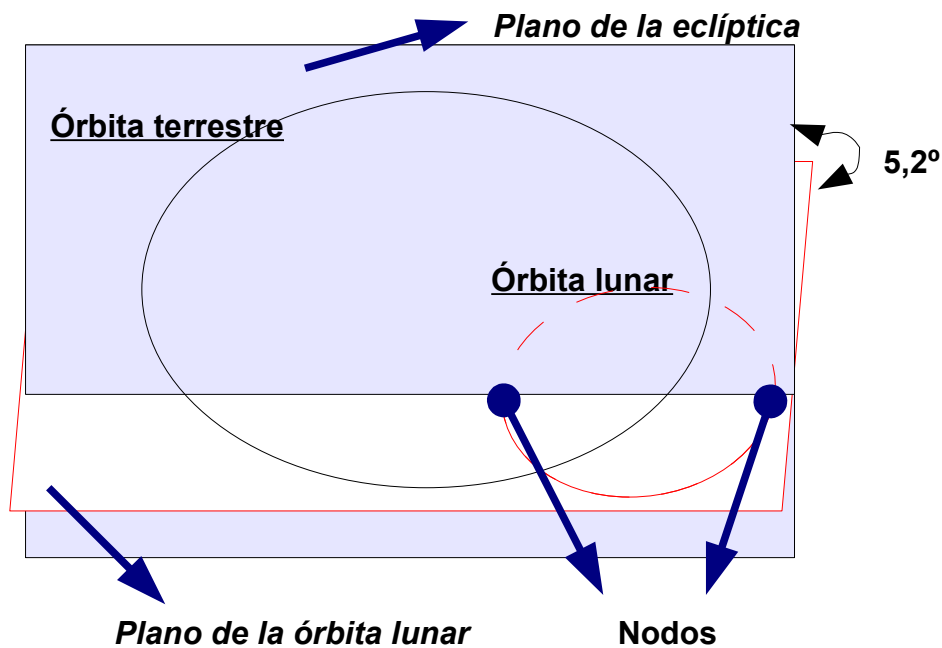


Imagen 4: esquema de los nodos de la órbita de la Luna.

Como decíamos, los nodos no están en un lugar fijo del espacio, sino que se van atrasando regularmente en el sentido contrario al de la traslación de la Luna. Esta regresión es de unos 20° por año. Debido precisamente al continuo cambio de posición de los nodos, los eclipses son fenómenos astronómicos realmente muy raros; tanto por su frecuencia temporal como por el hecho de que son visibles en regiones muy

limitadas. Además, las tres cuartas partes de la Tierra son océano, hay grandes extensiones de terreno yermo y sin población (desiertos, zonas polares...).

La posición en línea que deben tener los tres astros para que se produzca un eclipse no es suficiente. En el caso de los eclipses de Sol hay otra característica que motiva que la Luna, de un tamaño 400 veces inferior al Sol, pueda ocultarlo completamente. La causa es que la distancia Luna-Sol es también unas 400 veces la distancia Luna-Tierra. Por eso, el tamaño aparente en el cielo del Sol y la Luna es similar. Esta distancia no es constante sino que presenta variaciones dependiendo de la época del año. Cuando un eclipse sucede en el afelio (distancia Tierra-Luna más grande) la Luna no oculta de todo al Sol, por lo que el eclipse será anular y no total.

Esta diferencia en las distancias entre Tierra y Sol se debe a la pequeña excentricidad de la órbita terrestre. Las órbitas, como sabemos por el enunciado de las leyes de Kepler, son elípticas, con el Sol situado en uno de los focos de esta elipse.

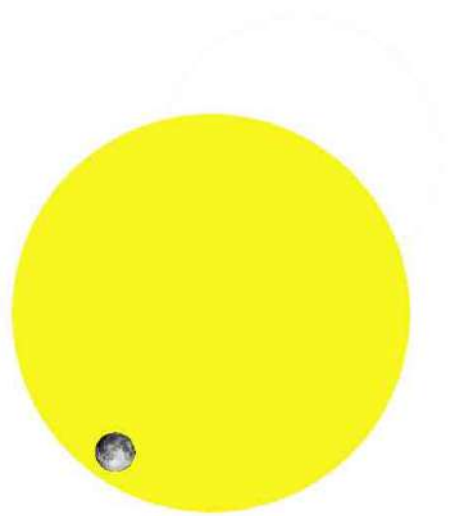


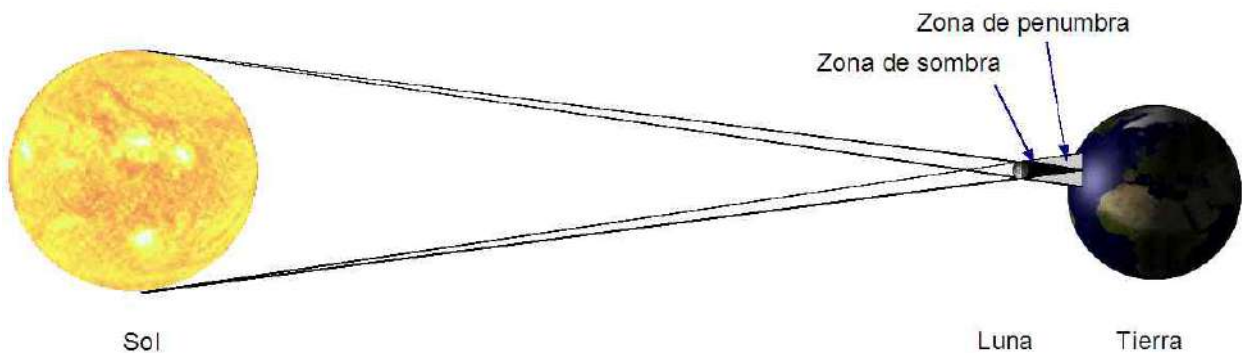
Imagen 5: comparación de tamaños entre Sol y Luna. Aún así, el tamaño de la Luna es 40 veces mayor del que le correspondería.

La sombra que se genera en un eclipse suele tener dos zonas: una más oscura (zona de sombra) y otra más clara (zona de penumbra). La razón de la existencia de estas dos zonas de diferente intensidad se debe a que el Sol es una fuente luminosa extensa y no puntual. En la primera zona tenemos un eclipse total o anular, en la segunda un eclipse parcial.

Qué es un eclipse

Vamos a estudiar más en detalle los eclipses solares, objetivo principal de esta publicación. Consideraremos las clases que nos podemos encontrar:

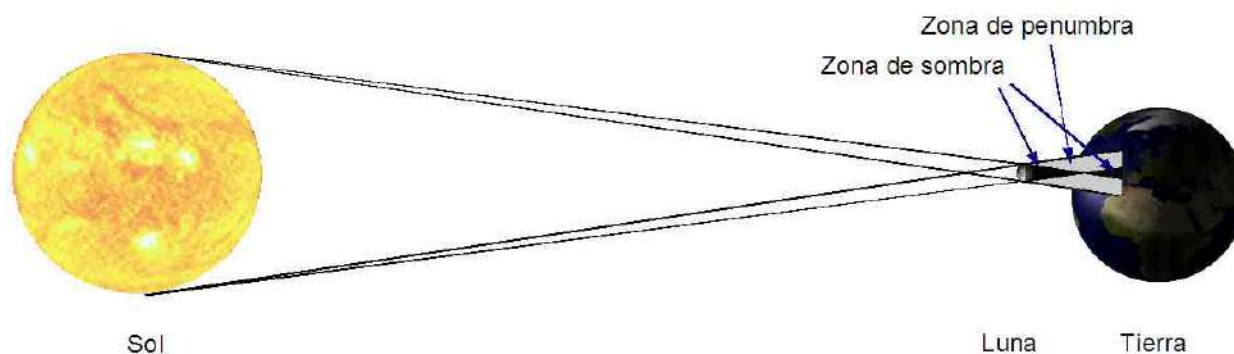
1. **Eclipse total:** la Luna consigue ocultar por completo al Sol. Son los más espectaculares y útiles desde el punto de vista científico. Durante los minutos o segundos que se oculta el Sol se puede ver su atmósfera sin el uso de filtros. La cromosfera y el halo solares son mostrados, pudiéndose estudiar directamente. Desde el punto de vista de la Tierra la oscuridad es absoluta, haciéndose de noche en pleno día. Esto nos permite ver las estrellas que en ese momento estén cerca del Sol y los planetas. Son el tipo de eclipses más escaso (un 27 % del total).



Ojo, no están a escala ni el tamaño de los astros ni las distancias.

Imagen 6: esquema de un eclipse total de Sol.

2. **Eclipse anular:** la geometría de Luna, Tierra y Sol es la misma que en un eclipse total. La diferencia es que ocurren cuando el sistema Luna-Tierra está un poco más cerca del Sol (o la Luna más lejos de la Tierra), por lo que el disco de la Luna no llega a ocultar por completo al Sol. En el punto máximo del eclipse el disco lunar muestra un pequeño anillo luminoso a su alrededor.



Ojo, no están a escala ni el tamaño de los astros ni las distancias.

Imagen 7: esquema de un eclipse anular de Sol.

3. **Eclipse parcial:** la Luna sólo oculta una porción del Sol. Dependiendo del porcentaje de ocultación que alcance será percibido directamente por la población o no. En todo caso será preciso el uso de métodos seguros de observación directa o indirecta del Sol. Los eclipses de los apartados anteriores se ven como parciales en aquellas regiones donde no son totales o anulares. Además, también hay eclipses que sólo son parciales en todos los lugares donde son visibles.



Imagen 8: fotografía de un eclipse parcial de Sol.

Algunos datos interesantes de un eclipse son la magnitud y el grado de oscurecimiento. Nos permiten verificar la exactitud de las previsiones y las diferencias con otras localidades. Se pueden hacer estos cálculos de forma muy simple sacando

Qué es un eclipse

diferentes fotografías de la imagen del Sol (proyectada) y, sobre ellas, realizar las medidas geométricas oportunas.

- La magnitud mide la cantidad de un eclipse. En el caso de los eclipses solares se calcula dividiendo el diámetro de la parte oculta entre el diámetro solar. El resultado se da en tanto por ciento o tanto por uno. En el punto máximo de ocultación resulta una medida de la magnitud del eclipse. Su valor será de 1 o mayor que 1 en el caso de un eclipse total. Cuanto mayor sea, más durará el eclipse pues el limbo lunar excede en mayor cantidad al limbo solar.
- El grado de oscurecimiento se define como el cociente entre las superficies de contacto Sol-Luna y la superficie total del Sol.

Los cálculos, teniendo en cuenta las referencias de la imagen, son los siguientes:

$$\text{Magnitud} = \frac{c \cdot c'}{d \cdot c'}$$

$$\text{Grado de oscurecimiento} = \frac{\text{Área}(acbc')}{\text{Área Sol}}$$

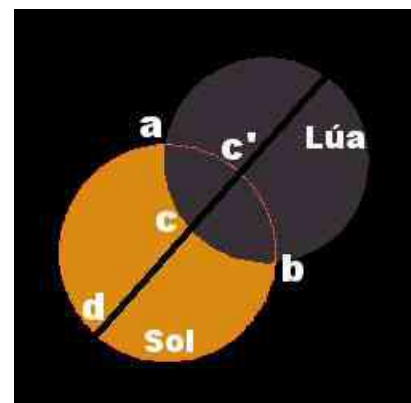


Imagen 9: esquema magnitud y oscurecimiento de un eclipse.

Los eclipses también son de utilidad a la hora de estudiar la historia. Con la precisión actual que tenemos sobre su duración y las zonas geográficas donde transcurrieron podemos datar hechos históricos. De esta forma, cuando en algún documento antiguo se refleja la aparición de un eclipse (nada extraño dada su singularidad), podemos dar una fecha exacta de ese momento. Esto permitió en años recientes corregir cronologías equivocadas, revisar algunas dataciones incorrectas y encontrar hechos históricos falsos.

Para el cálculo de los eclipses con precisión es necesario realizar una gran cantidad de cálculos y ajustes. Además de las leyes de la gravedad que rigen los movimientos de los astros en el espacio hay que incluir correcciones más finas. Entre ellas, la corrección en la velocidad de rotación terrestre debida al efecto de las mareas. Éstas, provocadas por el efecto combinado de Sol y Luna, motivan un retraso de un milisegundo al día en la rotación. Parece una cantidad despreciable y así es a efectos de escala humana. Sin embargo, a escala cósmica, al sumar estos milisegundos durante siglos, llegan a alcanzar un efecto muy apreciable. En el apartado de citas podemos leer una en la que se avisa a los astrónomos para que estén pendientes de los eclipses desde varias horas antes de su comienzo, por si las previsiones estaban equivocadas. Hasta hace pocos años, los cálculos que el ordenador daba para eclipses de hace miles de años estaban equivocados en su ubicación geográfica. Esto se verificaba mediante los registros escritos de astrónomos babilonios, por ejemplo, que recogían con toda precisión la aparición de estos eventos.

Cuando estemos verificando eclipses antiguos hay que tener en cuenta además las modificaciones en el cómputo de los años del calendario occidental. Así, con la reforma gregoriana en el siglo XVI se eliminaron 10 días para realizar los ajustes precisos en el calendario oficial. Sin embargo, esta modificación fue admitida por los diferentes estados años o, incluso, siglos después.

Hoy contamos con los tradicionales cánones de eclipses, donde se recogen con detalle los eclipses futuros y pasados, las áreas geográficas afectadas, las horas de los diferentes contactos entre los astros, mapas de la zona... También tenemos a nuestra disposición programas informáticos que realizan todos estos cálculos y generan los mapas terrestres de visión del eclipse en cuestión. En la bibliografía especificamos varias de estas fuentes.

Una serie de eclipses sigue cierta periodicidad que ya había sido descubierta por los caldeos. Se denomina el "ciclo saros", cada uno de los cuales abarca un periodo de varios miles de años. En el apartado siguiente explicamos en detalle este ciclo.

El ciclo saros

Una observación constante del Sol y de la Luna, junto con un registro minucioso de los eclipses que vayan sucediendo, llevaría a descubrir la existencia de cierta regularidad. Éste fue precisamente uno de los descubrimientos más interesantes realizados por los astrónomos caldeos, en la antigua Babilonia, probablemente durante el reinado de Nabonassar (747 a. C.) tras varios siglos de realizar anotaciones. Se trataba únicamente de un hallazgo empírico, basado en la observación, sin extraer ninguna hipótesis ni ley teórica que permitiese entender mejor la mecánica celeste asociada con esta regularidad de los eclipses. Esta regularidad fue denominada posteriormente "ciclo saros", siendo "saros" una palabra griega de origen caldeo que significa, precisamente, repetición. La obtención de este ciclo fue hecha, por así decirlo, mediante las "cuentas de la vieja". Su conclusión fue que cada 18 años y 11,3 días habrá un eclipse.

Vamos a explicar a la vista de nuestros conocimientos actuales de mecánica celeste las bases del ciclo saros. Para que haya un eclipse debe darse la circunstancia de que el Sol, la Luna y la Tierra estén en la misma línea. Esto implica que, por un lado, la Luna tiene que ser nueva o llena (dependiendo de si el eclipse es de Sol o de Luna). Por otro, que el Sol tiene que coincidir con los nodos lunares.

Tenemos así tres ciclos importantes para que se produzca un eclipse:

1. El mes sinódico (tiempo entre dos lunaciones, la repetición de la misma fase lunar) que tiene un valor de 29,5306 días.
2. El mes draconítico (tiempo que media entre dos pasos de la Luna por el mismo nodo) que tiene un valor de 27,2122 días.

El ciclo saros

3. El "año eclipse" (periodo que tarda el Sol en estar en línea con un nodo lunar) que tiene un valor de 346,6200 días.

Si calculamos el mínimo común múltiplo de estas cantidades encontramos un ciclo de días en el que se dan las coincidencias precisas para que se produzca un eclipse. Hagamos los siguientes cálculos:

- 223 meses sinódicos = $223 \times 29,5306$ días = 6585,32 días.
- 242 meses draconíticos = $242 \times 27,2122$ días = 6585,35 días.
- 19 años eclipse = $19 \times 346,6200$ días = 6585,78 días.

Si lo convertimos en años, tenemos que el ciclo de repetición de eclipses se produce cada 18 años, 11 días y unas 8 horas (puede ser un día menos dependiendo del número de años bisiestos comprendidos en el ciclo). Este es el "ciclo de saros" o "ciclo saros".

Estas 8 horas de exceso provocan que en cada saros la Tierra no esté en el mismo lugar, sino que ha avanzado un tercio de día o 120° . Ésta es la diferencia geográfica en la localización entre dos eclipses del mismo saros. Cada tres eclipses, o sea, cada 54 años, sí que habrá un eclipse en la misma posición geográfica aproximada, aunque con una ligera deriva en la latitud cara uno de los polos. Este periodo de 54 años era conocido también por los griegos que lo denominaron "exeligmos".

Debido a esta diferencia en la localización de eclipses sucesivas se hacía difícil en la antigüedad la predicción exacta de la región afectada por un eclipse de Sol, no así el momento en el que sucedería. En el caso de los eclipses lunares no pasaba lo mismo pues habitualmente se pueden observar en casi todo el hemisferio afectado.

Otra consecuencia de este ciclo es que por ser el movimiento del perigeo tan ajustado al período saros, dos eclipses sucesivos del mismo ciclo saros serán muy similares en cuanto a su tipología.

Un ciclo saros evoluciona a lo largo de unos 1.300 años, durante los cuales produce unos 80 eclipses de Sol y otros tantos de Luna. La razón por la que cada año son visibles varios eclipses en la Tierra es que en todo momento hay varios ciclos

saros activos, de forma que se solapan sus eclipses. Se superponen unas 42 series de eclipses en cada momento.

En los cánones de eclipses, obras en las que se recogen con precisión las efemérides de todos los eclipses de Sol y de Luna con su localización geográfica precisa, los diferentes ciclos saros reciben una numeración única. Dentro de cada saros los eclipses sucesivos van evolucionando de una forma característica. Para entenderlo mejor vamos a estudiar más en detalle el ciclo 134. Entre otros, incluye el eclipse anular de Sol observado en la Península Ibérica el 2 de octubre de 2005. La siguiente tabla recoge todos los eclipses solares pertenecientes a este ciclo.

Nº	Fecha			Hora	Tipo	Mag.	Latitud (°)	Longitud (°)	Altura Sol (°)	Anchura sombra (km)	Duración centro (mm:ss)
1	22	Jun	1248	18:59	Pb	0,023	65,2 S	125,9 W	0		
2	04	Jul	1266	02:29	P	0,159	64,3 S	111,8 E	0		
3	14	Jul	1284	10:00	P	0,292	63,4 S	10,4 W	0		
4	25	Jul	1302	17:35	P	0,418	62,7 S	133,5 W	0		
5	05	Ago	1320	01:13	P	0,537	62,1 S	102,8 E	0		
6	16	Ago	1338	08:56	P	0,648	61,6 S	22,0 W	0		
7	26	Ago	1356	16:46	P	0,747	61,2 S	148,2 W	0		
8	07	Sep	1374	00:42	P	0,834	61,0 S	83,9 E	0		
9	17	Sep	1392	08:46	P	0,909	61,0 S	45,6 W	0		
10	28	Sep	1410	16:56	P	0,971	61,1 S	176,8 W	0		
11	09	Oct	1428	01:14	T S	1,028	63,0 S	61,7 E	6	-	01:31
12	20	Oct	1446	09:39	T	1,026	65,8 S	56,5 W	13	383	01:25
13	30	Oct	1464	18:09	T	1,023	68,9 S	176,3 E	17	266	01:15
14	11	Nov	1482	02:46	T	1,019	72,5 S	44,3 E	19	202	01:03
15	21	Nov	1500	11:27	T	1,016	76,4 S	91,0 W	20	159	00:52
16	02	Dic	1518	20:12	T	1,012	80,4 S	129,1 E	20	125	00:41
17	13	Dic	1536	04:57	T	1,010	84,5 S	16,3 W	20	97	00:33
18	24	Dic	1554	13:43	T	1,008	87,6 S	159,3 E	21	75	00:25
19	03	Ene	1573	22:26	H	1,006	85,9 S	55,2 W	21	57	00:20
20	25	Ene	1591	07:07	H	1,005	81,9 S	150,1 E	21	45	00:17

El ciclo saros

Nº	Fecha			Hora	Tipo	Mag.	Latitud (°)	Longitud (°)	Altura Sol (°)	Anchura sombra (km)	Duración centro (mm:ss)
21	04	Feb	1609	15:42	H	1,004	77,3 S	6,9 E	22	37	00:15
22	16	Feb	1627	00:12	H	1,004	72,3 S	131,0 W	24	34	00:15
23	26	Feb	1645	08:34	H	1,004	66,6 S	94,3 E	26	34	00:17
24	09	Mar	1663	16:48	H	1,005	60,5 S	37,1 W	29	35	00:21
25	20	Mar	1681	00:53	H	1,006	53,8 S	165,3 W	32	37	00:26
26	31	Mar	1699	08:49	H	1,007	46,8 S	69,7 E	36	38	00:32
27	11	Abr	1717	16:34	H	1,007	39,5 S	52,1 W	40	39	00:39
28	23	Abr	1735	00:11	H	1,008	32,1 S	171,0 W	44	38	00:44
29	03	May	1753	07:39	H	1,008	24,8 S	73,0 E	49	36	00:48
30	14	May	1771	15:00	H	1,008	17,8 S	40,4 W	53	33	00:49
31	24	May	1789	22:12	H	1,007	11,0 S	151,0 W	58	28	00:46
32	06	Jun	1807	05:18	H	1,006	4,7 S	100,4 E	63	21	00:38
33	16	Jun	1825	12:19	H	1,004	1,0 N	6,0 W	68	13	00:25
34	27	Jun	1843	19:17	H	1,001	5,9 N	111,0 W	72	4	00:07
35	08	Jul	1861	02:10	A	0,998	10,0 N	145,8 E	77	7	00:14
36	19	Jul	1879	09:05	Am	0,994	13,0 N	42,9 E	82	20	00:39
37	29	Jul	1897	15:57	A	0,990	15,3 N	59,0 W	86	35	01:05
38	10	Ago	1915	22:52	A	0,985	16,4 N	161,4 W	89	52	01:33
39	21	Ago	1933	05:49	A	0,980	16,9 N	95,9 E	85	71	02:04
40	01	Sep	1951	12:51	A	0,975	16,5 N	8,5 W	81	91	02:36
41	11	Sep	1969	19:58	A	0,969	15,6 N	114,1 W	77	114	03:11
42	23	Sep	1987	03:11	A	0,963	14,3 N	138,4 E	74	137	03:49
43	03	Oct	2005	10:32	A	0,958	12,9 N	28,7 E	71	162	04:32
44	14	Oct	2023	17:59	A	0,952	11,4 N	83,1 W	68	187	05:17
45	25	Oct	2041	01:35	A	0,947	9,9 N	162,9 E	66	213	06:07
46	05	Nov	2059	09:16	A	0,942	8,7 N	47,2 E	64	238	07:00
47	15	Nov	2077	17:05	A	0,937	7,8 N	70,7 W	62	262	07:54
48	27	Nov	2095	00:59	A	0,933	7,2 N	169,9 E	61	285	08:47
49	08	Dic	2113	08:59	A	0,930	7,1 N	49,0 E	60	304	09:35
50	19	Dic	2131	17:02	A	0,927	7,5 N	72,8 W	59	321	10:14
51	30	Dic	2149	01:08	A	0,925	8,6 N	164,7 E	58	334	10:42
52	10	Ene	2168	09:13	A	0,923	10,3 N	42,1 E	58	344	10:55

Nº	Fecha			Hora	Tipo	Mag.	Latitud (°)	Longitud (°)	Altura Sol (°)	Anchura sombra (km)	Duración centro (mm:ss)
53	20	Ene	2186	17:17	A	0,922	12,8 N	80,4 W	57	350	10:53
54	02	Feb	2204	01:18	A	0,922	16,0 N	157,8 E	56	353	10:38
55	12	Feb	2222	09:15	A	0,922	19,9 N	36,6 E	55	355	10:14
56	23	Feb	2240	17:06	A	0,923	24,7 N	83,0 W	54	356	09:41
57	06	Mar	2258	00:49	A	0,924	30,2 N	158,7 E	52	358	09:04
58	16	Mar	2276	08:24	A	0,925	36,4 N	42,2 E	50	362	08:24
59	27	Mar	2294	15:51	A	0,927	43,2 N	72,7 W	47	370	07:42
60	07	Abr	2312	23:08	A	0,929	50,8 N	174,6 E	43	385	07:00
61	19	Abr	2330	06:17	A	0,930	59,0 N	62,8 E	39	412	06:19
62	29	Abr	2348	13:15	A	0,932	68,1 N	48,9 W	33	465	05:40
63	10	May	2366	20:07	A	0,932	77,9 N	169,4 W	26	581	05:04
64	21	May	2384	02:50	A	0,932	80,9 N	0,5 W	13	1105	04:28
65	01	Jun	2402	09:28	P	0,884	67,8 N	136,1 W	0		
66	11	Jun	2420	15:59	P	0,748	66,8 N	115,4 E	0		
67	22	Jun	2438	22:28	P	0,608	65,8 N	8,0 E	0		
68	03	Jul	2456	04:53	P	0,463	64,9 N	98,3 W	0		
69	14	Jul	2474	11:19	P	0,319	64,0 N	155,6 E	0		
70	24	Jul	2492	17:46	P	0,176	63,2 N	49,6 E	0		
71	06	Ago	2510	00:15	Pe	0,037	62,6 N	56,8 W	0		

Esta serie saros coincide con el nodo descendente de la Luna, y ésta moviéndose hacia el norte en cada eclipse. La serie comienza con un eclipse parcial en el hemisferio Sur (el 22 de junio de 1248), terminando en el hemisferio Norte con un eclipse similar el 6 de agosto de 2510. La duración total de este saros es de 1.262,11 años. En total, esta serie aporta 71 eclipses de Sol que se pueden clasificar así:

- Eclipses parciales (P) = 17 (23,9%)
- Eclipses anulares (A) = 30 (42,3%)
- Eclipses totales (T) = 8 (11,3%)
- Eclipses híbridos (H) = 16 (22,5%)

El ciclo saros

- Eclipses totales = 71 (100%)

En el mapa de la página siguiente aparecen todos los eclipses totales y anulares de la relación anterior. De esta forma resulta más sencillo examinar la evolución del ciclo y cómo los eclipses consecutivos son bastante semejantes. También podemos ver el recorrido que sobre la superficie terrestre van trazando los eclipses. El ciclo completo barre toda la geografía planetaria de Sur a Norte, con una deriva en latitud progresiva entre eclipses.

La información del mapa es demasiada por lo que puede parecer difícil de entender. Fijémonos sólo en un pequeño número de eclipses; por ejemplo, los que están numerados del 42 al 48, más o menos. Podemos ver que cada eclipse va sucediendo más al oeste, por el hecho de que el ciclo saros no es exacto, sino que tiene un exceso de un tercio de día. Como parece lógico, cada tres eclipses del mismo ciclo la geografía del mismo casi coincide, como podemos observar con los eclipses 43 y 46, por ejemplo. También podemos apreciar que los eclipses van barriendo la superficie terrestre de polo a polo, como sucede con todos los saros. El hecho de que empiece en un determinado polo o en otro dependerá de su coincidencia con el nodo ascendente o descendente, es decir, si la Luna atraviesa el plano de la eclíptica hacia abajo o hacia arriba.

Otro detalle a tener en cuenta es que el saros se inicia de forma tímida con una serie de eclipses parciales, con el tiempo éstos se convierten en totales y anulares, volviendo a terminar con una serie de eclipses parciales hasta extinguirse completamente.

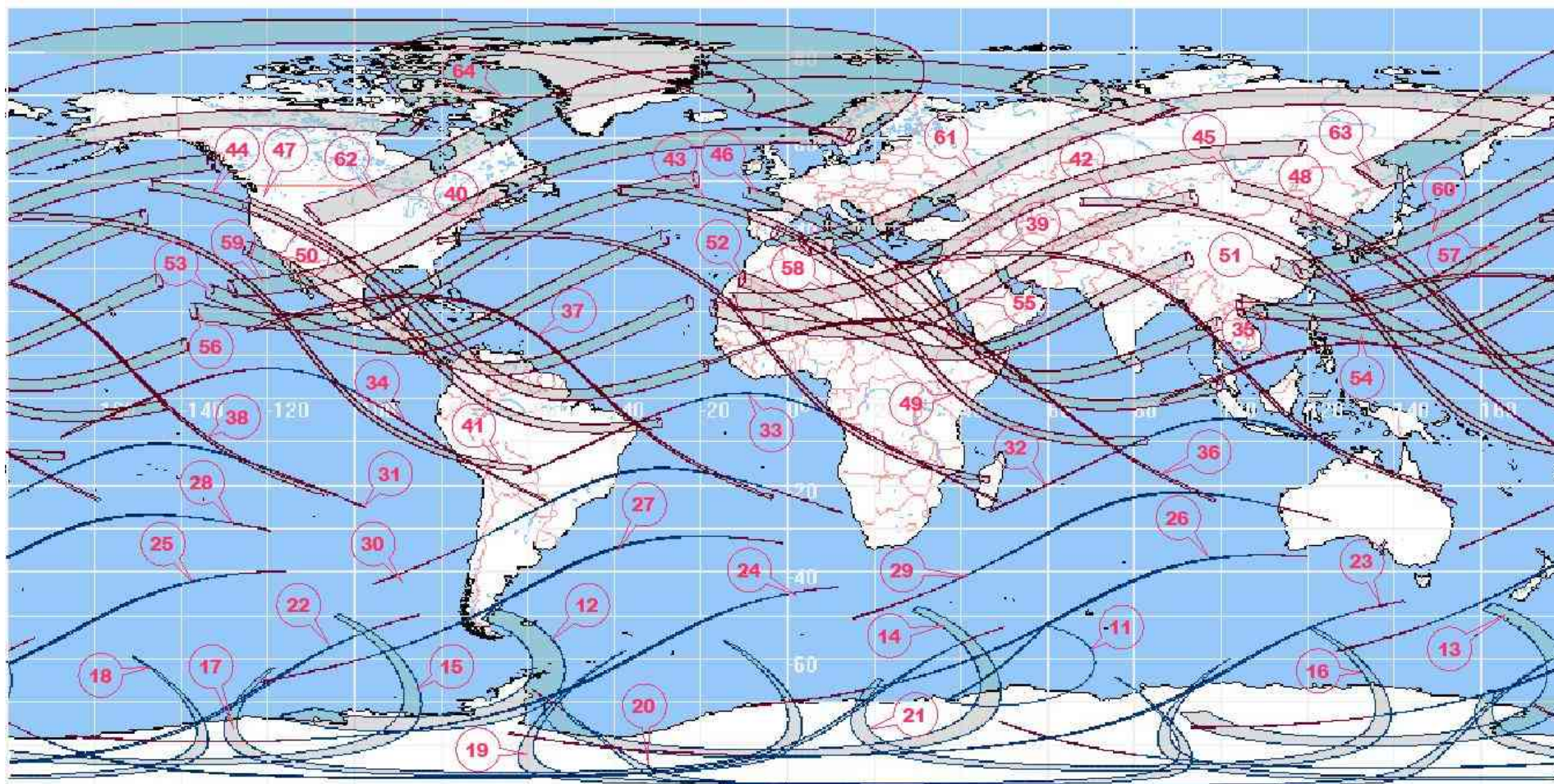


Imagen 10: el ciclo saros 134 completo.

Historia de los eclipses y de la astronomía solar

El Sol es el astro más visible en el cielo. Su importancia para la vida en la Tierra siempre estuvo clara. El calor y la luz que emite, su ausencia (en caso de nubosidad, por la noche), hacían evidente cualquier alteración grave que sufriera. Los eclipses de Sol y, en menor medida, los de Luna, fueron siempre fenómenos extraños, inesperados y temidos. Su infrecuencia fue el motivo de que hiciera falta el comienzo de la civilización para notar cierta regularidad en los mismos. Pensemos que una persona que no viaje difícilmente verá más de un eclipse importante de Sol en su vida.

Su rareza y espectacularidad los hicieron partícipes de algunos momentos históricos más o menos importantes. Además, su predicción fue siempre la prueba de fuego de todo modelo astronómico que pretendiese dar una visión coherente de la mecánica celeste. Por último, un eclipse de Sol permite apreciar características de la estrella que, habitualmente, permanecen ocultas por su enorme luminosidad.

La explicación de los fenómenos celestes que permitían entender los eclipses se consiguió con el inicio de los conocimientos astronómicos, hace apenas 2.500 años. Así y todo no fue hasta el siglo XVI que nuestra comprensión del cielo tuvo una imagen más clara. Aún así, conociendo la dificultad de la ciencia para imponerse en su explicación de la naturaleza frente a los mitos, leyendas y supersticiones religiosas incluso en tiempos bien recientes se esperaban todo tipo de calamidades con su aparición. Su conocimiento y predicción fue empleado no en pocas ocasiones para hacerlos pasar por resultados de una gran magia, hecha por magos poderosos

capaces de oscurecer el Sol o la Luna cuando, simplemente, eran los que tenían el acceso al conocimiento científico necesario.

En la cronología siguiente recogemos algunos momentos de la historia de la astronomía y de la humanidad relacionados con el Sol y los eclipses (tanto solares como lunares). Podremos apreciar mucho mejor la importancia que éstos tuvieron en nuestra comprensión de la mecánica celeste y de la naturaleza del Sol.

- El crómlech de Stonehenge (Inglaterra) data de 3000 a. C. en su primera fase constructiva. Debido a su singularidad hay una gran controversia entre los que apuestan por su significado religioso, donde las coincidencias con fenómenos astronómicos serían secundarias, y otros que afirman su naturaleza como un auténtico observatorio astronómico. Esta corriente fue iniciada en la década de 1960 por Gerald Hawkins, apoyado después por el prestigioso astrónomo británico Fred Hoyle. Con su interpretación, además de que los diferentes elementos de Stonehenge estuvieran orientados hacia los equinoccios y los solsticios (algo aceptado por todos los investigadores), elementos móviles como palos o piedras de mayor tamaño convenientemente colocados permitirían marcar los nodos lunares. Así, podrían predecirse con anticipación los eclipses de Sol y de Luna.
- En los siglos XXII-XX a. C. varias leyendas chinas hablaban del primer eclipse solar. Una de éstas narra que los astrónomos Hsi y Ho (probablemente dos semidioses) se habían equivocado al prevenir o predecir correctamente un eclipse, se cree que el anular de 22 de diciembre de 2136 a. C. Fueron mandados ejecutar por el emperador Chung K'ang. La importancia de predecir los eclipses era grande para los chinos ya que creían que éstos eran provocados por un dragón que se tragaba al Sol. El remedio, para ellos, era muy simple: hacer mucho ruido para asustar al dragón y que todo volviese a la normalidad. Y siempre tenía efecto pues el eclipse, evidentemente, terminaba antes o después.
- El primer eclipse de Sol del que se tiene constancia que fuese registrado sucedió en 1335 a. C., tal y como aparece impreso en una tabla de arcilla encontrada en las ruinas de Ugarit (ciudad-estado fenicia, hoy Ras-Shamra

en Siria). Los astrónomos caldeos documentaron los sucesivas eclipses que observaban llegando a averiguar de forma empírica el ciclo saros. Por medio de éste, es probable que fuesen capaces de predecir gran parte de los eclipses de Luna. Éstos son más sencillos de encontrar; duran más tiempo y su extensión abarca casi todo un hemisferio. De ahí que parezcan más frecuentes que los de Sol. En cuanto a éstos, resulta improbable que los babilonios pudiesen acertar en su predicción. No en lo que concierne a la fecha sino al lugar geográfico donde serían observados, pues la región de sombra es muy limitada y varía bastante de eclipse en eclipse. Del eclipse de 19 de marzo de 721 a. C. nos ha llegado mucha información, lo que nos indica que fue seguido con atención por astrónomos babilonios.

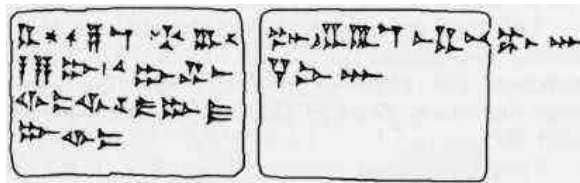


Imagen 11: tabla de Ugarit (Babilonia).

- En el año 1307 a. C. aparece el primer registro de la observación de la corona o prominencias solares durante un eclipse, en oráculos chinos grabados en huesos de la siguiente forma: “tres llamas comieron el Sol, y una gran estrella fue visible”. Este registro y otros de la época permiten confirmar la cronología de la historia china, gracias a los eclipses, de la dinastía Shang (de 1766 a 1122 a. C.) en adelante.
- El primer eclipse predicho fue el de 28 de mayo de 584 a. C. Esta predicción fue realizada por el matemático/filósofo griego Tales de Mileto. Su concurrencia durante la batalla de Halys (luchaban medas contra lidios) hizo que Aliates y Ciaxares firmaran la paz, cuando llevaban luchando 5 años. Se cree que Tales ya conocía el ciclo saros por su lectura de los datos anteriores de Nabonassar (Babilonia, 747 a. C.) y de otros del próximo oriente. Así acertó al predecir el año en que sucedería el eclipse, sin concretar la fecha. Este eclipse sería el siguiente en el ciclo saros correspondiente al que había sucedido el 18 de mayo de 603 a. C. Tales

también fue el primero en afirmar que la luz de la Luna era el reflejo de la del Sol. En las palabras de Herodoto, el historiador heleno:

«En una ocasión tuvieron una sorprendente batalla en la oscuridad, un acontecimiento que ocurrió después de cinco años de guerra sin final: los dos ejércitos ya estaban armados y la lucha en progreso, cuando el día se volvió de repente en noche. Este cambio de luminosidad en oscuridad había sido predicho por Thales de Mileto, que había fijado la fecha en los límites del año en que lo dijera, y que de hecho tuvo lugar» (Herodoto I.74).

- Alrededor del año 450 a. C. Anáxagoras introdujo el pensamiento y la tradición de Thales en Atenas. Explicó correctamente las fases de la Luna. Basándose en los movimientos de Sol y Luna dio la primera explicación racional de los eclipses. Afirmaba que «el hombre nació para contemplar los astros». Sus ideas racionalistas hicieron que fuese desterrado de Atenas.
- Durante el mismo siglo V a. C. Simplicio, filósofo griego, afirma que durante la conquista de Babilonia por Alejandro Magno, Calístenes envió a su tío Aristóteles una recopilación de todas las observaciones de eclipses realizadas durante diecinueve siglos por astrónomos caldeos. Sin embargo no quedó ninguna constancia escrita de la existencia de estos registros.
- El registro europeo más antiguo de un eclipse de Sol verificable (en este caso anular) se debe al historiador ateniense Tucídides. Describía el del 3 de agosto de 431 a. C. en su obra inacabada *Historia de la Guerra del Peloponeso*. En sus palabras:

«el Sol adoptó la forma de medialuna y se volvió lleno de nuevo. Durante el eclipse algunas estrellas se volvieron visibles».

- Tucídides también recogió el eclipse de Luna de 27 de agosto de 412 a. C.: «En esta fecha, los comandantes atenienses Nicias y Demóstenes habían previsto la salida de su ejército de Siracusa. Con todo listo para la salida, sucedió el eclipse de Luna y los marineros se atemorizaron. Decidieron quedarse dos veces nueve días. Este retraso le facilitó las cosas a los

siracusanos, que pudieron capturar y destruir por completo la flota ateniense». Se calcula que murieron 29.000 soldados y fueron destruidos 200 barcos, un desastre para la armada helena.

- El eclipse solar de 21 de junio de 400 a. C. (recogido por el poeta Quintus Ennius), el eclipse lunar recogido por Pydna en Macedonia entre el 21 y 22 de junio de 168 a. C. y un eclipse de 190 a. C. permitieron determinar la posición de los meses del calendario romano en el año natural.
- Los egipcios desarrollaron una serie de cálculos astronómicos muy precisos. Especialmente en lo que se refiere a la medición de la duración del día, el mes y el año (tanto lunar como solar). Sin embargo, no hay constancia de que llevaran un registro de eclipses con el fin de poder predecir los futuros. Sí se encontraron varios jeroglíficos que, precisamente, atribuyen a la aparición de eclipses toda clase de catástrofes. Incluso alguno donde se hace mención a "una gran contienda a pesar de no suceder ningún eclipse". En el siglo III a. C., el escritor griego Diógenes de Apolonia relata que los astrónomos egipcios de los faraones tenían registros con 373 eclipses de Sol y 832 eclipses de Luna. Pero estos registros no han perdurado hasta nosotros.
- En 150 a. C., Claudio Ptolomeo (en Alejandría) publica su *Gran Sintaxis Matemática*, más conocida como *Almagesto*, el tratado astronómico más importante de la antigüedad. Los cálculos de eclipses solares y lunares son realizados a partir de sus movimientos aparentes, en vez de basarse en su repetición periódica. Al mismo tiempo, la cronología de la lista de reyes de Ptolomeo que nos indica las series de Babilonia de 747 a 539 a. C., Persia de 538 a 324 a. C., Alejandría de 323 a 30 a. C. y Roma de 30 a. C. en adelante fue confirmada por referencias a los eclipses.
- Hiparco de Nicea, astrónomo heleno, estimó en el año 130 a. C. la distancia de la Luna con un error de solo el 13%, corrigiendo los cálculos previos de Aristarco (que se había valido de la observación de eclipses lunares). Hizo el cálculo sirviéndose de la posición de la sombra lunar durante un eclipse de

Sol. También fue el primero en notar la precesión de los equinoccios mediante el estudio de los eclipses lunares, mejorando mucho su predicción.

- En el año 29 d. C., la tradición sitúa un eclipse durante la crucifixión de Jesús. En la Biblia, cita de Lucas, 23-44 referente a la crucifixión de Cristo, se recoge que «era ya alrededor de la sexta hora cuando, al eclipsarse el Sol, se hizo la oscuridad en toda la Tierra, hasta la novena hora». La crucifixión tuvo lugar un par de días antes de Pascua. Ésta se celebra coincidiendo con la Luna llena, lo que hace imposible que unos días antes haya un eclipse (que ocurre sólo en la Luna nueva). Lo mismo sucedería si el eclipse fuese de Luna, pues esto implica que sería Luna llena y coincidiría, precisamente, en la Pascua.
- El 17 de julio de 334, Firmico Materno (Sicilia) fue el primero en informar de las prominencias solares, tal y como las vio durante un eclipse anular.
- El historiador Philostorgiusm (Asia Menor) informa del descubrimiento de un cometa el 19 de julio de 418, el primero observado durante un eclipse de Sol. Al oscurecerse el día pueden verse las estrellas que hay cerca del Sol y, como en este caso, encontrar un cometa.
- Los primeros registros españoles de eclipses datan de la época visigoda, del año 612. El rey visigodo Sisebuto, recién llegado al poder, solicita al hombre más sabio de su tempo, San Isidoro de Sevilla, una explicación racional para los eclipses. Desde el año 601 se pudieron observar desde Toledo más de una docena de eclipses de Luna de todo tipo, además de seis eclipses parciales de Sol (alguno de gran magnitud pues llegó al 97%). El libro escrito por San Isidoro, *de Rerun Natura*, es un tratado genérico de astronomía con una atención especial a la explicación de los eclipses. Esta publicación, junto con la contestación del rey, la *Epístola Sisebuti*, en la que aclara muchos de los conceptos expuestos por San Isidoro, se conocen desde entonces como una sola obra, dada su interrelación. Partiendo de la mecánica geocentrista de Aristóteles dan una explicación bastante coherente de los eclipses de Luna (apenas mencionan los eclipses solares). Lo curioso es que hablan de una "pirámide" de sombra, no del habitual cono

de sombra. Esto puede deberse a una equivocada idea de que la Tierra tenía una forma plana (algo improbable dada la tradición sobre la esfericidad de todos los astros) o, simplemente, un incorrecto empleo del término. Los eclipses de Sol también tratan de ser explicados con el mismo mecanismo. Pero el empleo de órbitas circulares daría lugar siempre a la existencia de eclipses anulares, al no haber variación en las distancias relativas entre los astros implicados.

- De importancia histórica en España fue el eclipse de 939, en plena reconquista. Sucedió durante la batalla de Simancas, entre el rey de León Ramiro II y el califa Ad al-Rahman III. El pánico provocó una desbandada en los dos bandos y un retraso de tres días en la lucha. Finalmente ganaron los cristianos. Ad al-Rahman III ordenó crucificar a trescientos oficiales en Córdoba, por cobardes.
- En el siglo X, las crónicas de Constantinopla son las primeras en recoger la descripción de la corona solar, en el eclipse total de 22 de diciembre de 968.
- Las aportaciones de astrónomos árabes durante la Edad Media fueron muy relevantes. En los observatorios de Damasco y Bagdad se seguía meticulosamente el movimiento de los astros. Los eclipses se registraban cuidadosamente, hasta el punto de que se anotaban en documentos firmados, bajo juramento, por una comisión de astrónomos y juriconsultos. Al-Biruni fue el astrónomo más importante de su tiempo, contando además con el favor de sucesivos califas. Mantuvo correspondencia con Abu I-Wafa al-Buzdjani, astrónomo que vivía en Bagdad. Acordaron la medición común del eclipse lunar del 24 de mayo de 997, con el fin de poder precisar la longitud geográfica de estas localidades con la mayor precisión. Establecieron la diferencia horaria de los tiempos locais de Kath y Bagdad en una hora (5 minutos menos que el valor correcto), el equivalente a 15 grados (un veinticuatroavo de 360 grados). Sin embargo habían sido los griegos los primeros en anticipar que la longitud geográfica se podía medir mediante la observación simultánea de un eclipse de Luna desde varios lugares. Como esto requería una gran planificación y predicción de los eclipses, tardó mucho en poder ser puesto en práctica. La astronomía árabe

adquirió gran impulso por la necesidad de conocer con precisión los movimientos de la Luna (el calendario árabe es lunar) y para la orientación de los diferentes edificios religiosos. Su progreso también se vio favorecido por el acceso directo a los tratados clásicos de Ptolomeo, Aristarco, Hiparco... muchos de los cuales llegaron a nosotros por sus traducciones.

- En los siglos XV y XVI aparecieron en Europa central expertos constructores de relojes monumentales en los que la información horaria era lo menos importante. En estos relojes abundaban las esferas, las agujas, los adornos... que permitían obtener mucha más información con una atenta mirada. Algunos muy conocidos, por diversos motivos, son los de Múnster, Bourges, Lübeck, Chartres, Praga... Permitían conocer la fase lunar, el signo zodiacal, la fecha... e, incluso, aparecían diversas figuritas coincidiendo con las señales horarias. Algunos contaban con una esfera secundaria que permitía la predicción de eclipses. Dos agujas indicaban los movimientos medios del Sol y de la Luna. Una tercera aguja (a veces con una significativa forma de dragón) indicaba los nodos lunares, es decir, los puntos de intersección de los planos de las órbitas lunar y terrestre. Estos nodos recorren los signos zodiacales de forma regular cada 18,5 años (recordemos el período saros). Cuando las agujas del Sol y de la Luna coincidían con la aguja del dragón, podría haber un eclipse de Sol. De forma equivalente, había un eclipse de Luna cuando la aguja del Sol coincidía con la cabeza del dragón y la de la Luna con la cola (o viceversa).



Imagen 12: reloj monumental de la catedral de Strasbourg (Francia), construido en el s. XIX imitando modelos medievales. En la esfera grande, las agujas corresponden al Sol y a la Luna.

- En la conquista de América los eclipses también tuvieron su protagonismo. Cristóbal Colón, empleando las "Efemérides" de Johann Müller "Regiomontano" (traductor y crítico del "Almagesto" de Ptolomeo), se sirvió de su conocimiento del eclipse lunar que iba a suceder en la noche del 29 de febrero de 1504. Estaba por entonces pasando una situación apurada tras varar su barco en las costas de Jamaica. Los indígenas les habían negado ayuda y víveres a Colón y sus hombres. Con la llegada del eclipse, Colón les hizo creer que sus rezos y su poder devolverían la Luna a la normalidad, consiguiendo así todo lo que precisaba. La historia fue recogida en las crónicas de su hermano, aunque hay autores que le niegan validez.
- Las profecías aztecas anunciaban que al acabar el reinado de Moctezuma volvería el dios Quetzalcoátl, en la forma de hombre blanco. Lo expresaban de la siguiente forma: «De aquí a muy pocos años nuestras ciudades serán destruidas y assoladas, nosotros y nuestros hijos muertos...» En 1510, tres años después de la llegada al poder de Moctezuma, se sucedieron un eclipse de Sol y la aparición de un cometa. Al pouco, Hernán Cortés

desembarcó en las costas de México, siendo tomado por un dios. Poco les duró a los aztecas esta falsa idea sobre los conquistadores.

- El astrónomo germano Johannes Kepler, en 1605, es el primero en estudiar científicamente la corona solar. Plantea la hipótesis de que era luz reflejada de la materia existente alrededor del Sol. Curiosamente se basaba en informes de eclipses de otros astrónomos, pues él nunca había visto uno.
- En 1611 Galileo Galilei descubre las manchas solares. Un año antes y, de forma independiente, J. Fabricius ya las había observado, siendo además el primero en publicar este hallazgo. De esta forma se desmentía la idea aristoteliana de un Sol inalterable y libre de defectos. Ya había referencias de la observación de manchas solares a simple vista desde el siglo IV a. C., visibles sin instrumental sólo cuando son de gran tamaño. Hasta Galileo se pensaba, sin embargo, que se debían al paso de planetas por delante del Sol o a otros fenómenos no solares.
- Jean-Dominique Cassini impulsó la realización de mapas geográficos más exactos mediante la medición de eclipses lunares en diferentes localidades. Los momentos de inicio y fin del eclipse, o la entrada en sombra de algún cráter significativo, fueron usados como signos horarios. Anotando la hora local y comparando los datos con otros puntos de la Tierra se podía obtener la longitud (tal y como había hecho siglos antes al-Biruni). Empleando este método en 1634 se midió el mar Mediterráneo, descubriendo que su tamaño estaba sobredimensionado en 1.000 km.
- La publicación en 1687 de los *Principia de Philosophia Naturalis* ("Principios de Filosofía Natural"), del inglés Isaac Newton, donde se incluía la ley de la gravitación universal, permite la predicción de los eclipses a más largo plazo. Esta ley completó las anteriores leyes de Kepler, por lo que el conocimiento físico de la mecánica celeste se hizo enormemente preciso.
- Edmund Halley (Inglaterra) fue el primero en apreciar en 1695 que los lugares y fechas de los eclipses de la antigüedad no se correspondían con los cálculos modernos. Pudo concluir correctamente que la órbita de la Luna había variado ligeramente desde la antigüedad (lo que se denomina

actualmente *aceleración secular*), pero no pudo precisar su valor ni la razón de tal variación.

- De nuevo fue Halley quien el 3 de mayo de 1715, durante un eclipse observado en Inglaterra, observó el fenómeno bautizado posteriormente como "cuentas o perlas de Baily". También observó prominencias rojas y brillantes y asimetrías en la corona solar. Lo atribuyó equivocadamente a la existencia de atmósfera en la Luna o en el Sol.
- El también astrónomo inglés Richard Dunthorne, revisando los datos de los eclipses sucedidos durante los dos mil años anteriores, fue capaz de calcular que la Luna se adelantaba 10" de arco por siglo. Fue así el primero en acotar el valor de la aceleración secular que había descubierto Halley.
- Durante el eclipse total de Sol de 13 de mayo de 1733 observado en Göteborg (Suecia), Birger Wassenius fue el primero en observar las protuberancias del Sol, aunque pensó de forma errónea que eran fenómenos lunares.
- Pierre-Simon Laplace (matemático francés) demostró en 1787 que la aceleración secular de la Luna se debía a la disminución progresiva de la excentricidad de la órbita terrestre. Los cálculos realizados posteriormente por J. C. Adams en 1853 sólo explicaban así 6" de arco por siglo. El resto se debe a otras causas hoy conocidas, como el rozamiento debido a las mareas. Estos fenómenos provocan también un alejamiento de la Luna respecto de la Tierra de un centímetro anual.
- El 16 de junio de 1806, observando un eclipse en Kinderhook (New York) estaba el astrónomo español José Joaquín de Ferrer. Le dio el nombre de corona a la región más externa del Sol. Afirmaba que pertenecía al Sol y no a la Luna, debido a su enorme tamaño.
- En 1824, el prusiano Friedrich Bessel introduce una forma más fácil para predecir los eclipses. Son los denominados elementos de Bessel, una serie de cálculos matemáticos que aún hoy son empleados en los diferentes cánones de eclipses.

- El astrónomo inglés Francis Baily, durante un eclipse anular el 15 de mayo de 1836 en Escocia, llamó la atención sobre unas luces que aparecían en el límite del limbo lunar. Su descripción y correcta explicación científica motivaron que recibiesen el nombre de "perlas o cuentas de Baily".
- Hacia el año 1836 se inicia un estudio sistemático de los eclipses de Sol. Aprovechando el eclipse de 1842, vuelven a descubrirse las protuberancias solares, dándoles una interpretación más correcta que la anterior de Wassenius. Se consigue observar con claridad la cromosfera y la corona solares.
- En 1843, el farmacéutico alemán y astrónomo solar aficionado Heinrich G. Schwabe anunció que el número de manchas oscuras visibles en el disco solar parecía variar según un ciclo de 10 años. Posteriormente, J. Rudolf Wolf, director del observatorio de Zurich desde 1855, tomó nota de esta información así como de los archivos de los 150 años anteriores. Además coordinaba una red internacional de observadores del Sol que le permitió calcular un valor medio de 11,1 años para el ciclo de manchas solares, cálculo más preciso que el de Schwabe. En su honor se definió el número de Wolf para el recuento de manchas en cada instante.
- La primera fotografía astronómica de un eclipse total data del 28 de julio de 1851. Se trata de un daguerrotipo sacado por Berkowski, en Konisberg (Prusia), tras una exposición de 24 segundos. Antes que él ya lo había intentado con motivo del eclipse de 8 de julio de 1842 el astrónomo austriaco Majocci, pero sólo fue capaz de captar la parcialidad del eclipse.
- El 1 de septiembre de 1859, Richard C. Carrington y R. Hodson observaron por primera vez una fácula solar y, al día siguiente, una aurora boreal. Constataron que una tempestad magnética había llegado a la Tierra pero no llegaron a establecer una relación directa entre los dos fenómenos.
- Durante un eclipse de Sol de 1868 (observado desde Malaisia e India), el astrónomo inglés Joseph Norman Lockyer detecta un nuevo elemento químico identificando una línea espectral de emisión de color amarillo en la corona solar. Lo denominó helio en honor a Helios, el dios griego del Sol.

Lockyer fundaría al año siguiente la revista científica "Nature". El helio no sería identificado en la Tierra hasta 27 años después por William Ramsay.

- Durante el eclipse de 12 de diciembre de 1871, Pierre Jules Janssen hizo observaciones espectroscópicas que le permitieron demostrar que la corona pertenecía al Sol. También pudo afirmar que estaba compuesta de gases y partículas más frías. Tras la observación del eclipse de 29 de julio de 1878, Janssen convenció a los astrónomos de que la corona estaba relacionada con el ciclo de manchas.
- Durante la segunda mitad del siglo XIX se aprovecharon varios eclipses totales para buscar Vulcano, un hipotético planeta que se creía estaba entre Mercurio y el Sol. El astrónomo francés Urbain Le Verrier había calculado su posible trayectoria basándose en las perturbaciones que se apreciaban en el movimiento de Mercurio. Sin embargo, estas perturbaciones se debían al efecto gravitatorio del Sol como explicaría en el siglo XX la teoría de la relatividad general de A. Einstein. Más suerte tuvo Le Verrier con la predicción de la existencia de Neptuno, basándose también en las perturbaciones en la órbita de Urano. Por este descubrimiento, compartido con el astrónomo británico Adams, pasaría a la historia.
- Revisando los eclipses de los siglos XIX y XX en la ciencia española podemos examinar la importancia de la astronomía en el país. El que tuvo lugar el 8 de julio de 1842 pasó desapercibido por las malas condiciones meteorológicas y de la astronomía nacional. Aún reciente la invasión napoleónica, el Observatorio Astronómico de Madrid permanecía abandonado. No fue lo mismo para el eclipse de 1860, donde un observatorio reconstruido permitió hacer interesantes trabajos. Empezaron a usarse espectroscopía y polarimetría, además de superar las limitaciones de la daguerrotipia. En el eclipse de 1900 se realizaron imágenes fotográficas excelentes de la corona solar.
- Los comienzos del siglo XX fueron excepcionales para la astronomía española. En menos de 15 años disfrutamos de tres eclipses totales: el 28 de mayo de 1900, el 30 de agosto de 1905 y el 12 de abril de 1912. Se

contaba en España ya con un considerable número de observatorios de astronomía: la Cartuja, Granada, Fabra (Barcelona) y Ebro (en Roquetas, Tarragona). Este último había sido inaugurado para el eclipse de 1905, pues estaba en su línea central de totalidad. El astrónomo Josep Comas i Solà pudo analizar el espectro de las protuberancias, llegando incluso a grabarlo con un cinematógrafo en el eclipse del año 1912.

- El eclipse de Sol más famoso fue, sin duda, el sucedido el 29 de mayo de 1919. El astrónomo británico Arthur Eddington viajó a la isla Príncipe, en Sudáfrica, con el objetivo de fotografiar el eclipse total. Examinándolas descubrió que una estrella no estaba en la posición que le correspondía. Era la prueba de una de las conclusiones más sorprendentes de la Relatividad General de Albert Einstein (publicada en 1916), la curvatura del espacio-tiempo debida a una gran masa, de forma que hasta la luz se ve obligada a cambiar su trayectoria (ver el esquema de la ilustración inferior). La publicación de este hallazgo llevó a la fama mundial a Einstein y a la divulgación de sus teorías.

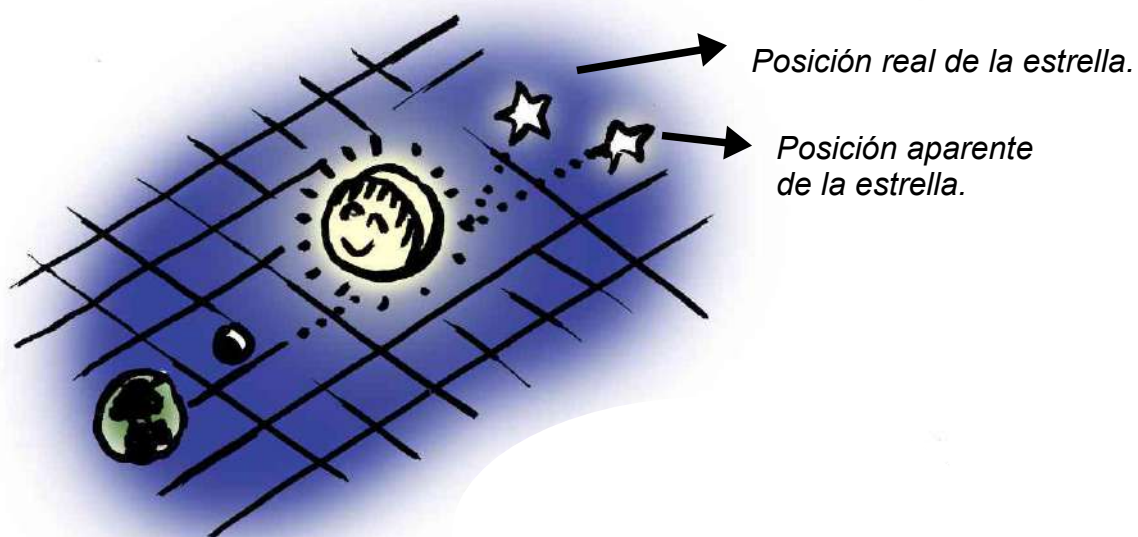


Imagen 13: esquema (exagerado) de la curvatura del espacio observable en un eclipse total de Sol.

- El estudio de la corona solar precisa un eclipse total de Sol pues la gran luminosidad de la estrella enmascara toda su anatomía. Con la idea de poder prescindir de la necesidad de los eclipses, el astrónomo francés Lyot inventó el coronógrafo en 1930. Era un dispositivo muy ingenioso, consistente en un disco opaco que, en el interior de un telescopio, se hacía girar hasta ocultar el Sol simulando un eclipse. Así se podía estudiar la corona solar y las protuberancias en cualquier momento. Aún hoy se emplean los coronógrafos para el estudio del Sol, tanto con los telescopios terrestres como con los que están en el espacio. Un ejemplo es el Soho.

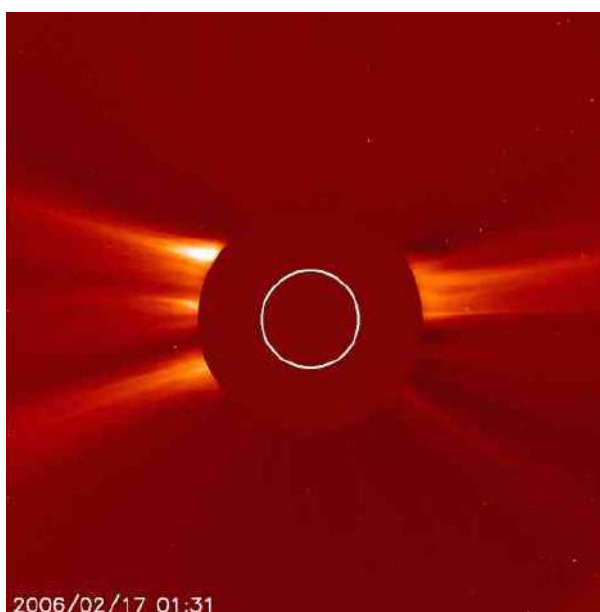
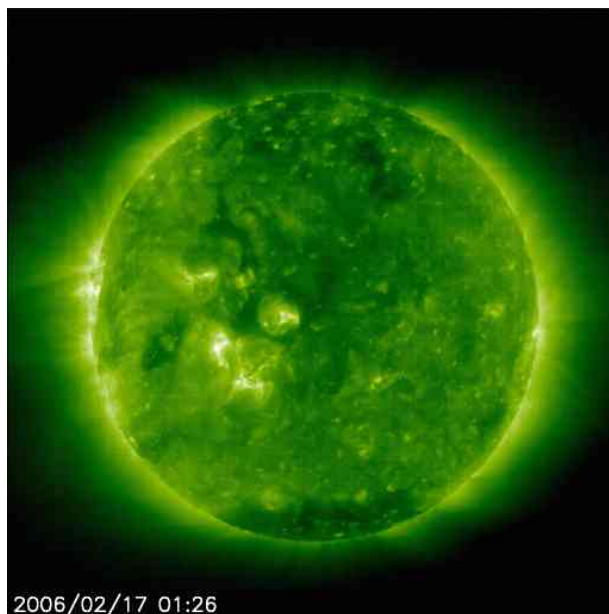
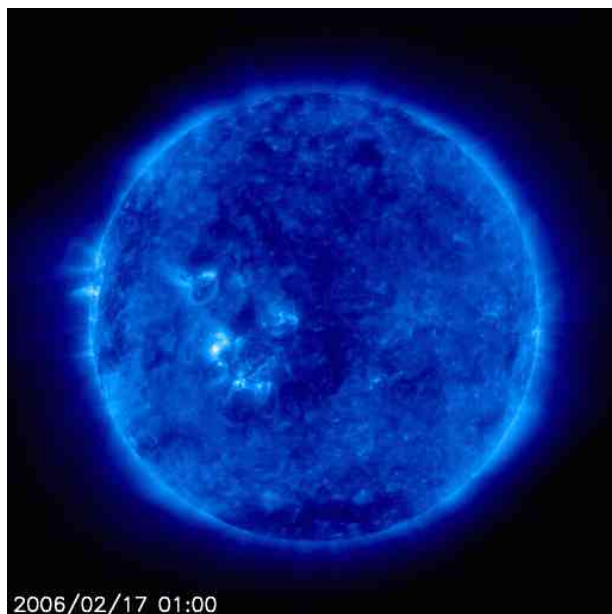


Imagen 14: imagen del Sol tomada por el Soho, tapado por un coronógrafo. El círculo blanco se corresponde con el Sol.

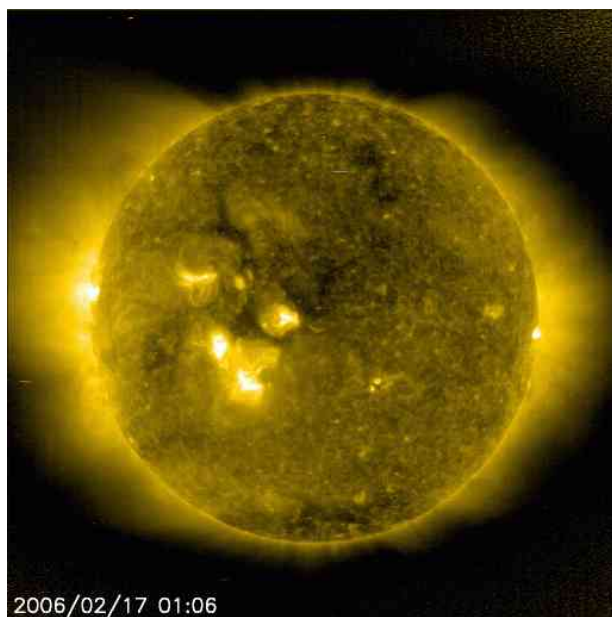
- En el eclipse solar de 9 de septiembre de 1945, los astrónomos canadienses J. F. Jeard y P. M. Millma obtuvieron varias fotos de la corona y del espectro solares. Se sirvieron de un avión que viajó por encima de las nubes, evitando así la situación en la Tierra donde la nubosidad impedía ver el eclipse.

- Aún hoy los eclipses de Sol traen nuevos descubrimientos. El premio Nobel de economía Maurice Allais observó, en 1958, que la velocidad de giro de un péndulo de Foucault aumentaba unos 13° más de lo que debería durante un eclipse.
- En 1959 en Canarias se observa un eclipse total de Sol. La repercusión en la comunidad astronómica de la época se aprovecha para la creación oficial del Observatorio Astronómico del Teide, que tendría su estreno con el estudio de este eclipse.
- El 2 de diciembre de 1995 fue enviado al espacio el Soho, observatorio solar fruto de la colaboración conjunta de la NASA y la ESA (Agencia Espacial Europea). Desde entonces, la información y nuestro conocimiento del Sol cambió radicalmente. Se llega a predecir con tres días de anticipación las perturbaciones en la actividad solar que pueden afectar a la Tierra (en forma de viento solar, chorros de neutrinos...). El Soho equipa varios aparatos que aportan la visión del Sol en tiempo real mediante diferentes técnicas, incluyendo coronógrafos, heliosismógrafos, cámaras de diferentes longitudes de onda, magnetómetros... La observación sistemática del Sol permite predecir, por ejemplo, la emisión de partículas solares con origen en los diferentes procesos internos de nuestra estrella. Con estas predicciones pueden adoptarse las medidas preventivas de los aparatos electromagnéticos en la Tierra, de los satélites artificiales, de las redes de telefonía móvil, las redes eléctricas... que se verían seriamente afectados por estas radiaciones.



Telescopio de ultravioleta extremo; longitud de onda de 171 Ångstrom (corresponde a una temperatura de 1 millón Kelvin).

Como la anterior, con una longitud de onda de 195 Ångstrom y 1,5 millones Kelvin.



Como las anteriores, con una longitud de onda de 284 Ångstrom y 2,8 millones Kelvin.

Empleando el Michelson Doppler Imager, que permite examinar las manchas solares.

Imagen 15: imágenes del Sol, con diferentes instrumentos de la sonda Soho.

- El siglo XX supuso la aparición de una nueva clase de aficionados a la astronomía: los cazadores de eclipses. La mejora continua de los medios de comunicación, la exacta predicción de los lugares, fechas y condiciones

meteorológicas de los eclipses permiten que, bien por motivos científicos o aventureros, los interesados puedan disfrutar durante su vida de varias decenas de eclipses totales y anulares de Sol. Además, la proliferación de las agrupaciones astronómicas y su contribución a la divulgación científica facilita aún más los viajes de grupos interesados en contemplar estos fenómenos en cualquier parte del mundo. Son muy conocidos el estadounidense Fred Espenack (tiene el apodo de Mr. Eclipse) y el belga Patrick Poitevin.

- El siglo XXI empezó bien en España con el eclipse anular del 5 de octubre de 2005. Su impacto mediático fue acorde con el tratamiento dedicado a los grandes eventos sociales y culturales. En todo el país se multiplicaron los actos de visión colectiva, las charlas, las explicaciones del fenómeno... Toda la prensa publicó extensos reportajes con las explicaciones científicas del eclipse, con referencias históricas más o menos acertadas y una cobertura por todo el planeta. Fruto de este eclipse fue, precisamente, la edición preliminar de esta publicación.
- El 29 de marzo de 2006 hubo en la península un eclipse parcial correspondiente a un eclipse total que atravesó Rusia, Turquía y África. El grado de parcialidad estuvo entre el 50% de la costa mediterránea y el 30% de Galicia. Veinte años después disfrutaremos de tres eclipses consecutivos en los años 2026, 2027 (totales) y 2028 (anular). Su distribución por la geografía peninsular será variable.

Efemérides de los eclipses

La previsión de los eclipses futuros se hace hoy de forma precisa y casi perfecta. Las nuevas aplicaciones informáticas son capaces de generar, además, mapas de localización del territorio afectado con una antelación hace unos años insospechada. Por desgracia, tras unos años en los que pudimos gozar en España de varios eclipses de mayor o menor importancia, se extienden por delante de nosotros varios años de sequía. El premio vendrá en la década de los años 20, cuando podremos disfrutar de tres eclipses auténticamente espectaculares.

En cuanto a los eclipses más recientes, el 11 de agosto 1999 pudimos contemplar desde Galicia un eclipse parcial, con un 65% de ocultación. No fue perceptible a simple vista sino por métodos indirectos o directos de observación adecuada. En el resto de España fue superior el grado de ocultación, especialmente en las zonas limítrofes con Francia. Precisamente en este país y en toda Centroeuropa el eclipse fue total. El hecho de ser una de las zonas más habitadas y más avanzadas del mundo hizo de este eclipse el más visto y difundido de la historia. Su coincidencia en pleno verano favoreció además que las condiciones meteorológicas fueran ideales.

El 3 de octubre de 2005 disfrutamos de un espectacular eclipse anular de Sol. Su repercusión mediática fue ejemplar, convirtiéndose en un momento ideal para la difusión científica. Sin la magnitud de un eclipse total fue una experiencia gratificante y enriquecedora, fruto de la cual surgió precisamente la escritura de este libro.

Para encontrar un eclipse que sea comparable al anular del pasado 3 de octubre de 2005 tenemos que remontarnos muy atrás, hasta 1777 cuando un eclipse anular solo rozó la costa gallega. El anterior de tipo anular claramente visible aún había

Efemérides de los eclipses

sucedido el 1 de abril de 1764, hace ya 242 años (prácticamente, dos siglos y medio). En el resto de España, hubo varios totales en el siglo XX, como ya vimos.

ECLIPSES FUTUROS HASTA EL 2030			
Fecha	Tipo	Duración	Lugares
29/III/2006	total	04 min 07 s	Brasil, Norte de África, Asia central, Mongolia
22/IX/2006	anular	07 min 09 s	Sudamérica, África occidental, Antártida
19/III/2007	parcial	--	Asia, Alaska
11/IX/2007	parcial	--	Sudamérica, Antártida
7/II/2008	anular	02 min 12 s	Antártida, Australia, Nueva Zelanda
1/VIII/2008	total	02 min 27 s	Norteamérica, Europa, Asia
26/I/2009	anular	07 min 54 s	Sudáfrica, Antártida, Sudeste Asia, Australia
22/VII/2009	total	06 min 39 s	India, China y Pacífico. El más largo del s. XXI
15/I/2010	anular	11 min 08 s	África, Asia
11/VII/2010	total	05 min 20 s	Sudamérica
4/I/2011	parcial	--	Europa, África, Asia Central
1/VI/2011	parcial	--	Islandia, Norteamérica, Asia Oriental
1/VII/2011	parcial	--	Océano Índico
25/XI/2011	parcial	--	Sudáfrica, Antártida, Nueva Zelanda
20/V/2012	anular	05 min 46 s	Pacífico, Asia, Norteamérica
13/XI/2012	total	04 min 02 s	Australia, Nueva Zelanda, Sudamérica, Pacífico sur
10/V/2013	anular	06 min 03 s	Australia, Nueva Zelanda, Pacífico central
3/XI/2013	híbrido	01 min 40s	América oriental, Sur de Europa, África
29/IV/2014	anular	--	Sur de India, Australia, Antártida
23/X/2014	parcial	--	Pacífico norte, Norteamérica
20/III/2015	total	02 min 47 s	Atlántico norte, Noruega, Polo Norte
13/IX/2015	parcial	--	Sudáfrica, sur de India, Antártida
9/III/2016	total	04 min 09 s	Sur de Asia, Pacífico
1/IX/2016	anular	03 min 06 s	África
26/II/2017	anular	00 min 44 s	Sudáfrica, Sudamérica
21/VIII/2017	total	02 min 40 s	Norteamérica
15/II/2018	parcial	--	Antártida, Sudamérica
13/VII/2018	parcial	--	Sur de Australia
11/VIII/2018	parcial	--	Norte de Europa, norte de Asia

ECLIPSES FUTUROS HASTA EL 2030			
6/I/2019	parcial	--	Asia oriental
2/VII/2019	total	04 min 33 s	Sudamérica
26/XII/2019	anular	03 min 39 s	Sur de Asia
21/VI/2020	anular	00 min 38 s	Sur de Asia
14/XII/2020	total	02 min 10 s	Sur de América
10/VI/2021	anular	3 min 30 s	Canadá, Polo Norte y Rusia.
4/XII/2021	total	1 min 37 s	Antártida
30/IV/2022	parcial	--	Sudamérica
25/10/2022	parcial	--	Europa, Asia y África del norte.
20/IV/2023	total	1 min	Oceanía
14/X/2023	Anular	5 min	América
8/IV/2024	Total	4 min 7 s	Norteamérica
2/X/2024	Anular	7 min 18 s	Pacífico y Sudamérica
29/III/2025	Parcial	--	Europa y Terranova
21/IX/2025	Parcial	--	Pacífico y Antártida
17/II/2026	Anular	2 min 19 s	Antártida
12/VIII/2026	Total	2 min 16 s	Europa y Norteamérica
6/II/2027	Anular	7 min 43 s	Sudamérica, Pacífico y Atlántico sur
2/VIII/2027	Total	6 min 19 s	Europa, África y Asia
26/I/2028	Anular	9 min 50 s	Sudamérica, Atlántico y Europa del sur
22/VII/2028	Total	4 min 53 s	Oceanía
14/I/2029	Parcial	--	Norteamérica
12/VI/2029	Parcial	--	Círculo Polar Ártico
11/VII/2029	Parcial	--	Sudamérica
5/12/2029	Parcial	--	Antártida
1/VI/2030	Anular	5 min 20 s	Europa
25/XI/2030	Total	3 min 39 s	África, Índico y Oceanía

Tabla 1: eclipses de Sol en el mundo (elaboración a partir de datos de la NASA, cánones de eclipses y cálculos propios).

Qué se ve en un eclipse de sol

Lo más evidente es, a veces, lo que más desapercibido nos pasa. La sombra de la Luna sobre la superficie solar tiene la forma de la Luna, es decir, es circular. Un indicio de la redondez de nuestro satélite, tal y como un eclipse de Luna nos indica la redondez de la Tierra (idea anticipada por Aristóteles).

Durante un eclipse los fenómenos que podemos ver y analizar son variados. Algunos pueden ser apreciados a simple vista por cualquiera. Otros necesitan del empleo de aparatos de medición, fotografías, telescopios... Clasificando en detalle los diferentes fenómenos tenemos:

1. Alteraciones ambientales.

- Disminución de la temperatura.
- Cambio en la presión.
- Alteraciones en la humedad relativa y en la conductividad del aire.

2. Efectos ópticos.

- Cambio en el color y en el brillo del cielo.
- Perlas de Baily.
- Refracción por la atmósfera lunar.
- Sombras.
- Multiplicación de eclipses bajo los árboles.

Qué se ve en un eclipse de sol

- Luminosidad ambiental.

3. Partes del Sol: cromosfera, protuberancias, corona solar...

4. Alteraciones gravitatorias: efecto Allais.

Alteraciones ambientales: dado que la mayor parte de las características de la atmósfera se deben a la radiación solar, cuando ésta se altera de forma brusca varían muchos parámetros. Pueden apreciarse cambios en la temperatura, la humedad, la velocidad del viento, la presión, la conductividad...

Perlas de Baily: brillantes y breves cuentas luminosas que aparecen cerca de la totalidad, cuando el Sol se oculta por completo. Suelen aparecer en forma de cadena. Se deben a la refracción de la luz solar a través de los valles y cráteres lunares del limbo, tal y como había explicado Baily. En un eclipse anular también se pueden observar; especialmente en las zonas geográficas donde los discos del Sol y de la Luna sean tangentes más tiempo. También en los momentos de entrada y salida de la Luna del disco solar (llamados 1º y 3º contactos).



Imagen 16: perlas de Baily durante un eclipse total de Sol.

Sombras: durante un eclipse anular las sombras que proyectan los objetos no son tan definidas como es habitual; presentan una serie de contornos difusos y extraños. En un eclipse total, justo antes de la totalidad la escasa luz provoca sombras en forma de bandas ondulantes visibles sobre superficies claras, debido a un fenómeno de interferencia con la atmósfera terrestre.

Multiplicidad de eclipses: es un efecto que aparece bajo los árboles, pero también a través de los agujeros de las persianas... Se debe al efecto de cámara oscura (“pinhole” en inglés) provocado por la luz que atraviesa los pequeños espacios entre las hojas. Se forman un montón de medias lunas en el suelo, que se convierten en anillos si el eclipse llega a ser anular. Este efecto, acompañado del descenso de la luminosidad que ya se hace aparente, ayuda a crear un ambiente realmente extraño y casi mágico.



Imagen 17: sombras de media luna.

Qué se ve en un eclipse de sol



Imagen 18: sombras de un eclipse anular.

Refracción por la atmósfera lunar: más difícil de apreciar. Se trata de distorsiones en las manchas solares mientras la Luna las va ocultando. Se debe a la refracción de la débil atmósfera lunar.

Luminosidad ambiental: la luz va disminuyendo muy lentamente por lo que el ojo apenas lo aprecia, hasta que el descenso es significativo. Aunque el eclipse no sea total, en su máximo se puede notar el descenso de luz. Ésta también puede adquirir tintes metalizados. El descenso en la luminosidad empieza a ser más evidente a partir del 80% de ocultación, entre 15 y 20 minutos antes de la totalidad.

Partes del Sol: durante la totalidad es el único instante en que se puede mirar un eclipse sin peligro y sin protección. Es el momento de observar la corona solar, las protuberancias de la cromosfera, los chorros de partículas... si tenemos suerte, claro.

Efecto Allais: en 1954, el físico francés Maurice Allais (sería premio Nobel de Economía en 1988 por otras investigaciones) observó alteraciones de la gravedad durante un eclipse total de Sol. Exactamente, una variación de unos 13° en el giro de un péndulo de Foucault. Este fenómeno sería estudiado en profundidad por la NASA en un eclipse posterior, mediante expediciones enviadas a 7 países y empleando 11 péndulos. En algunos se observó este fenómeno, pero no en todos. Aún no se conocen sus causas exactas. Su estudio puede tener enormes implicaciones en lo que se refiere a la naturaleza de las ondas gravitatorias (postuladas en la física teórica actual).

En los eclipses totales pueden verse también otros fenómenos. La ya mencionada corona solar y las llamaradas (si coincide alguna) al estar el Sol completamente oculto. Los animales reaccionan de forma extraña ante la repentina llegada de la noche, dirigiéndose hacia el lugar donde duermen. Algunas plantas también se comportan como si fuera de noche, cerrando las flores. Las estrellas y los planetas más brillantes empiezan a verse en el cielo.

Antes de la ocultación total se observa una última luz de color rojo correspondiente a la emisión de la cromosfera. Casi de repente aparece una diadema blanca o amarilla pálida con espectaculares estructuras en forma de chorro, penacho o abanico. Se extienden alrededor del disco pudiendo llegar a 3 o 4 veces el radio del Sol. Ésta es la corona, la capa solar más externa, habitualmente invisible pues su brillo es un millón de veces menor que el del disco solar. Tras un periodo de ocultación que varía entre unos segundos y unos minutos (dependiendo del eclipse) se produce el proceso inverto al descrito.

Mientras evoluciona el eclipse podemos aprovechar para ver las manchas solares (si hay alguna en ese momento), su deformación al acercarse la sombra, explicar su significado, introducir términos como el número de Wolf, tomar tantas fotografías como podamos, medir los tiempos... Durante el resto del año podemos realizar más actividades sobre este tema. Podemos comparar nuestros resultados (incluso en tiempo real) con las observaciones del satélite Soho (disponibles por Internet).

Lo que sí es seguro y no depende ni del observador, ni de los aparatos empleados, ni del clima que haya, es que no se producirá ningún tipo de desgracia personal, ni catástrofe natural, ni fenómeno extraño, ni el final de la humanidad, ni... Sólo una experiencia única y especial que nos vincula a los tiempos mágicos de nuestros antepasados, cuando los eclipses de Sol eran considerados un fenómeno inexplicable y extraordinario.

Sol y salud

El Sol es el origen de la vida tal y como la conocemos. También es el responsable de mantenerla día a día con su radiación. Sin embargo, esta radiación solar también puede tener efectos muy perjudiciales para nuestra salud. Más aún si consideramos que para ver un eclipse de Sol, o hacer astronomía solar, vamos a estar expuestos de forma irremediable. En este libro mencionamos muchas veces la importancia de proteger la vista en todo momento. Recordemos que los primeros astrónomos observaban alegremente al Sol a través de sus aparatos (catalejos y telescopios de pocos aumentos) con consecuencias nefastas; Galileo Galilei acabó ciego al final de sus días.

Vamos a analizar en detalle los riesgos concretos para la salud que hay al observar los eclipses. No con ánimo de amedrentarnos, al contrario; para entender mejor la necesidad de protegernos convenientemente.

Los ojos.

La radiación solar que llega a la superficie de la Tierra posee un espectro electromagnético que va del rango del ultravioleta (longitud de onda de 290 nm) hasta las ondas de radio (longitud de onda de 1 metro). A través de los tejidos oculares se transmite una parte considerable de radiación entre los 380-400 nm que llega hasta el fondo de la retina. Está demostrado que la exposición a la radiación ultravioleta contribuye al envejecimiento acelerado de las capas más externas del ojo y a la aparición de cataratas. Así que lo primero y más importante al respecto de la visión de

un eclipse es evitar que se produzca una "ceguera de eclipse" o quemaduras retinales por el empleo de métodos poco apropiados.

La luz entra en el ojo por la pupila. Cuando la intensidad luminosa es muy alta, la pupila se contrae para dejar pasar poca luz, solo la necesaria para ver correctamente. Si reducimos la intensidad luminosa con cualquier medio que nos proteja de la luz (unas gafas de sol, por ejemplo) la pupila se dilata para compensar la menor cantidad de luz. Ahora bien, si este medio protector no absorbe también la dañina radiación ultravioleta, estamos permitiendo que ésta entre en mayor cantidad por la relajación de la pupila. Los distintos filtros solares reducen drásticamente la intensidad luminosa por lo que la dilatación de la pupila se hace mejor. Por eso es importante que estos filtros absorban toda la radiación ultravioleta e infrarroja, indetectables para nuestro cerebro pero que pueden causar diferentes daños en el ojo, al tener además el paso libre.

De los 16 millones de personas ciegas que hay en el mundo debido a las cataratas (estimaciones de la OMS), un 20% podría deberse a la exposición a los rayos ultravioleta (UV) solares. Los expertos afirman que por cada 1% de disminución del ozono de la estratosfera, el número de estos casos de ceguera aumentaría un 0,5%. La exposición del ojo a los rayos ultravioleta depende de muchos factores: la radiación que se refleja en el suelo, la reflejada por la atmósfera, el empleo de gafas de sol, el grado de entornamiento de los párpados...

El doctor Bjorn Tylefors, de la OMS, fue muy claro en la campaña de recomendaciones que se hizo para el eclipse del año 1999. «El cristalino del ojo actúa como una lente de aumento. Produce en la retina una imagen diminuta de lo que vemos, con un factor de concentración de casi 10.000. Cuando observamos fijamente al Sol, incluso durante unos pocos segundos, la luz que penetra en el ojo es tan concentrada que puede quemar las células de la retina. En consecuencia, las células son destruidas y la parte dañada de la retina queda ciega». Sobre el empleo de métodos poco adecuados para observar el eclipse: «si no tiene métodos de protección no caiga en la tentación de mirar el eclipse. Su vista es mucho más importante».

La exposición de la retina a una fuente luminosa intensa puede dañar las células sensibles a la luz, los conos y los bastones. La luz desata una serie de complejas reacciones químicas en las células que dañan su capacidad para responder al estímulo

visual y, en casos extremos, pueden destruirlas. El resultado es una pérdida de la función visual que puede ser temporal o permanente, dependiendo de la gravedad del daño. Cuando una persona mira repetidamente o durante largo tiempo al Sol, sin la protección adecuada, este daño fotoquímico retinal puede verse acompañado por un daño térmico; la parte alta del espectro de la luz en el visible y la radiación del infrarrojo próximo provocan un calor que, literalmente, cuece la superficie expuesta. Este daño térmico o fotocoagulación destruye los bastones y los conos, creando una pequeña región de ceguera. El peligro para la visión es importante porque estos daños ocurren sin sentir ningún dolor (la retina no tiene receptores del dolor) y los efectos visuales no se hacen aparentes hasta, por lo menos, horas después de que el daño esté hecho. Si la visión del Sol la realizamos mediante prismáticos o telescopios sin los filtros apropiados, estos daños son mucho más intensos por el aumento de intensidad de la luz.

Entre los efectos agudos de la radiación UV en el ojo están la fotoqueratitis (inflamación de córnea e iris) y la fotoconjuntivitis (inflamación de la conjuntiva). Ambos son trastornos que duelen mucho pero reversibles. Además, pueden evitarse de forma muy simple mediante gafas de protección.

Entre los posibles efectos crónicos encontramos el "pterigium" (tejido opaco blanco que se forma en la córnea), el cáncer de células escamosas (tumor maligno) de la conjuntiva y las carataras.

Sólo es seguro observar el Sol sin protección durante la fase de la totalidad. Ni en un eclipse parcial ni en uno anular es seguro hacerlo sin protección. Incluso con un grado de oscurecimiento del 99% la intensidad de la luz solar es tal que todavía puede causar daños en la retina.

Hay que ser especialmente precavidos si tenemos a nuestro cargo grupos de menores. La información que les demos debe ser precisa, disponiendo de medios adecuados para la correcta y segura contemplación del eclipse. En el caso de que los menores sufran algún daño es mucho más grave, no sólo por los daños físicos personales sino la vida futura de convalecencia y las carreras no desarrolladas.

La piel.

Cualquier actividad de astronomía solar implica estar directamente bajo los efectos del Sol. Si bien sería posible colocar algún tipo de sombra artificial que nos cubriese, dejando el aparato que estemos usando descubierto, esto no será lo más habitual. Además resulta inviable en el caso de actos de visión colectiva o cuando queramos observar directamente con gafas de eclipse o prismáticos con filtro.

Así pues es necesario tomar las necesarias precauciones para una estancia prolongada bajo el Sol, incluso en el caso de que las fechas sean en invierno, cuando el Sol ya va más bajo en el horizonte y sus rayos caen oblicuos. Especial atención habrá que tomar en el caso de que realicemos actos de visión pública y/o con menores de edad, dada la responsabilidad en la que podemos incurrir.

Deberemos contar con:

- Crema protectora con el factor adecuado para el tipo de piel, que extenderemos en las partes del cuerpo que estén al aire.
- Gorra para cubrir la cabeza, mejor con visera.
- Sombrilla o velador donde poder resguardarnos de vez en cuando, si en el lugar escogido no hay sombras cerca.
- Agua y otras bebidas para evitar la deshidratación.

Sobre las medidas de protección para la contemplación de eclipses un par de apuntes más. Nuestro deber es informar y formar sobre los riesgos reales y las medidas de seguridad a tomar con el fin de que todos podamos disfrutar con la contemplación de estos fantásticos eventos astronómicos. No debemos pasarnos al extremo contrario y asustar tanto a la población que prefiera quedarse en casa antes que gozar del espectáculo. La información debe ser clara y veraz. Debe quedar muy claro que, tomando las medidas adecuadas, no hay ningún riesgo. Hay que tener también mucho cuidado con las campañas que, con buena voluntad pero bastante desacierto, a veces se hacen desde los medios de comunicación en las fechas previas a estos fenómenos exagerando los peligros para la salud y minimizando el interés intrínseco de la observación del eclipse.

Ejemplos grotescos del exceso de protección ante el alarmismo desatado por la información no entendida correctamente los encontramos cada vez que hay un eclipse. Así, los escolares condenados a pasar su recreo en el aula y con las persianas bajadas por el miedo a que les pasara algo durante un eclipse, no se sabe por qué extrañas radiaciones que emitía el Sol ese día. No hay que ir muy lejos, ocurría en Ourense (Galicia – España) en el siglo XXI. Y los adultos responsables de los pequeños eran maestros, es decir, personas con estudios universitarios. Sus alumnos se vieron privados del espectáculo singular de un eclipse anular por no tomarse la mínima molestia de informarse correctamente.

Cómo no observar un eclipse de sol

La astronomía solar resulta muy interesante y fácil de realizar. Sin embargo, también puede resultar muy peligrosa si no se toman las medidas de prevención adecuadas. Es fundamental, sobre todo a la hora de organizar actos de visión colectiva, tratar de concienciar previamente a los asistentes de los riesgos que hay. Sobre todo si tenemos preparado algún instrumento de visión como prismáticos o telescopios. En un momento de despiste alguien puede poner el ojo en el ocular y mirar directamente al Sol. Tampoco nos asustemos ni caigamos en el extremo del pánico. Con unas precauciones muy simples evitaremos cualquier riesgo.

En el caso de proyecciones indirectas en las que usemos el reflejo de la imagen solar, es importante colocar correctamente los aparatos para que sea imposible que nadie cruce en la línea del Sol, evitando así accidentes.

Si el eclipse es parcial o anular la Luna no oculta completamente al Sol en ningún momento. Siempre será peligroso mirarlo directamente. Si bien en apariencia la luminosidad se reduce considerablemente, la radiación infrarroja y ultravioleta que impacta en nuestro ojo sigue siendo mucha.

Insistimos en lo fundamental de informar correctamente a todos los participantes de los riesgos para la salud que hay que evitar. Los ojos son para toda la vida. Resulta absurdo correr riesgos innecesarios. Además no es preciso; en el apartado siguiente mostramos un montón de métodos seguros para disfrutar de un eclipse al alcance de cualquier economía. En último caso, es suficiente con acercarnos a un acto colectivo que se haga en nuestra zona, donde nos informarán correctamente.

NO SE DEBE OBSERVAR LOS ECLIPSES:

- **Directamente, a ojo desnudo.** A pesar del descenso de luminosidad, sigue habiendo radiación infrarroja y ultravioleta. El problema es que la pupila se dilata ante la carencia de luminosidad, pudiendo provocar daños irreversibles. Además, éstos pueden ser inicialmente indoloros.
- Con gafas de sol, independientemente del número de ellas que juntemos.
- Con cristales ahumados.
- Con **radiografías, carretes** de películas...
- A través de **CD**, papel de **aluminio**...
- **Cristales de soldadura** de menor valor que 14. Tengamos en cuenta que un cristal de factor 13 deja pasar 2,7 veces más radiación que el de 14. Y uno de factor 12, 2,7 veces más que el de 13.
- Empleando **filtros solares de mala calidad**. TODOS los que vienen de fábrica al comprar un telescopio, éstos que llevan marcada la palabra *sun* o “filtro para o sol” y que se colocan en el ocular, deben ser tirados directamente a la basura.

No está demás insistir en la invalidez de todos los métodos anteriores. La conclusión es muy clara, no es válido ningún método que no esté específicamente diseñado para la observación solar. En todos los actos de visión pública que se organizan aparece alguien con sus carretes, su radiografía... asegurando que así lo hizo siempre. Si no podemos convencerlos de que cambien de método intentemos que, por lo menos, se separen un poco de nuestra actividad.

Cómo observar un eclipse de sol

Métodos indirectos.

Hay que prestar especial atención al montaje de los métodos indirectos para la proyección del Sol. Debemos practicarlos unos días antes para probar su eficiencia y afinar nuestra rapidez. En el caso de actos públicos y/o colectivos, es muy importante tratar de evitar que la luz del Sol incida en los ojos de los asistentes, o que éstos traten de observar por instrumentos ópticos que tengamos dispuestos para la proyección sin la protección adecuada. El montaje debe disponerse de manera que se eviten estos accidentes, además de aleccionar previamente a nuestros ayudantes. Recordemos que aunque un eclipse dure más de una hora, el momento máximo apenas abarca unos minutos. Cualquier improvisación puede hacer que perdamos un acontecimiento que, además, no va a esperar a que nosotros estemos listos.

En los métodos indirectos que se describen indicamos, como referencia, una serie de datos para comparar la idoneidad de unos y otros (precio, tamaño de la imagen, personas que pueden observar al mismo tiempo...). Esta información está basada en nuestra práctica y experiencia. Puede diferir a la hora de ponerlos en práctica por otras personas. Hay que considerar que en aquellos métodos donde la imagen del Sol se ve aumentada podemos realizar otras actividades: observación de las manchas del Sol, su evolución durante el/los día/s siguiente/s...

- **La caja oscura:** emplearemos una caja de zapatos o similar, mejor cuanto más larga sea (por ejemplo, un tubo de cartón de guardar planos). En uno de los laterales pequeños realizamos un pequeño agujero de 1 mm de diámetro. Este lateral habrá que orientarlo hacia el Sol. En el otro extremo colocamos una cartulina u hoja blanca. También podemos retirar este lateral

Cómo observar un eclipse de sol

para colocar la pantalla un poco más lejos. Enfocaremos hacia el Sol hasta que su imagen se refleje en la pantalla opuesta. La imagen será pequeña, pero suficiente para apreciar la evolución del eclipse. Cuanta más distancia al agujero, mayor imagen (ojo con el enfoque). También está la versión individual con dos cartones. El superior con un agujero para que pase la imagen del Sol. El inferior, de color blanco, como pantalla de proyección. **Precio:** baratísimo. **Público:** 3 o 4. **Tamaño:** proporcional al del agujero. Canto más grande éste, más desenfocada será la imagen (habría que poner más lejos la pantalla). Lo mejor es practicar previamente. **Manejo:** complicado, hay que estar siempre sujetando la caja para tener visiones prolongadas del eclipse.



Montaje: una cámara oscura con un cartón blanco en el interior.



Montaje: agujero hecho con una punta (diámetro: 1 mm).



Tamaño: la imagen es de tan sólo 4 mm.



Tamaño: imagen más grande y borrosa, obtenida con un agujero de unos 3 mm.

Imagen 19: proyección del Sol mediante una caja oscura.

- **Proyección** del sol sobre una pantalla blanca (cartulina o similar) a **través** de un **instrumento óptico** (catalejo, prismáticos, telescopio...). Es preciso que la montura donde tengamos nuestro dispositivo (trípode o similar) sea de fácil movimiento, sin vibraciones ni cabeceos, para seguir al Sol en su viaje por el cielo de forma suave. Para que la imagen aparezca hay que buscar que la sombra del aparato sea mínima (indica que está perpendicular al Sol). A continuación habrá que enfocarla. Jugando con la distancia de la pantalla tendremos imágenes más grandes y difusas o más pequeñas y nítidas. **Precio:** caro (a no ser que ya tengamos el equipo). **Público:** mínimo de 8 o 10. **Tamaño:** mayor que el original. Si usamos oculares de muchos aumentos no veremos la imagen completa del Sol, sino sólo una parte. **Manejo:** normal, si la montura y el trípode son buenos y estables.

Cómo observar un eclipse de sol



Materiales: prismáticos, trípode, soporte, **Montaje:** aspecto final, visión fronto-lateral. tablilla, cartón y cinta americana.

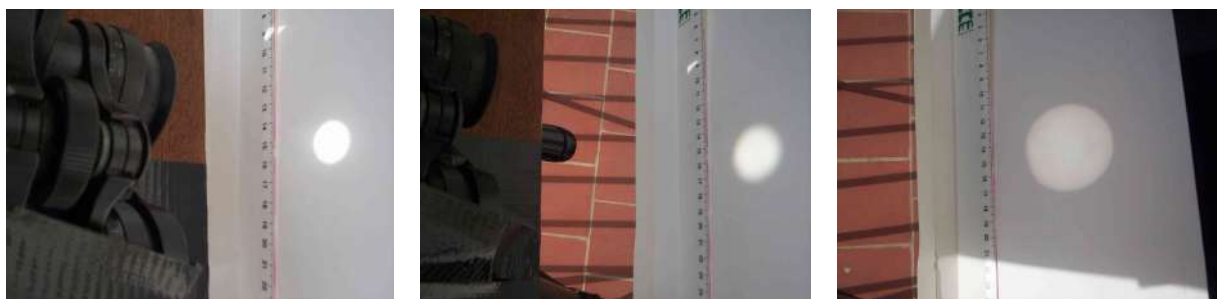


Montaje: visión trasera.



Montaje: aspecto final con pantalla de proyección.

Imagen 20: montaje de prismáticos para proyección del Sol.



Tamaño: a una distancia de unos 15 cm, la imagen resultante tiene unos 2 cm.

Tamaño: a una distancia de unos 25 cm, la imagen es de unos 3 cm. Hay que corregir el enfoque.

Tamaño: a una distancia de unos 40 cm, la imagen se va a los 6 cm.



Tamaño: a una distancia de unos 90 cm tenemos una imagen de unos 12 cm. La nitidez disminuye con la distancia.

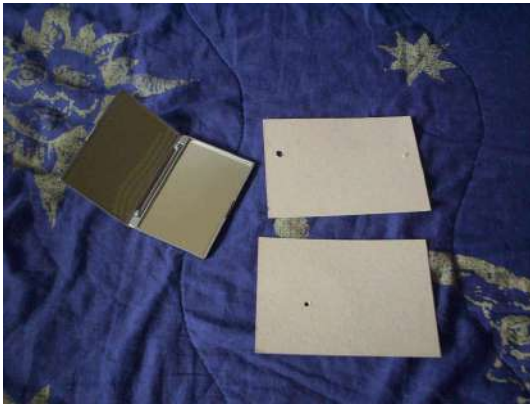
Tamaño: acercando a unos 70 cm obtenemos una imagen bastante nítida de unos 9 cm.

Tamaño: montaje de la imagen anterior. El tamaño del Sol es semejante al que se obtiene con el aparato "Venuscope".

Imagen 21: resultados de la imagen proyectada con prismáticos.

- **Espejo** para **proyectar** el Sol contra una pared. Cubriendo el espejo con una cartulina a la que se le hizo un pequeño agujero (aunque sea irregular) obtenemos una imagen circular del Sol. Conviene tener preparadas varias cartulinas con agujeros de diversos tamaño, pues a lo largo del eclipse puede que alguna de ellas dé una imagen desenfocada. Una forma muy cómoda es colocar el espejo al aire libre (y alguien manejándolo) o en una ventana que sea exterior y el auditorio dentro de una aula, a la sombra. Resulta un método extraordinariamente seguro para utilizar con niños pequeños. **Precio:** barato. **Público:** más de 20 (los que entren en la sala donde proyectemos). **Tamaño:** dependerá de la distancia de enfoque. Mirar las fotografías siguientes. **Manejo:** complicado, dependiendo de donde lo montemos. Tiene que haber siempre una persona pendiente.

Cómo observar un eclipse de sol



Materiales: un espejo y varios cartones con diferentes agujeros.

Montaje: en el alféizar de una ventana, buscando que el Sol penetre dentro del cuarto oscurecido.



Imagen: imagen del Sol en una pared blanca a 4 metros. Su tamaño es de 2 cm.

Imagen 22: proyección del Sol mediante un espejo.



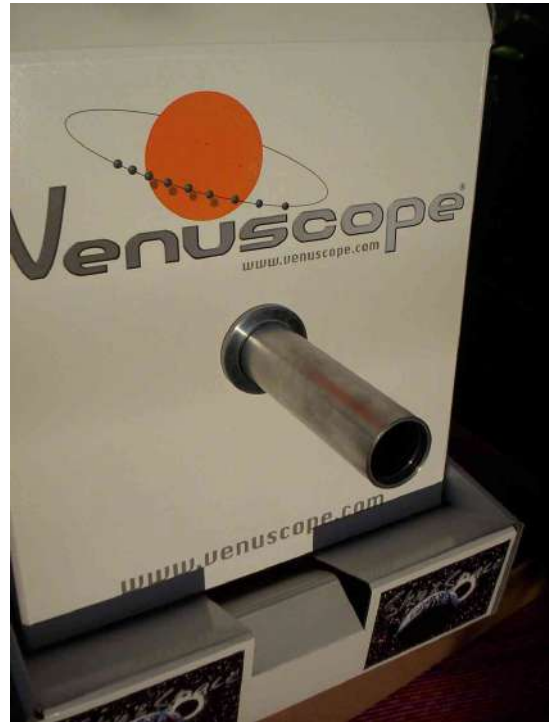
Imagen 23: montaje indirecto con un espejo e imagen que se produce en el CEIP Ponte Sampaio (Pontevedra), eclipse anular de 3 de octubre de 2005.

- Usando **aparatos** como “**Solarscope**”, “**Venuscope**” o similares, preparados para ver el sol por pequeños grupos de personas. Podemos hacernos uno casero con un pequeño catalejo, con el buscador de un telescopio... incluso con los prismáticos. Su éxito está en ser un método de proyección indirecto fácil de mover para seguir el movimiento del Sol y muy seguro, porque los asistentes no pueden meter sus ojos en la trayectoria de los rayos solares, ni siquiera por accidente. **Precio:** medio. Se amortiza en unos meses empleándolo para actividades de astronomía solar. **Público:** mínimo 9 o 10. **Tamaño:** mayor que el original. Esfera completa. **Manejo:** muy simple. Además sólo requiere de una mesa para apoyarlo. Como los anteriores, podemos acoplarle una cámara web y varios ordenadores para aumentar la gente que pueda ver la imagen.

Cómo observar un eclipse de sol



Montaje: una vez montado, situamos el Venuscope en una mesa.



Montaje: se mueve hasta que la sombra del tubo desaparece. Ahora, el Sol entra en el interior.



Imagen: el espejo proyecta la imagen en el interior blanco. Su tamaño es de unos 18 cm, mancha en la zona superior izquierda. con mucha nitidez.



Imagen: primer plano del Sol. Vemos una mancha en la zona superior izquierda.

Imagen 24: manejo e imágenes obtenidas con el "Venuscope".

Métodos directos.

Los filtros de cualquier tipo que se empleen para la visión directa del Sol deben ser revisados siempre en el momento previo a su uso. En el caso de que muestren algún rayazo o rotura deberán tirarse. Además, algunos materiales como los polímeros que se usan en algunas gafas especiales de eclipse tienen una duración limitada, pues la sustancia protectora se degrada con el tiempo. Estos métodos son todos individuales, a no ser que, por ejemplo, situemos una cámara web en el ocular del telescopio para proyectar la imagen. Los precios que se indican son siempre aproximados; sólo los damos para que sirvan de referencia comparativa.

- **Filtro *mylar***, material aluminizado de aspecto metálico y frágil. Hay que verificar mediante un examen ocular exhaustivo que no presente ningún tipo de rayazos, agujeros ni pérdidas de calidad. No debemos confundir con un producto del mismo nombre que comercializa la compañía Dupont, que no sirve para la astronomía solar. La imagen del Sol que se obtiene es de color verde. **Precio:** a partir de 60 €.
- **Filtro Baader**, similar al anterior en su aspecto externo. Son láminas aptas para su uso con instrumentos ópticos (cámaras fotográficas, telescopios...). También lo encontramos montado en un soporte de cartón, a modo de gafas. Absorben más del 99,99 % de luz solar, llegando al 100% en el espectro infrarrojo y ultravioleta. Este filtro se coloca siempre por delante del instrumento óptico, tapando por completo la entrada de luz. Conviene emplear un método fijo de sujeción para evitar que, ante un movimiento accidental, entre luz en el aparato. Lo ideal es construirnos de forma casera algún tipo de tapadera que encaje en el tubo óptico, aunque sea poco ajustado. Un trozo de celofán para darle un punto más de sujeción al telescopio evitará cualquier accidente imprevisible. Como ventaja sobre los filtros *mylar*, el color del Sol se mantiene entre blanco y amarillo, más natural que el verde de los primeros. **Precio:** a partir de 30 €.

Cómo observar un eclipse de sol



Imagen 25: telescopio reflector con una lámina de Baader montada en cartón.



Imagen 26: imagen del eclipse con el montaje anterior, tomada con una cámara digital sobre el ocular.

- **Cristales de soldadura** de nº 14. Como decíamos en el apartado anterior, cada número indica que absorbe 2,7 veces más radiación que el inferior. Cuidado con este punto pues los más habituales a la venta en ferreterías y distribuidores de material industrial son los del nº 12. Éste es precisamente

el gran inconveniente, que son muy difíciles de encontrar. Su uso tiene que ser cuidadoso pues son de cristal, pudiéndose rayar o romper al menor golpe. Lo ideal sería montarlos en cartulina, consiguiendo además ensombrecer su contorno y evitar que, al movernos, expongamos los ojos.

Precio: desde unos 3,00–4,00 € por pieza hasta 1,50-2,00 € en cantidades.

- **Gafas especiales de eclipse.** Están formadas por láminas con el tratamiento adecuado montadas sobre cartón opaco, que evita que entre luz por fuera de los filtros. Las homologadas garantizan la absorción del 100% de las radiaciones ultravioleta e infrarroja. En cuanto a la luz visible, absorben el 99,999%. Dependiendo del material que empleen pueden degradarse con el tiempo. Revisad si tienen fecha de caducidad. Los que montan "polímero negro", por ejemplo, presumen de ser irrompibles e inalterables. Leer bien las instrucciones para su correcto uso. En caso de duda o de tener rayazos, roturas... desecharlas. Leer las instrucciones para su correcto uso. Normalmente se indica un número máximo de minutos continuados de exposición, debiendo descansar la mirada unos segundos.

Precio: entre 3,00 y 4,99 € por pieza. Desde 1,50 o 2,00 € por cantidades.



Imagen 27: gafas especiales de eclipse con polímero negro.

Los dos últimos elementos deben verificar la Directiva Europea nº 89/686 para equipos de protección individual y, en concreto, la norma europea EN 169:1992. Así y todo, respecto a las gafas de eclipse destacar que según sea el filtro que tienen puede degradarse con el tiempo. No es recomendable emplearlas durante más allá de unos meses y nunca después de un año. En todo caso revisar si traen fecha de caducidad. A la hora de conservarlas, evitar que estén en contacto con superficies que las puedan rayar o dañar.

Cómo observar un eclipse de sol

En cualquiera de los métodos directos empleados hay que considerar dos puntos importantes adicionales:

1. En el caso de sentir cualquier tipo de molestia cesar de inmediato en la observación solar y dirigirse al centro de salud más cercano.
2. No prolongar nunca más de 3-4 minutos la observación directa del Sol. Descansar siempre unos minutos. Lo ideal es echar breves ojeadas de cuando en vez. Además, de esta forma podremos percibir mejor la evolución del eclipse.

Organizar un acto de visión colectiva

Los eventos astronómicos extraordinarios poseen el don de aproximar a la población a la ciencia. Además, tienen garantizada la atención de los medios de comunicación local, dada la repercusión que adquieren según se acercan las fechas señaladas. Habitualmente las asociaciones astronómicas, las facultades de ciencias, las casas y museos científicos... organizan actos de visión colectiva donde cualquiera puede contemplar el Sol de forma segura. También es fundamental la labor informativa que estas entidades realizan en los días previos. Puede darse el caso de que en nuestra villa o ciudad no haya programada ninguna actividad. Es más, a lo mejor estamos en un centro de enseñanza y no podemos o no queremos trasladar a todos los escolares hasta el lugar del acto público. Por qué no organizamos entonces nuestro propio acto de visión colectiva? No sólo para nuestros escolares, sino para toda la comunidad educativa (alumnos, docentes y padres) y abierto al resto de la población. Si cada escuela se convierte en un centro difusor de estos eventos su repercusión social aumentaría considerablemente.

Hasta ahora dimos una completa información sobre los eclipses, el Sol, la historia de la astronomía, métodos para ver un eclipse, prevención de riesgos... Hay información suficiente para el diseño de paneles informativos, para realizar actividades previas de concienciación y para organizar un acto de visión pública. Vamos a hablar un poco más de esto último, para facilitar que podamos organizar un acto colectivo en nuestro entorno cuando tengamos la próxima ocasión. No tiene que ser sólo con motivo de un eclipse de Sol. Podemos aprovechar un eclipse de Luna, un tránsito planetario, un pico de manchas solares...

Organizar un acto de visión colectiva

A la hora de organizar un acto público de visión colectiva podemos adoptar varios enfoques, según los objetivos que pretendamos alcanzar. Éstos son:

1. El profesional, tratando de estudiarlo analíticamente y realizando mediciones científicas de los diferentes parámetros. Hay que documentar además exhaustivamente todo, fotografiando las diferentes fases y anotando todos los datos importantes. A través de Internet tratar de que nuestras medidas sean de utilidad para algún proyecto de investigación. Si no, pensar el tratamiento posterior que les vamos a dar a estos datos adquiridos.
2. El aficionado y/o divulgativo: quizá el más interesante y perfectamente compatible con el anterior. Permite que el gran público participe en diferentes aspectos de la ciencia, tomando contacto directo con expertos (o aficionados) en astronomía. Se realiza además un servicio público informando correctamente de los mejores métodos de visión, orientando sobre lo que se está viendo, facilitando la participación...

Un acto público debe organizarse con varios días o semanas de antelación. Está al alcance de cualquier persona con un mínimo de formación, información e interés. Si cuenta con la ayuda de varias personas más mucho mejor, claro. Puede efectuarse en un centro de enseñanza (abriendo las actividades a toda la comunidad educativa), en una plaza pública, en un centro comercial... Imprescindible hacer ensayos del montaje de los equipos y métodos de observación del eclipse previamente. Pensemos que un eclipse de Sol dura sólo unos minutos, en su parte más espectacular, y pueden pasar años hasta que se repita otra ocasión. Cualquier elemento dejado a la improvisación puede motivar la pérdida de algunos momentos irrepetibles.

Lo primero de todo es muy obvio y por eso, a veces, queda para el último momento. La elección del lugar para la visión del eclipse. Conviene visitarlo un par de días antes para asegurarnos de que no hay ningún edificio, árbol, grúa... que obsaculice la visión directa del Sol durante todo el periodo de este fenómeno astronómico. Una revisión al parte meteorológico desde unos días antes es muy útil para estar preparados de antemano. Los meteorólogos afirman que la única previsión realmente fiable es la que se hace, como muy pronto, tres días antes del que nos interese. Si las previsiones son muy malas quedan dos alternativas: viajar hasta una

zona con mejor previsión (lo cual es inviable si estamos con grupos escolares) o asegurarnos una conexión por Internet donde poder contemplar el eclipse retransmitido por algún observatorio (mirar el apartado de "Recursos en la red"). Por esto es importante potenciar las actividades y tareas previas al eclipse. Si la meteorología no acompaña podremos extraer igual cierto provecho didáctico.

Para organizar bien el acto empezaremos por realizar pequeños grupos de trabajo y repartir tareas entre los participantes. Éstas pueden ser dirigidas por un pequeño grupo de escolares o de interesados, de forma que sea fácil formarlos directamente. Este pequeño grupo puede, a su vez, dirigir a otro pequeño grupo con las mismas tareas. Algunas de éstas se enumeran a continuación:

- **Expertos en protección y seguridad.** Harán carteles, recordarán las normas a todos los participantes, vigilarán el cumplimiento de las mismas y el correcto manejo de los instrumentos. Su finalidad es evitar todo riesgo de exposición directa al Sol de los ojos. Deberán dominar y ampliar los contenidos de salud de este documento.
- **Encargados de la proyección indirecta.** Revisarán unos días antes el lugar donde se vaya a hacer la proyección, sin sombras de edificios ni árboles. Evidentemente, a las mismas horas del eclipse. Prepararán los instrumentos ópticos, los trípodes, las pantallas (de ocultación y de proyección) y practicarán con ellos. De esta forma, el seguimiento del Sol el día del eclipse será más eficiente, sin riesgos innecesarios.
- **Responsables de la observación directa.** Revisarán los filtros y las gafas de eclipse, que estén en buen estado y sin arañazos. Vigilarán que los participantes no se excedan en el tiempo durante su uso. En el caso de emplear telescopios o prismáticos, acomodarán los filtros de forma que no entre luz por fuera. Manejarán estos aparatos siguiendo el movimiento del Sol, repartiendo también los tiempos de observación.
- **Cronometradores.** Esta actividad hay que hacerla a la hora en que transcurre el eclipse, sin un momento de retraso. Resulta fundamental que alguien tenga un buen reloj con una hora muy precisa (se puede sincronizar a través de Internet, ver el apartado de recursos), que controle las horas

Organizar un acto de visión colectiva

exactas locales para el eclipse (los contactos inicial y secundarios, así como del momento de máxima ocultación). En el caso de realizar mediciones del eclipse también darán las referencias adecuadas a los encargados de apuntarlas. Una buena idea es llevar una pequeña grabadora para recoger los tiempos de viva voz. También resulta muy útil tener las cámaras fotográficas digitales con la hora correcta, de manera que las propias fotos que saquemos nos permitan analizar después todos los datos. No llegaremos a una precisión de centésimas de segundo, pero seguro que es suficiente.

- **Prensa.** Enviarán notas de prensa a los medios locales, avisando del programa de actividades y haciendo especial hincapié en las particularidades del acto de observación. En el caso de tomar algún tipo de medidas científicas con las que se colabore después en algún proyecto internacional (a través de Internet suele haber varias iniciativas) hay que remarcarlo. También atenderán a los medios en el caso de que asistan al acto colectivo, respondiendo a sus preguntas y tratando de que no cometan los errores habituales en la terminología científica. Verificarán cada día la repercusión de las notas enviadas y de los actos convocados, recopilando los ejemplares para realizar un posterior informe de prensa.
- **Documentación del evento.** Sacando fotos de los diferentes momentos, especialmente cuando haya más gente participando. También fotografías del Sol proyectado (NO SACAR FOTOS DEL SOL DIRECTAMENTE!!). Posteriormente pueden elaborar un informe/memoria o artículo para la revista escolar, municipal, el boletín de la agrupación o algún medio de comunicación de Internet.



Imagen 28: acto de visión colectiva del eclipse anular de 3 de octubre de 2005, alameda de Ourense.

Actividades para realizar

La forma de aprovechar aún más un eclipse o un evento astronómico similar es la realización de actividades de todo tipo. Las que aquí presentamos pueden ejecutarse en el centro escolar, en la asociación astronómica, en nuestro acto de visión colectiva, con el grupo de amigos... Algunas sólo podrán ser desarrolladas por personas con la adecuada formación técnica y el uso de aparatos de medición. Otras son aptas para cualquier edad, nivel educativo y material. Aparte de las que nosotros indicamos, seguro que se os ocurren otras. No tengáis reparos en ponerlas en práctica.

Antes del eclipse.

1. Estudiar la mecánica celeste que nos permite entender el porqué de los eclipses. Realizar maquetas con los movimientos de Sol, Tierra y Luna. Simular estos movimientos en el patio, siguiendo órbitas dibujadas en el suelo.
2. Realizar modelos con las escalas de los tamaños de los astros del Sistema Solar. También de las distancias astronómicas. Tomaremos así conciencia de la diferencia entre la escala humana y la cósmica.
3. Preparar con un grupo de escolares o compañeros interesados un acto de visión colectiva, abierto al resto de la comunidad escolar, vecinos, amigos... Estos escolares deberán ser convenientemente formados, especialmente en aquellos aspectos que tienen que ver con la seguridad en la observación.

Actividades para realizar

4. Preparar una conexión a Internet, marcando las páginas que retransmitan la evolución del eclipse desde diferentes localidades. Será un complemento a nuestra propia observación y una ayuda por si hace mal tiempo.
5. Tomar medidas de las magnitudes atmosféricas que nos interesen durante varios días antes, a las mismas horas que el eclipse, para proceder a una comparación con las mediciones del día del eclipse.

Durante el eclipse.

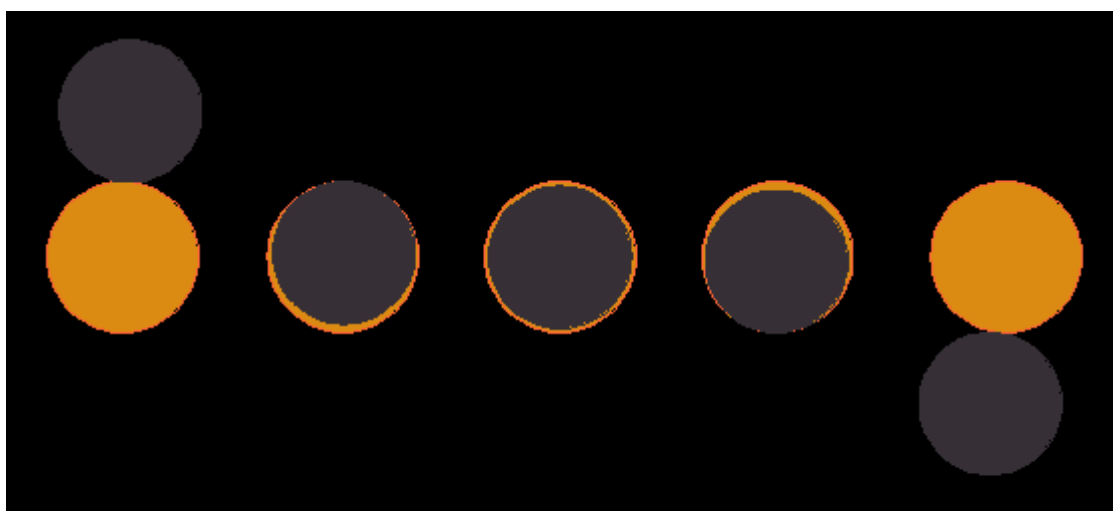
1. Medición de la iluminación ambiental: usaremos una cámara digital de fotos, con un trípode fijo y una amplia visión de campo (no usar teleobjetivos ni zoom). Fotografiar en intervalos regulares los diferentes momentos del eclipse el paisaje, nuestra zona de observación, algún monumento... Si no modificamos los tiempos de exposición ni ningún parámetro de la cámara podremos analizar los cambios reales en la luminosidad de una forma cualitativa. Es preciso insistir en la necesidad de evitar que la cámara vaya acomodando los tiempos de exposición, la velocidad de obturación, la abertura de diafragma... y fijarlos de forma manual. De esta forma las fotografías serán comparables. La ventaja de esta actividad es que se puede realizar aunque haga mal tiempo. Ahora bien, si la nubosidad varía mucho o si hay claros y nubes, conviene llevar un registro escrito y anotar las condiciones meteorológicas de cada foto (en el caso de que en la misma no se vea una porción del cielo). Un último detalle: conviene introducir en la cámara la hora con precisión con el fin de que los archivos ya queden registrados con los datos correctos. Esto nos ahorrará la molestia de andar tomando notas de cada foto. No olvidéis llevar pilas de repuesto!!
2. Tomar nota de los tiempos de los contactos de las dos esferas, con el fin de compararlos con los de otros lugares. Serán cuatro contactos cuando haya totalidad (o anularidad) y dos donde el eclipse sea parcial. Nos daremos cuenta de lo complicado de decidir en qué momento se producen realmente. Si queremos una gran exactitud, la solución es sacar muchas fotos en los momentos clave o grabar el proceso en vídeo (con un reloj que sirva de

referencia). Nuestros datos pueden ser comparados con las efemérides de nuestra localidad si queremos saber con qué precisión los tomamos. Mucho cuidado con esta comparación, pues las efemérides suelen estar referenciadas al nivel del mar.



1º contacto – medio – 2º contacto

Imagen 29: esquema con los dos contactos de un eclipse parcial de Sol.



1º contacto – 2º contacto – medio – 3º contacto – 4º contacto

Imagen 30: esquema con los cuatro contactos de un eclipse anular de Sol.

Actividades para realizar

3. Sacar fotografías del eclipse en diferentes momentos, preferentemente de una imagen proyectada que tenga gran tamaño y definición. También sirven las realizadas a través de un telescopio protegido. Estas fotos serán luego de interés para diferentes cálculos, como la magnitud y el grado de oscurecimiento.
4. Hacer mediciones de las condiciones atmosféricas (temperatura, presión, velocidad del viento, luminosidad...) en diferentes momentos desde que empiece el eclipse. Algunos de estos aparatos incluso pueden ser fabricados de modo casero (por ejemplo, un fotómetro).
5. Hacer una dramatización, si el eclipse es total, donde un mago/chamán con poderes sobre el Sol lo haga desaparecer y, tras su intervención, todo vuelva a la normalidad.

Después del eclipse.

1. Montar las fotografías tomadas del ambiente a modo de proyección continuada. De esta forma se podrá observar la evolución de la luminosidad y compararla con las previsiones.
2. Realizar los cálculos precisos con los datos tomados de los tiempos de contacto. Calcular tamaños de los astros, distancias...
3. Con las fotografías de la imagen del Sol en diferentes momentos, calcular la magnitud y el grado de oscurecimiento del eclipse (fórmulas dadas en el apartado respectivo). Son especialmente interesantes los cálculos en el máximo, pues definen al eclipse.
4. Deducir a qué hora exacta se produjo el máximo en la ocultación, analizando los datos anteriores para las diferentes fotografías. Calcular nuestro grado de precisión respecto a las previsiones teóricas y compararlo con otros grupos de nuestra localidad.

5. Realizar gráficas con la evolución de las diferentes magnitudes ambientales durante el eclipse (temperatura, luminosidad...). Buscar referencias teóricas para comparar nuestras curvas.
6. Enviar nuestras fotos y crónicas a portales de Internet que realicen algún tipo de seguimiento del eclipse.
7. Enviar una nota a la prensa donde recojamos nuestras mediciones y resultados del acto de visión colectiva.
8. Recopilar en la prensa la cobertura que hagan del evento. Podemos verificar así el buen/mal uso que hacen de las noticias científicas. El empleo de palabras como astral, astrológico, astrología en vez de astronómico y astronomía seguro que da mucho juego. La cantidad de información científica sobre el fenómeno comparando con las opiniones populares e, incluso, las "predicciones" de los astrólogos de turno. Podemos también comparar la información de los medios locales y de los nacionales, para ver si descubrimos alguna variación significativa. También si estas noticias son de Agencias o de redactores particulares. Podríamos dar un premio "simbólico" a aquellos medios que lo hagan mejor y/o peor.
9. Hacer simulaciones del eclipse mediante algún programa informático de astronomía; por ejemplo, el Stellarium. Con esta aplicación podemos ver cómo es el eclipse en otros lugares del mundo, verificar los tiempos de contacto de nuestra localidad, obtener imágenes del grado de ocultación del Sol por la Luna, verificar el oscurecimiento de la luz ambiental... Podemos acelerar el paso del tiempo para observar un eclipse a cámara rápida, a modo de película resumida del proceso. En la figura siguiente empleamos este programa para realizar una serie de instantáneas del eclipse total de Sol del 29 de marzo de 2006 en Libia, para diferentes horas. Podemos comprobar la variación en la luminosidad ambiental, así como la aparición de estrellas y un planeta en el momento de oscuridad total. Si esta simulación la hacemos mediante un vídeo proyector y en una habitación con las luces apagadas, el efecto será mucho más real.

Actividades para realizar



Simulación a las 9:00:00.



Simulación a las 10:00:07.



Simulación a las 10:30:08.



Simulación a las 10:45:14.



Simulación a las 10:50:02.



Simulación a las 11:00:01.



Simulación a las 11:10:01.



Simulación a las 11:18:51.



Simulación a las 11:27:35.

Imagen 31: simulación con el Stellarium del eclipse total de Sol de 29 de marzo de 2006, desde Libia.

Los eclipses en la literatura

Muchos autores de aventuras han recurrido a la aparición de un eclipse para salvar a sus héroes. Éstos, normalmente occidentales, recuerdan la inminencia de un eclipse justo en el momento en el que su vida corre peligro. Aprovechando este conocimiento amenazan a sus opresores con convertir el día en noche. Este momento coincide con el inicio del eclipse. Ante el asombro de los amenazados y, tras algún rito inventado más o menos dramático, el eclipse termina, pasando nuestro héroe por un gran brujo al que hasta el sol y la noche obedecen.

Ejemplos del protagonismo de los eclipses en diferentes textos los encontramos a continuación. En el apartado final de "Curiosidades: citas" hay alguno más. En el Anexo III recogemos extractos de estas obras para su lectura.

- *El país de las pieles*, de Jules Verne. Un libro característico de Verne, perteneciente a su serie de "Viajes extraordinarios". En este caso, una expedición con integrantes muy variados se interna en el Canadá septentrional, acercándose al Círculo Polar Ártico. Uno de ellos, astrónomo, narra los conocimientos científicos de la época sobre los eclipses de Sol. Precisamente la contemplación de un eclipse total les permite darse cuenta de que no se encuentran, geográficamente hablando, donde ellos creían, pues los detalles que observan no se corresponden con lo predicho.
- *Un Yanqui en la corte del rey Arturo*, de Mark Twain. El libro es una profunda crítica a los usos y costumbres de la Inglaterra feudal. El protagonista, un ser anacrónico sacado de contexto, aprovecha sus conocimientos científicos para convertirse en un gran mago que rivaliza con

Los eclipses en la literatura

el propio Merlín. La predicción de la llegada de un eclipse solar le permite salvar la piel ante la amenaza de ser quemado en la hoguera.

- *Las minas del rey Salomón*, de sir Henry Rider Haggard. Narra las aventuras del protagonista en sus viajes por África, las diferentes culturas que van apareciendo... En este caso, los protagonistas presumen de ser capaces de oscurecer la Luna llena en plena noche. Con todo, aparecen ciertas falsedades científicas. Por ejemplo, la ocultación de la Luna llega a durar un total de hora y media cuando el máximo observado es de unos minutos.
- Como no, en *Don Quijote de la Mancha*, de Cervantes, aparece también el fenómeno de los eclipses, por más que no valga para otra cosa que su protagonista presuma de cultura.
- *Tintín y el imperio del Sol*, de Hergé. Al igual que en casos anteriores, durante el contacto de Tintín y sus camaradas con una tribu andina más atrasada, la efemérides de un eclipse de Sol les ayuda a salvar la vida. Hacen creer a sus captores que dominan al Sol y pueden oscurecerlo a voluntad.
- En obras de William Shakespeare, en la Biblia... aparecen referencias más o menos directas.

Como es evidente, también un montón de películas de todo tipo recurrieron a estos acontecimientos astronómicos.

Curiosidades

Anécdotas.

El 4 de julio de 1917, Lawrence de Arabia, al mando de 50 beduinos, conquistó un fuerte turco muy protegido en la costa este de la península del Sinaí. Aquella noche coincidía con un eclipse de Luna y los defensores, a la vista del fenómeno, se pusieron a disparar al aire y a golpear recipientes de cobre para hacer ruido y asustar al eclipse.

Durante el 30 de junio de 1973 el británico John Beckman y otros científicos adaptaron un avión supersónico, el Concorde (con una velocidad máxima de 2.000 km/h), para ver el eclipse total de Sol que atravesó África. Pudieron observarlo durante 74 minutos, 10 veces más tiempo que en la Tierra, persiguiendo al Sol en su movimiento aparente en el cielo. Para hacernos una idea, la velocidad de la sombra de la Luna sobre la Tierra viaja a 3.000 km/h.

Aún en épocas modernas, cuando los eclipses son un fenómeno bien conocido científicamente, se siguen dando casos curiosos. Uno de ellos, muy cercano a nosotros, ya que tuvo lugar en el eclipse parcial de 1999 en Galicia. Trata de aquella señora que, preguntada por un periodista sobre su interés en el acontecimiento aseguraba que «yo no miro, que el cura dijo en la misa que era pecado».

Más curioso fue lo acontecido en el eclipse del 16 de febrero de 1980. Uno de los lugares de visibilidad fue la India. En aquellas fechas había un partido conmemorativo de críquet entre Inglaterra y la India. El partido coincidía con el eclipse. Los organizadores locales consultaron con los representantes del equipo inglés y decidieron suspender el juego. El motivo, no querían ser responsables del peligro de daño en los ojos de los 50.000 espectadores. El partido continuó al día siguiente.

Curiosidades

Para terminar, los eclipses totales de Sol son un fenómeno en extinción. La velocidad de la rotación terrestre disminuye muy lentamente, debido al roce de las mareas. Esto provoca que la Luna se aleje poco a poco de nosotros (a razón de 3,8 cm anuales). Así que cada vez serán más raros los eclipses totales de Sol, aumentando la frecuencia de los anulares. Cuando la Luna llegue a alejarse 23.410 kilómetros más de la Tierra su tamaño aparente en el cielo no será capaz de ocultar por completo al Sol. Así, el último eclipse total de Sol podrá contemplarse dentro de... ¡620 millones de años!. Aún tiene tiempo la humanidad de observar unos cuantos.

Citas.

- «Eclipse: (del latín *eclipsis*, y éste del griego *ekleipsis*, desaparición) ocultación transitoria total o parcial de un astro por interposición de otro cuerpo celeste». Extraído del *Diccionario de la Lengua Española*, edición XXI.
- «...y el Sol falleció en el cielo, y una niebla del diablo lo cubrió todo». Homero (siglo VIII a. C.), *La Odisea*. Referido al eclipse del 16 de abril de 1178 a. C.
- «En ese día, dijo Yavé, haré que el Sol se ponga a mediodía y oscureceré la tierra a pleno día». Extraído de: *Amos - Antiguo Testamento*, cap. 8, versículo 9. Referido al eclipse del 15 de junio de 763 a. C.
- «La Luna es eclipsada por la interposición de la Tierra y, a veces, también por cuerpos de detrás de ella. El Sol es eclipsado en la Luna nueva, cuando la Luna se interpone. Anaxágoras fue el primero en exponer claramente los hechos sobre los eclipses y las iluminaciones». Eurípides (431 a. C.), *Hippolytus I, 8*.
- «En el día de chi-ch'ou, el Sol fue eclipsado, y se hizo la oscuridad en el día. La emperatriz Dowager cayó enferma por él y su corazón se sintió a disgusto. Volviendo a aquello que ella había dicho: Esto ocurre por mi

culpa». Szuma en *Shihchi*. Sobre el eclipse del 4 de marzo de 181 a. C. La emperatriz murió el 18 de agosto del año siguiente.

- «El rey Jaime I el Conquistador entró en la ciudad de Montpellier el jueves 2 de junio de 1239 y al día siguiente, viernes, entre mediodía y la hora nona el rey anotó que el Sol estaba eclipsado y la gente no recordaba haber visto nada igual porque estaba cubierto totalmente por la Luna y el día era tan oscuro que se podían ver estrellas en el cielo». Zurita en *Anales de la Corona de Aragón*. Habla del eclipse del 3 de junio de 1239 en Montpellier.
- «Hiparco intenta demostrar la distancia desde la Luna suponiendo la del Sol. Primero supone que el Sol tiene el menor paralaje perceptible, con el fin de encontrar su distancia, y entonces emplea el eclipse solar que él aduce; una vez asumido que el Sol no tiene paralaje perceptible, y de otra que tiene un paralaje suficientemente grande [para ser observado]. Como resultado, la ratio de la distancia de la Luna se descubrió que era diferente para cada una de las hipótesis que había formulado; pero esto es en conjunto incierto en el caso del Sol, no sólo lo grande de su paralaje sino incluso si no tuviera ningún paralaje en absoluto». Ptolomeo en *Almagesto*, V, 11.
- «Si queremos observar un eclipse de Sol colocamos un cazo lleno de aceite o brea, porque el líquido pesado no se perturba fácilmente y por eso preserva las imágenes que recibe». Séneca (siglo I D.C.) en *Naturales Quaestiones*, I, 11.
- «Enseñaré portentos en el cielo y en la tierra, sangre y fuego y columnas de humo; el sol se volverá en oscuridad y la luna en sangre antes de que el grandioso y terrible día del Señor llegue». *Joel - Antiguo Testamento*, cap. 2, versículos 30, 31.
- «En el mes de agosto, en el día undécimo, antes del servicio de la tarde, el Sol empezó a disminuir y murió completamente. Hubo gran miedo y oscuridad por todos los lados. Y aparecieron las estrellas y la Luna (sic). Y el Sol empezó a aumentar y llegó de nuevo a estar lleno y todo el mundo en la ciudad fue muy feliz». En el *Novorodskaya I Letopic*, sobre el eclipse de Novgorod (Rusia) en el año 1124.

Curiosidades

- «Cuenta la tradición que algunas personas del norte perdieron su camino en el momento de este eclipse, y murieron en la nieve». Maclaurin en *Philosophical Transactions*, XI. Sobre el eclipse del 25 de febrero de 1598.
- Como última cita, algo de poesía en versión original. En este caso, un Soneto (el XXXV) de William Shakespeare:

«No more be griev'd at that which thou hast done:

Roses have thorns, and silver fountains mud:

Clouds and eclipses stain both moon and sun,

And loathsome canker lives in sweetest bud.

All men make faults, and even I in this,

Authorizing thy trespass with compare,

Myself corrupting, salving thy amiss,

Excusing thy sins more than thy sins are;

For to thy sensual fault I bring in sense,--

Thy adverse party is thy advocate,--

And 'gainst myself a lawful plea commence:

Such civil war is in my love and hate,

That I an accessory needs must be,

To that sweet thief which sourly robs from me».

Un chiste.

Para terminar un poco de humor. Existe un chiste bastante conocido que usa los eclipses de Sol como hilo argumental, si bien el objetivo es hablar de las dificultades e imprecisiones de la comunicación oral. Éste es:

«Ante la inminencia de un eclipse total de Sol, en un cuartel militar preparan a la tropa con el fin de que puedan asistir al espectáculo. Así se comunican las órdenes a lo largo de la cadena de mando.

DEL CORONEL AL COMANDANTE: "Mañana, a las nueve y media, hora local, habrá un eclipse de Sol, hecho singular que no acontece todos los días. Que formen los soldados en el patio en traje de campaña para presenciar el fenómeno. Yo les daré las explicaciones necesarias. En el caso de que llueva, que formen en el gimnasio".

DEL COMANDANTE AL CAPITÁN: "Por orden del señor coronel, mañana a las nueve y media habrá un eclipse de Sol. Según el señor coronel, si llueve no se verá nada al aire libre. Entonces en traje de campaña el eclipse tendrá lugar en el gimnasio, hecho singular que no ocurre todos los días. Él dará las órdenes oportunas".

DEL CAPITÁN AL TENIENTE: "Por orden del señor coronel, mañana a las nueve y media en traje de campaña inauguración del eclipse de Sol en el gimnasio. El señor coronel dará las órdenes oportunas de si debe llover, hecho singular que no ocurre todos los días. Si hace buen tiempo y no llueve, el eclipse tendrá lugar en el patio".

DEL TENIENTE AL SARGENTO: "Mañana a las nueve y media, por orden del señor coronel, lloverá en el patio del cuartel. El señor coronel, en traje de campaña, dará las órdenes en el gimnasio para que el eclipse se celebre en el patio, hecho que no ocurre todos los días".

DEL SARGENTO AL CABO: "Mañana a las nueve y media tendrá lugar el eclipse del señor coronel en traje de campaña por efecto del Sol. Si llueve en el gimnasio, hecho que no ocurre todos los días, se saldrá al patio".

DEL CABO A LOS SOLDADOS: "Mañana, a eso de las nueve y media, parece ser que el Sol en traje de campaña eclipsará al señor coronel en el gimnasio, lástima que esto no ocurra todos los días"».

Anexo I: eclipse anular de Sol del

3/X/2005

Las efemérides completas del eclipse están en el mapa siguiente. Podemos ver los lugares de inicio y final del eclipse, así como las horas de cada fase. Las horas se refieren al tiempo universal (UT). En la época de este eclipse, en nuestro país, hay que sumarle dos horas para obtener la hora oficial. Este mapa contiene los mismos elementos usados con otros eclipses. Así, con líneas punteadas aparecen las horas afectadas por la sombra según evoluciona el eclipse, siendo diferentes cuando marcan la hora de inicio y la hora del final. La banda oscura central indica la región donde se puede observar la anularidad. En el resto, el eclipse es parcial en mayor o menor grado según estemos más cerca o más lejos de la región central.

Anexo I: eclipse anular de Sol del 3/X/2005

Eclipse anular de Sol del 3 de Octubre de 2005

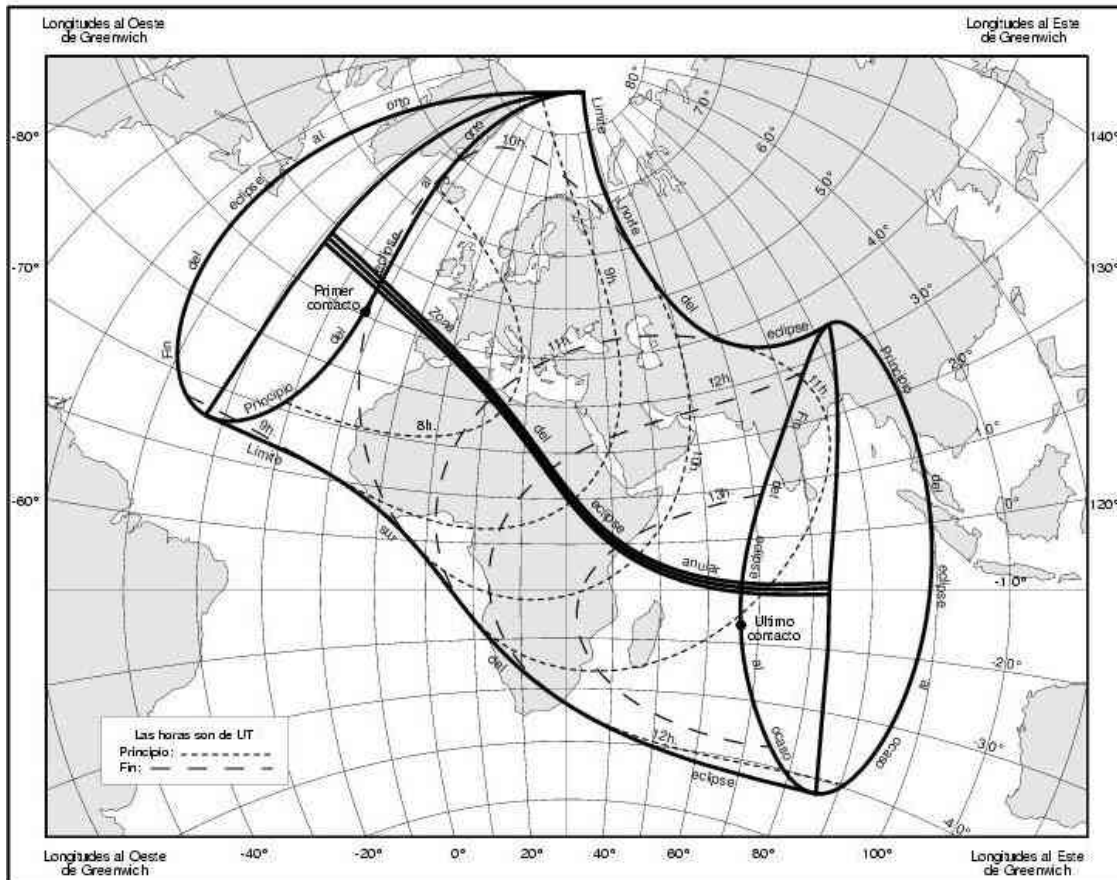
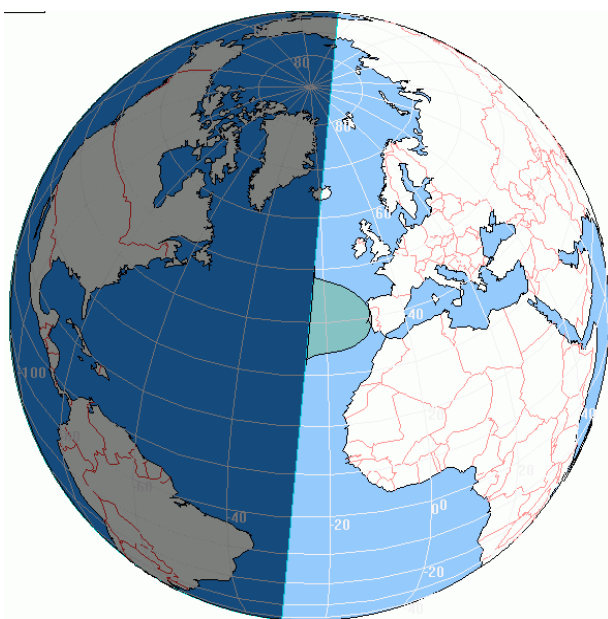
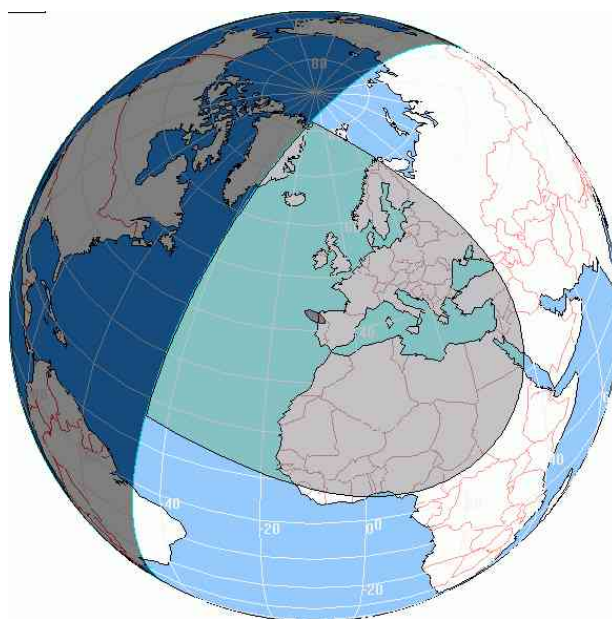


Imagen 32: mapa del Real Observatorio Astronómico, con las efemérides del 3 de octubre de 2005.

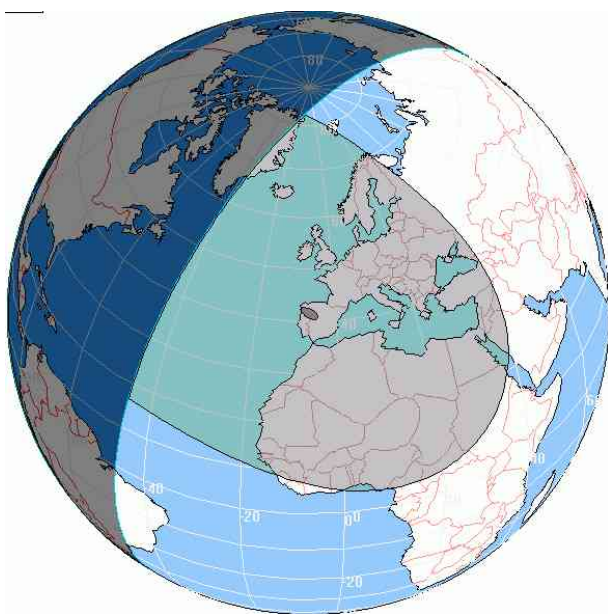
En los mapas siguientes podemos apreciar la evolución de la sombra del eclipse por la superficie terrestre. Además del día y de la noche (zonas luminosas y oscuras en el globo), en verde esmeralda aparece la región de la Tierra afectada por el eclipse parcial en ese momento. Dentro de esta zona, un pequeño óvalo marrón indica la zona de anularidad.



Inicio del eclipse en España, a las 9:38.



Anularidad en Galicia. Inicio a las 10:51.



Anularidad en Galicia. Final a las 10:56.



Fin del eclipse en Galicia, a las 12:17.

Imagen 33: mapas del eclipse anular de 3 de octubre de 2005.

En la tabla siguiente vienen las circunstancias locales en varias localidades gallegas referidas al eclipse anular de Sol de 3 de octubre de 2005. Para la hora local hay que sumarle 2 h, pues estamos aún en horario de verano. Tablas similares son publicadas periódicamente para cada eclipse, por diferentes instituciones. Ésta puede servirnos de ejemplo.

Anexo I: eclipse anular de Sol del 3/X/2005

Localidad	Principio eclipse	Principio fase central	Máximo del eclipse					Fin fase central	Fin eclipse	Duración fase central
	T.U.	T.U.	T.U.	Mag.	Osc.	Z	a	T.U.	T.U.	
	h:m:s	h:m:s	h:m:s		%	°	°	h:m:s	h:m:s	m:s
A Cañiza	7:38:22,7	8:51:33,7	8:53:36,1	0,974	90,2	121	24	8:55:38,3	10:16:26,0	4:04
A Coruña	7:38:35,9	.....	8:53:26,1	0,947	90,0	121	23	.....	10:15:39,5	.....
A Estrada	7:38:24,4	8:51:32,5	8:53:25,1	0,965	90,2	120	24	8:55:17,6	10:15:57,0	3:45
A Gudiña	7:38:48,3	8:52:35,1	8:54:34,4	0,969	90,2	122	25	8:56:33,6	10:17:58,3	3:59
Betanzos	7:38:40,0	.....	8:53:38,0	0,947	90,1	121	23	.....	10:16:0,1	.....
Carballo	7:38:27,9	8:52:12,2	8:53:15,1	0,953	90,1	120	23	8:54:17,6	10:15:27,4	2:06
Celanova	7:42:52,0	8:51:49,3	8:53:51,8	0,975	90,2	121	24	8:55:54,3	10:16:51,6	4:05
Ferrol	7:38:43,4	.....	8:53:37,4	0,942	89,7	121	23	.....	10:15:53,0	.....
Fisterra	7:38:10,2	8:50:52,0	8:52:47,6	0,967	90,1	120	23	8:54:43,1	10:14:53,8	3:51
Lalín	7:38:32,2	8:51:55,9	8:53:43,0	0,963	90,2	121	24	8:55:29,8	10:16:25,1	3:34
Lugo	7:38:50,8	.....	8:54:9,8	0,948	90,1	122	24	.....	10:16:55,7	.....
Monforte	7:38:44,4	8:52:31,9	8:54:12,9	0,961	90,2	121	24	8:55:53,7	10:17:14,1	3:22
O Barco	7:38:57,0	8:53:10,4	8:54:40,9	0,958	90,2	122	25	8:56:11,1	10:17:58,6	3:01
O Carballiño	7:38:30,0	8:51:47,1	8:53:45,3	0,968	90,2	121	24	8:55:43,5	10:16:34,7	3:56
Ourense	7:38:33,6	8:51:56,9	8:53:55,9	0,969	90,2	121	24	8:55:54,7	10:16:53,1	3:58
Pobra de Trives	7:38:48,0	8:52:38,4	8:54:26,5	0,963	90,2	122	25	8:56:14,3	10:17:39,2	3:36
Pontevedra	7:38:17,0	8:51:15,1	8:53:17,3	0,974	90,2	120	24	8:55:19,4	10:15:51,8	4:04
Ribadavia	7:38:26,8	8:51:40,7	8:53:42,9	0,973	90,2	121	24	8:55:44,9	10:16:34,8	4:04
Ribadeo	7:39:13,3	.....	8:54:34,9	0,929	88,5	122	24	.....	10:17:16,3	.....
Santiago de C.	7:38:25,7	8:51:40,7	8:53:22,1	0,961	90,2	120	23	8:55:3,2	10:15:47,4	3:22
Tui	7:38:12,7	8:51:24,6	8:53:18,6	0,966	90,2	120	24	8:55:12,5	10:16:3,1	3:48
Verín	7:38:39,3	8:52:25,0	8:53:54,7	0,958	90,2	121	24	8:55:24,1	10:16:40,2	2:59
Vigo	7:38:12,8	8:51:13,9	8:53:13,9	0,970	90,2	120	24	8:55:13,8	10:15:51,4	3:60
Vilagarcía de A.	7:38:16,2	8:51:10,0	8:53:10,6	0,970	90,2	120	23	8:55:11,0	10:15:37,3	4:01
Vilalba	7:38:52,7	.....	8:54:3,4	0,942	89,7	122	24	.....	10:16:37,6	.....
Viveiro	7:39:2,0	.....	8:54:7,9	0,931	88,7	122	24	.....	10:16:32,8	.....
Xinzo de Limia	7:38:33,6	8:52:1,1	8:54:3,7	0,975	90,2	121	24	8:56:6,2	10:17:11,9	4:05

Efemérides extraídas del *Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando (Ministerio de Defensa)*.

Leyenda de la tabla:

- **Principio eclipse:** hora del primer contacto.

- **Principio fase central:** momento del segundo contacto. Inicio de la anularidad.
- **Máximo del eclipse:** cuando el disco lunar oculta la mayor superficie del Sol.
- **Fin fase central:** momento del tercer contacto.
- **Fin eclipse:** momento del cuarto contacto.
- **UT:** tiempo universal, referido al Observatorio de Greenwich. Para obtener la hora oficial de verano en España hay que sumarle 2 horas. Si fuese en invierno, 1 hora. Se da en horas, minutos y segundos.
- **Mag.:** magnitud del eclipse. Puede hallarse tal y como se explica en el capítulo 3. Está calculado en tanto por uno.
- **Osc.:** índice de oscurecimiento. Puede calcularse tal y como se explica en el capítulo 3. Los datos están en porcentaje.
- **Z:** azimut del Sol en el instante del máximo, del norte hacia el este en el horizonte (en grados).
- **a:** altura del Sol en el instante máximo (en grados).

No se tuvieron en cuenta para los cálculos la altitud de cada localidad. Así pues, las horas reales pueden diferir ligeramente.

Para terminar este anexo, una secuencia de fotografías realizadas durante el Eclipse Anular de Sol del 3 de octubre de 2005, tal y como se vio desde Ourense durante el acto de visión colectiva organizado por *Altega – Xestión del Lecer* en la Alameda de la ciudad. Agradecemos el préstamo de las fotos a Pastor y Miguel. Éstas fueron realizadas empleando una cámara digital compacta marca Sony, modelo *CyberShot*, apoyada directamente sobre el ocular (de 20 mm) de un telescopio reflector. Como filtro se utilizó una lámina de Baader montada en soporte de cartón. Se indica también la hora local en formato “horas:minutos:segundos”. El reloj de la cámara no está sincronizado perfectamente con la hora oficial. Por tanto, habrá que valorar más el intervalo horario entre las fotos que la hora absoluta.

Anexo I: eclipse anular de Sol del 3/X/2005

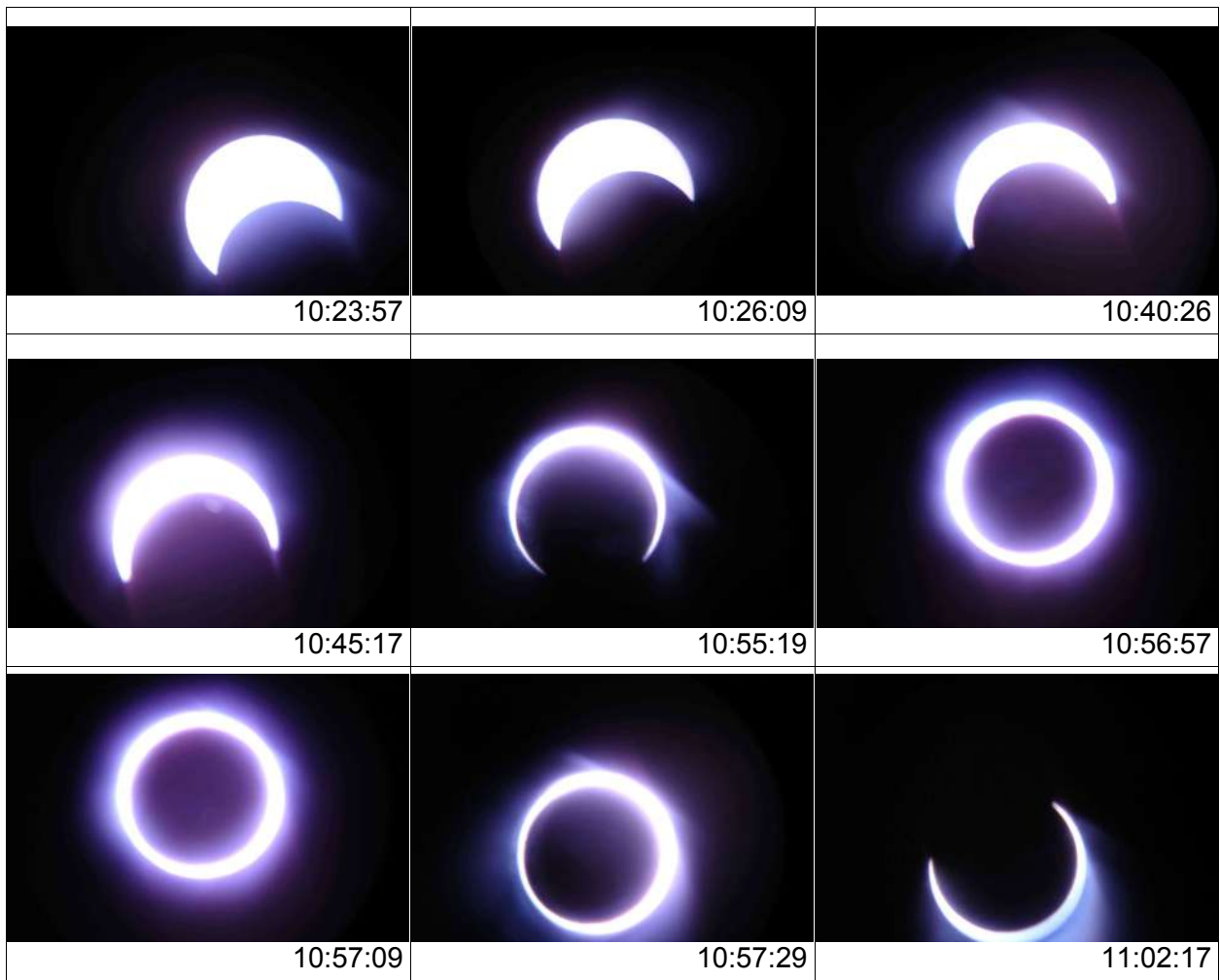


Imagen 34: secuencia fotográfica con la evolución del eclipse anular de Sol del 3 de octubre de 2006.

Anexo II: eclipse total de Sol del

29/III/2006

Este eclipse pertenece a la serie saros 139 (tiene el número de orden 29 de un total de 71 eclipses solares), alcanzando una magnitud máxima de 1,052. El eclipse tuvo su inicio a las 7:36 TU en frente a las costas de Brasil, atravesando África, Turquía y Rusia para terminar a las 12:45 TU entre Siberia y Mongolia. En el punto del máximo de eclipse la totalidad duró 4 minutos y 6 segundos, pudiendo ser contemplado desde el desierto libio.

En España, como en el resto de Europa, el eclipse fue parcial. Su magnitud estuvo entre el 25-30% de Galicia y el 50% de Baleares.

En el mapa siguiente pueden observarse las circunstancias locales del eclipse. Tengamos en cuenta que las horas vienen dadas en Tiempo Universal (UT), que habrá que adaptar a nuestra hora oficial. También se indican las regiones con diferentes magnitudes de parcialidad del eclipse.

Anexo II: eclipse total de Sol del 29/III/2006

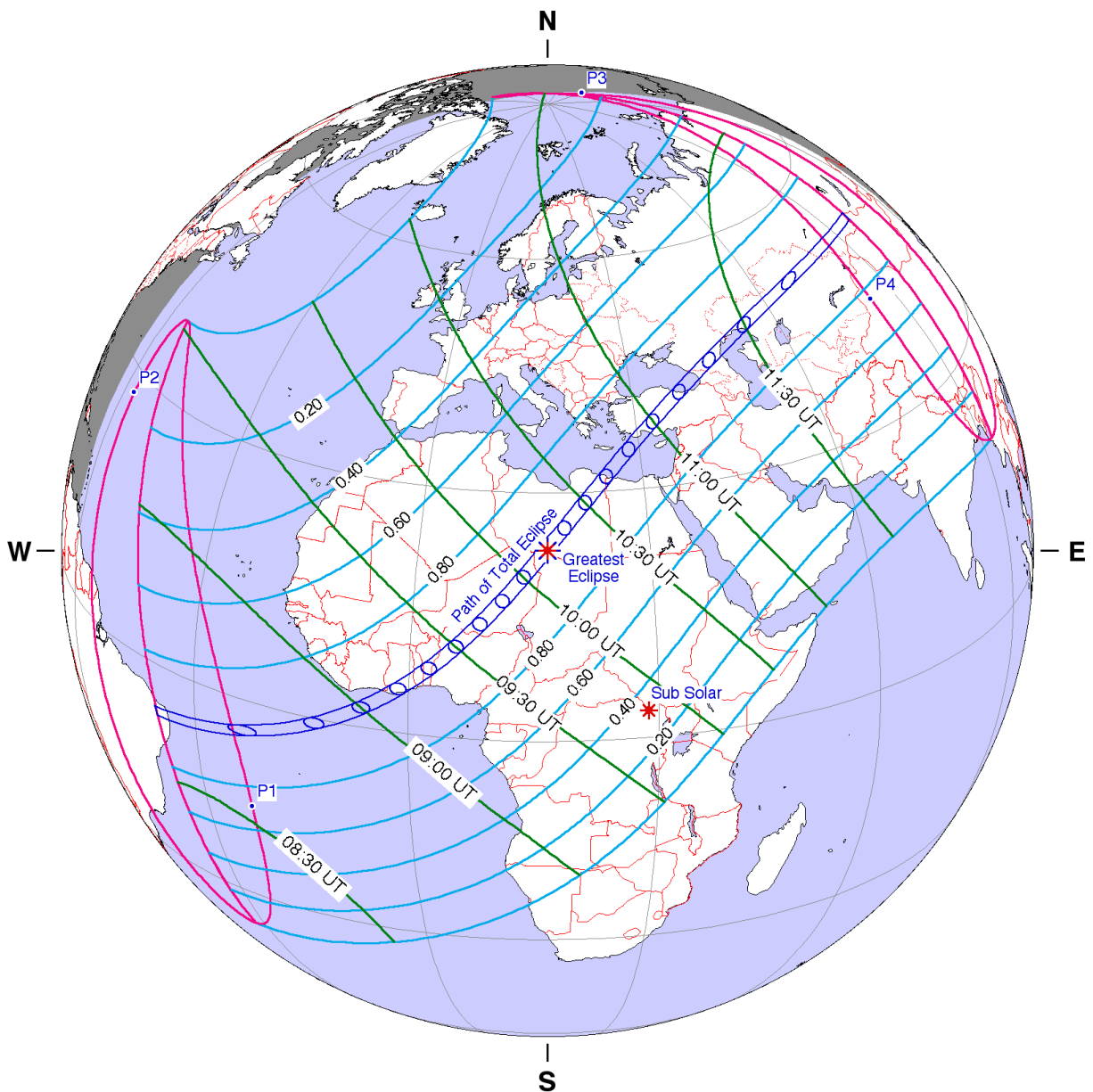


Imagen 35: proyección ortográfica del eclipse de 29 de marzo de 2006.

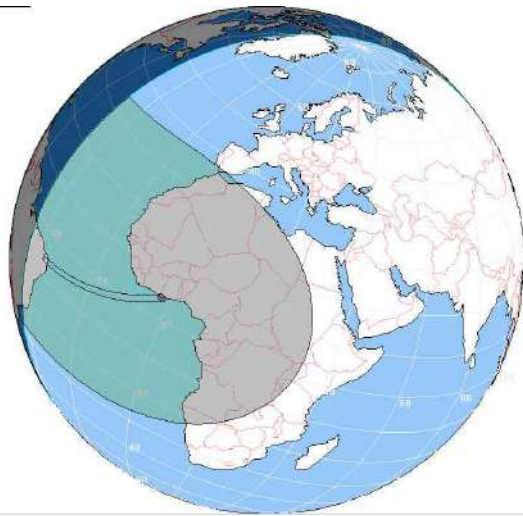
En cuanto a las efemérides locales para la península Ibérica, indicamos los datos para algunas de las ciudades más importantes. En el resto de las localidades puede procederse por aproximación, a falta de los datos exactos.

Localidad	Latitud	Lonxitud	Elevac. (m)	1º contacto	4º Contacto	Máximo eclipse				Eclipse		
				T.U. <i>h:m:s</i>	T.U. <i>h:m:s</i>	T.U. <i>h:m:s</i>	P °	V °	Alt °	Az °	Mag.	Obs.
Barcelona	41°23'N	2°11'E	95	09:21:33.5	11:23:30.7	10:21:28.5	139	165	47	144	0.434	0.325
Bilbao	43°15'N	2°58'W	—	09:24:51.3	11:12:41.1	10:17:48.1	140	169	42	138	0.333	0.222
Madrid	40°24'N	3°41'W	667	09:17:28.5	11:09:13.6	10:12:10.9	140	173	43	134	0.359	0.246
Malaga	36°43'N	4°25'W	—	09:07:46.7	11:04:42.2	10:04:47.0	139	179	44	128	0.396	0.285
Sevilla	37°23'N	5°59'W	30	09:09:10.6	11:01:27.6	10:03:56.1	140	179	43	127	0.364	0.252
Valencia	39°28'N	0°22'W	24	09:15:57.0	11:16:26.0	10:14:57.3	139	170	46	138	0.421	0.311
Zaragoza	41°38'N	0°53'W	—	09:21:14.0	11:16:36.8	10:17:50.7	139	169	44	140	0.384	0.272
Lisboa	38°43'N	9°8'W	95	09:12:17.6	10:54:52.5	10:02:22.6	141	181	40	124	0.303	0.193
Porto	41°11'N	8°36'W	—	09:18:55.1	10:57:57.6	10:07:24.2	141	178	39	128	0.281	0.173

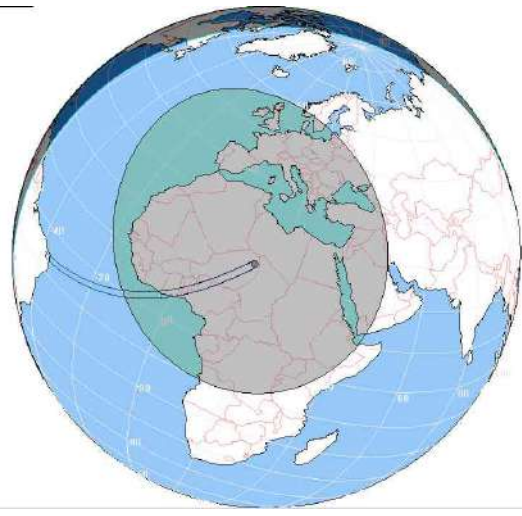
En el anexo anterior explicamos el significado de cada variable.

Por último, en la página siguiente podemos observar una recreación de la situación del eclipse en varios momentos.

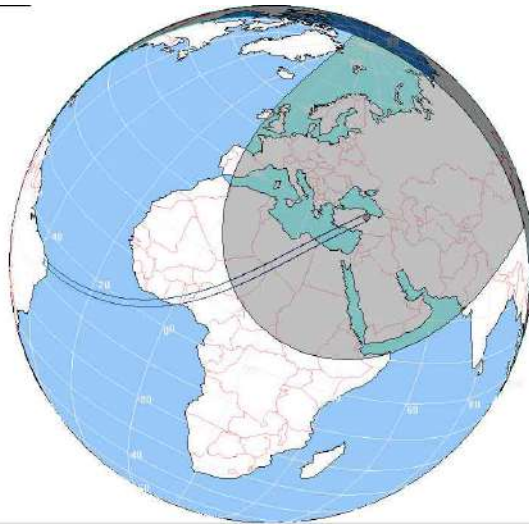
Anexo II: eclipse total de Sol del 29/III/2006



Inicio del eclipse parcial en la península Ibérica, a las 9:18 TU.



Máximo del eclipse en la península, a las 10:03 TU aprox.



Fin del eclipse en la península, hacia las 11:08 TU aprox.

Imagen 36: mapas del eclipse de Sol del 29 de marzo de 2006.

Anexo III: textos para comentar.

Texto 1: J. Verne.

«Sabido es que durante un eclipse total de Sol, la Luna está rodeada de una corona luminosa. Pero, ¿cuál es el origen de esta corona? ¿Es un objeto real? ¿No es más bien un efecto de difracción que sufren los rayos solares en las inmediaciones de la Luna? Esta es una cuestión que estudios hechos hasta el día no permiten resolver.

Desde 1706, los astrónomos habían descrito científicamente esa aureola luminosa, a saber; Louville y Halley, durante el eclipse total de 1715; Maraldi en 1724; Antonio de Ulloa en 1778; Rouditch y Ferrer en 1806, quienes observaron minuciosamente la corona, sin que de sus teorías contradictorias pueda deducirse nada definitivo. A propósito del eclipse total de 1842, los sabios de todas las naciones, Airy, Arago, Peytal, Laugier, Maubais, Otto, Struve, Petit, Baily... trataron de obtener una solución completa en cuanto al origen del fenómeno; mas por severas que fuesen sus observaciones, “el desacuerdo -dice Arago- que existe entre las observaciones hechas en distintos parajes por astrónomos ejercitados en un solo y mismo eclipse ha derramado sobre la cuestión tales oscuridades, que no es posible llegar a ninguna conclusión certera sobre la causa del fenómeno”. Desde entonces se han estudiado otros eclipses totales de Sol, pero tampoco han obtenido los observadores ningún resultado determinante.

[...]

El disco pardo de la Luna avanzaba paulatinamente. Los objetos terrestres iban tomando un matiz amarillo. A las diez y cuarto, la mitad del disco solar estaba oscurecida. Algunos perros sueltos iban y venían, manifestando cierta inquietud y

Anexo III: textos para comentar.

ladrando a veces de un modo lastimero. Los patos, inmóviles a las orillas del lago, exhalaban su grito nocturno buscando un sitio favorable para dormir. Las madres llamaban a sus pequeñuelos, que se refugiaban bajo sus alas. Para todos estos animales la noche llegaba y era la hora del sueño.

A las once estaban cubiertas las dos terceras partes del Sol. Los objetos habían tomado un matiz rojo vinoso. Reinó entonces una semioscuridad que debía ser casi completa durante los cuatro minutos que duraría la ocultación total, y ya algunos planetas, Mercurio, Venus, iban apareciendo, así como algunas constelaciones, la Cabra, Tauro y Orión. Las tinieblas aumentaban de minuto en minuto...»

Extraído de *El país de las pieles*, de Jules Verne

Es destacable cómo la cronología de los descubrimientos que menciona J. Verne coincide con la realidad. En su serie de "Viajes fantásticos" a la que pertenecen la mayor parte de los libros del autor, siempre incluía algún capítulo de divulgación científica donde mostraba los conocimientos de la época (segunda mitad del siglo XIX). Estos conocimientos eran fruto de las horas que Verne pasaba en los liceos parisinos frecuentando la compañía de los científicos e intelectuales de la época. Estaba así al tanto de los últimos avances de la ciencia y de la tecnología. Precisamente uno de los personajes del libro es un astrónomo que acompaña a los protagonistas de la aventura en su viaje por las tierras septentrionales de Norteamérica, con el fin de observar el eclipse total de Sol que el 18 de julio de 1860 (efemérides real) iba atravesar Canadá, España y el Norte de África.

Texto 2: M. Twain.

«...la inquietud continuó mientras me encadenaban a la estaca. Continuó también mientras los troncos eran lenta y cuidadosamente apilados alrededor de mis tobillos, mis rodillas, mis muslos, mi cuerpo entero. Luego se produjo una pausa, acompañada de un silencio aún más profundo si cabe y a mis pies se arrodilló un hombre que sostenía una antorcha llameante. Los asistentes se estiraban para observar mejor, y al hacerlo se separaban de sus asientos sin darse cuenta. El monje levantó sus manos por encima de mi cabeza, elevó los ojos hacia el cielo azul y comenzó a pronunciar

algunas palabras en latín. Continuó recitando en tono monótono durante algún tiempo, pero de repente se detuvo; miré entonces hacia arriba y entonces me di cuenta de que el monje se había quedado inmóvil, petrificado. Como siguiendo un mismo impulso, la multitud se levantó lentamente y se quedó mirando hacia el cielo. Seguí la dirección de sus miradas y vi, tan cierto como que dos y dos son cuatro, ¡que mi eclipse estaba comenzando! La vida volvió a hervir en mis venas. ¡Era un hombre nuevo! La franja negra se propagó poco a poco dentro del disco solar, mi corazón latía cada vez más de prisa, mientras los concurrentes y el sacerdote seguían mirando fijamente hacia el cielo, inmóviles. Sabía bien que sus miradas se volverían hacia mí enseguida. Cuando así ocurrió, estaba preparado: había adoptado de las actitudes más grandiosas de todo mi repertorio el gesto hierático, el brazo extendido señalando el sol. El efecto resultaba sublime. Una ola de estremecimiento recorrió la multitud.

Dos gritos resonaron, el segundo de ellos cuando todavía no se había apagado el primero:

- ¡Aplicad la antorcha!

- ¡Lo prohibo!

El primero había salido de labios de Merlín; el segundo, de labios del rey. Merlín trató de avanzar hacia mí. Temí que quisiera encender él mismo la hoguera y entonces exclamé:

- Permanece donde estás. ¡Si un solo hombre, incluyendo al propio rey, se mueve antes de que yo lo ordene, lo partiré con un trueno, lo extinguiré con un rayo!

La multitud se dejó caer mansamente en sus asientos, como yo había anticipado. Merlín titubeó unos instantes, y durante ese breve lapso me sentí en vilo como nunca antes en mi vida. Se sentó de nuevo, y entonces respiré profundamente, comprendiendo que controlaba totalmente la situación. El rey habló:

- Tened clemencia, gentil señor, y no sigáis adelante en este arriesgado asunto, no vaya a ser que se produzca una catástrofe. Se nos había informado que vuestros poderes no alcanzarían su plenitud hasta el día de mañana, pero...

Anexo III: textos para comentar.

- ¿Su majestad piensa que la información puede haber sido una mentira?... Era una mentira.

El efecto de esas palabras fue enorme, por todas partes se levantaron manos en gesto de súplica, y el rey fue asaltado por una tormenta de ruegos de que me comprara a cualquier precio, deteniendo así la catástrofe. El rey estaba ansioso por complacer las peticiones y, tras un instante, dijo:

- Decid las condiciones que bien os parezcan, reverendo señor, incluso la de compartir mi reino si así lo deseáis, pero eliminad esta catástrofe, ¡salvad el sol!

Mi suerte estaba asegurada. Hubiese aceptado su oferta en seguida..., pero no podía detener un eclipse; eso ya excedía mis posibilidades, de modo que solicité un plazo para considerarlo. El rey preguntó con vehemencia:

- ¿Cuánto tiempo, pero cuánto tiempo, buen señor? Tened piedad; mirad, cada vez se hace más y más oscuro. ¿Cuánto tiempo desea vuestra merced?

- No demasiado. Media hora. Tal vez una hora.

Se levantó un millar de patéticas protestas. No podía acallarlas, pues no lograba recordar cuánto tiempo dura un eclipse total. De todos modos, me encontraba bastante perplejo y quería reflexionar. Había algo en el eclipse que no acababa de entender y que me desconcertaba.»

Extraído de *Un yanqui en la corte del rey Arturo*, de Mark Twain.

Texto 3: H. R. Haggard.

«- Muy bien. En ese caso ya tenemos la señal. "Cuatro de junio, eclipse total de Luna. Comienza a las 8:15 hora de Greenwich. Visible en Tenerife, Sudáfrica, etc.". Dígales que va a oscurecer la Luna mañana por la noche.

Era una idea estupenda. En realidad, lo único que podíamos temer era que el calendario de Good estuviese equivocado. Si hacíamos una profecía falsa sobre un

tema semejante, nuestro prestigio se desvanecería para siempre, y lo mismo ocurría con la oportunidad de Ignosi de acceder al trono.

- Supongamos que el calendario esté equivocado -- sugirió sir Henry a Good, que estaba muy ocupado en hacer unos cálculos en una página del cuaderno.

- No veo ninguna razón para suponer tal cosa -- replicó. Los eclipses siempre llegan a tiempo. Por lo menos, ésa es mi experiencia con ellos, y el calendario dice explícitamente que será visible en África. Hice unos cálculos lo mejor que pude, sin conocer nuestra posición exacta, y supongo que el eclipse comenzará aquí alrededor de las diez mañana por la noche, y durará hasta las doce y media. Durante una hora y media, o quizás más, la oscuridad será absoluta.»

Las minas del rey Salomón, de sir Henry R. Haggard.

Texto 4: M. de Cervantes.

«...Y don Quijote rogó a Pedro le dijese qué muerto era aquél; a lo cual Pedro respondió que lo que sabía era que el muerto era un hijodalgo rico, vecino de un lugar que estaba en aquellas sierras, el cual había sido estudiante muchos años en Salamanca, al cabo de los cuales había vuelto a su lugar, con opinión de muy sabio y muy leído.

- Principalmente, decían que sabía la ciencia de las estrellas, y de lo que pasan, allá en el cielo, el sol y la luna; porque puntualmente nos decía el cris del sol y de la luna.

- Eclipse se llama, amigo, que no cris, el escurecerse esos de los luminares mayores -dijo don Quijote...»

Extraído de *Don Quijote de la Mancha*, de Miguel de Cervantes.

Texto 5: Hergé.

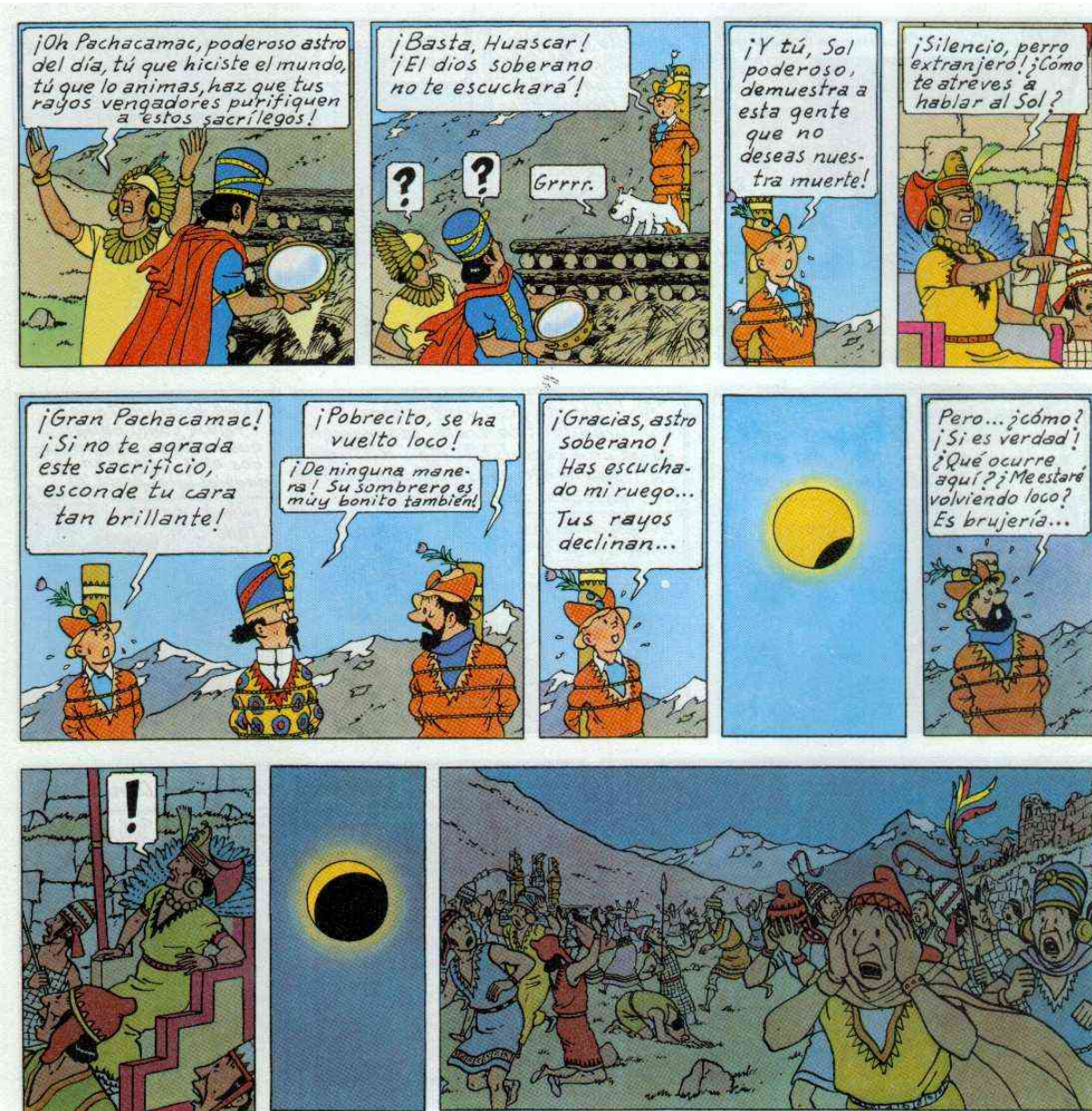


Imagen 37: eclipse en un cómic de Tintín (i).

Se puede ver cómo en la viñeta 7 está muy exagerado el efecto en la luminosidad del eclipse en un punto tan parcial (apenas el 20-25%). Incluso cuando llega a la viñeta 10, no sería aún oscuro si no que podrían empezar a apreciarse los efectos de forma suave. Luego sí, en unos minutos, la caída de la luz sería muy rápida hasta hacerse noche cerrada.

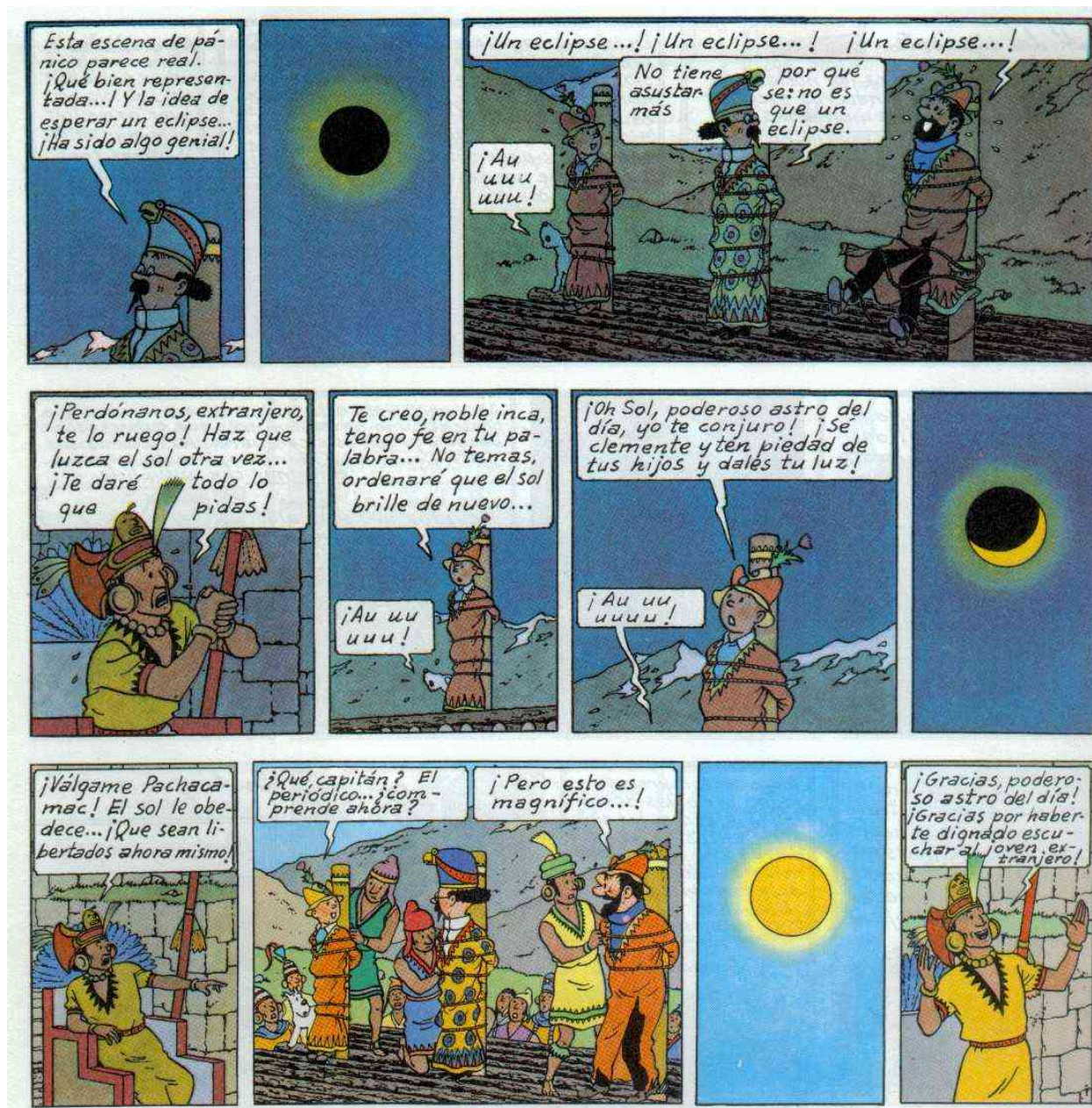


Imagen 38: eclipse en un cómic de Tintín (ii).

Revisando las efemérides del siglo XX localizamos un eclipse el 25 de enero de 1944 que atraviesa Perú y Brasil. Quizá fue el que inspiró esta historia.

Bibliografía

Libros.

- *Historical Eclipses and Earth's Rotation*, de F. Richard Stephenson, Cambridge University Press, 1997.
- *Unidad didáctica Eclipses*, Juan Carlos Casado y Miquel Serra-Ricart, Instituto de Astrofísica de Canarias, 2003.
- *Totality - Eclipses of the Sun*, de Mark Littmann, Ken Willcox y Fred Espenak.
- *Astronomía, diccionarios Oxford-Complutense*, de Ian Ridpath. Ed. Complutense, 1997.
- *El Sol. Metodología para su observación*, de Cándido Rodríguez. Ed. Equipo Sirius.
- *El Sol*, Iain Nicolson. Ed. H. Blume, 1986 (Madrid).
- *Observar los eclipses de Sol y de Luna*, de Philippe de la Cotardière. Editorial Larousse, 2005 (Barcelona).
- *El Atlas del Universo*, de Patrick Moore. Ed. Labor, 1970 (Barcelona).

Revistas.

- *Boletín Huygens*, editado pola Agrupación Astronómica Safor.

Bibliografía

- *Universo*, editada por Antares, Ciencia y Ediciones S. A. (Barcelona).
- *Investigación y Ciencia*, editada por Ed. Prensa Científica (Barcelona).

Recursos en la red

En las siguientes páginas de Internet podemos encontrar mucha más información sobre los eclipses. En el caso de que alguno de los enlaces no vaya bien, buscar en la página principal de la web a la que se refiera.

Información sobre eclipses.

- www.altega.com: página web de Altega – Gestión del Ocio. Actividades educativas y de divulgación. Puedes consultar este manual didáctico y verificar si ésta es su última versión, siempre disponible para su descarga gratuita. También información actualizada sobre diferentes actividades de divulgación científica.
- www.roa.es: el Real Observatorio Astronómico de la Marina en San Fernando, dependiente del Ministerio de Defensa. Contiene las efemérides en España de los eclipses lunares, solares... También resulta interesante la sección con la hora oficial, indispensable para la sincronización de relojes.
- www.iac.es: el Instituto Astrofísico de Canarias posee abundante información de eclipses. Recursos educativos para descargar, una unidad didáctica sobre eclipses (con actividades específicas para eclipses lunares), otra más genérica sobre ocultaciones, otra sobre telescopios... Año tras año aumentan sus publicaciones.

Recursos en la red

- www.pamplonetario.com: página web del Planetario de Pamplona que suele hacer cobertura de los fenómenos astronómicos más interesantes.
- <http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/eclipse.html>: página de la NASA mantenida por Fred Spenack, dedicada específicamente a los eclipses solares. Contiene las previsiones, mapas, fotografías... de cada evento futuro. Publican para cada eclipse un boletín específico agrupando toda la información de interés con 18 meses de antelación.
- <http://www.mreclipse.com>: página personal de Fred Spenack, experto mundial en eclipses. Contiene gran cantidad de materiales actualizados, recomendaciones para la observación segura, estudios de eclipses históricos, muchas fotografías de los últimos eclipses... hasta puede uno apuntarse para las expediciones que organiza a todos los eclipses importantes que hay en la Tierra. El 3 de octubre de 2005 viajó a... Madrid.
- <http://home.ccc.at/heinzscs/> página personal de Heinz Scsibrany. Tiene un programa (para sistemas operativos Ms-Windows) que calcula los eclipses, las fechas, los horarios... simulando sobre el globo terráqueo el área de visión. En alemán.
- <http://asaaf.fis.ucm.es/> Asociación de Aficionados a la Astronomía de la Universidad Complutense de Madrid. Cuenta con bastantes recursos educativos y secciones específicas para acontecimientos extraordinarios, como los eclipses.
- <http://www.shelios.org> web de la Sociedad Helios, que realiza de forma periódica expediciones científicas y de divulgación. Entre ellas, destacan las de eclipses solares.
- <http://www.saros.org/> una de las Agrupaciones Astronómicas más activas de España.
- <http://www.astrosafor.net> Agrupación Astronómica de la Safor, con un completo programa de actividades cada vez que hay un eclipse interesante.

- <http://www.agrupacionio.com> Agrupación Astronómica Ío, de la ciudad de A Coruña, relacionados con el Planetario de esta ciudad. Curiosidades de los eclipses y algunos datos interesantes.
- <http://www.usc.es/astro/> web del Observatorio Astronómico Ramón M^a Aller, de la Universidad de Santiago de Compostela. Tiene información sobre las efemérides locales gallegas.
- <http://www.meteogalicia.es/> previsión del tiempo en Galicia, con un máximo de 3 días de anticipación. Para más días, dan varias predicciones estadísticas.
- <http://www.inm.es/> web del Instituto Nacional de Meteorología, donde podemos consultar la previsión meteorológica para toda España.

Otros sitios de interés.

- <http://soho.nascom.nasa.gov/>: página web de la NASA sobre el telescopio Soho. Este aparato está dirigido todo el tiempo al Sol. En su web podemos encontrar imágenes actualizadas en diferentes espectros. Podemos verificar la presencia de manchas solares. El portal de la NASA contiene gran cantidad de recursos educativos y actividades didácticas. Muchos de ellos están traducidos al castellano.
- <http://www.wikipedia.org>: en cualquiera de sus versiones, gallega, castellana o inglesa. Contiene gran cantidad información astronómica, planetaria...

Índice de imágenes

Imagen 1: la Tierra y la Luna a escala de tamaños. El Sol, a la misma escala, tendría un radio de más de 400 cm.....	páx. 18
Imagen 2: partes del Sol (adaptado de SOHO-ESA&NASA).....	páx. 19
Imagen 3: manchas solares. La más grande tiene un diámetro tres veces superior a la Tierra.....	páx. 20
Imagen 4: esquema de los nodos de la órbita de la Luna.....	páx. 22
Imagen 5: comparación de tamaños entre Sol y Luna. Aún así, el tamaño de la Luna es 40 veces mayor del que le correspondería.....	páx. 23
Imagen 6: esquema de un eclipse total de Sol.....	páx. 24
Imagen 7: esquema de un eclipse anular de Sol.....	páx. 25
Imagen 8: fotografía de un eclipse parcial de Sol.....	páx. 25
Imagen 9: esquema magnitud y oscurecimiento de un eclipse.....	páx. 26
Imagen 10: el ciclo saros 134 completo.....	páx. 35
Imagen 11: tabla de Ugarit (Babilonia).....	páx. 39
Imagen 12: reloj monumental de la catedral de Strasbourg (Francia), construido en el s. XIX imitando modelos medievales. En la esfera grande, las agujas corresponden al Sol y a la Luna.....	páx. 45
Imagen 13: esquema (exagerado) de la curvatura del espacio observable en un eclipse	

Índice de imágenes

total de Sol.....	pág. 50
Imagen 14: imagen del Sol tomada por el Soho, tapado por un coronógrafo. El círculo blanco se corresponde con el Sol.....	pág. 51
Imagen 15: imágenes del Sol, con diferentes instrumentos de la sonda Soho.....	pág. 53
Imagen 16: perlas de Baily durante un eclipse total de Sol.....	pág. 60
Imagen 17: sombras de media luna.....	pág. 61
Imagen 18: sombras de un eclipse anular.....	pág. 62
Imagen 19: proyección del Sol mediante una caja oscura.....	pág. 75
Imagen 20: montaje de prismáticos para proyección del Sol.....	pág. 76
Imagen 21: resultados de la imagen proyectada con prismáticos.....	pág. 77
Imagen 22: proyección del Sol mediante un espejo.....	pág. 78
Imagen 23: montaje indirecto con un espejo e imagen que se produce en el CEIP Ponte Sampaio (Pontevedra), eclipse anular de 3 de octubre de 2005.....	pág. 79
Imagen 24: manejo e imágenes obtenidas con el "Venuscope".....	pág. 80
Imagen 25: telescopio reflector con una lámina de Baader montada en cartón...	pág. 82
Imagen 26: imagen del eclipse con el montaje anterior, tomada con una cámara digital sobre el ocular.....	pág. 82
Imagen 27: gafas especiales de eclipse con polímero negro.....	pág. 83
Imagen 28: acto de visión colectiva del eclipse anular de 3 de octubre de 2005, alameda de Ourense.....	pág. 89
Imagen 29: esquema con los dos contactos de un eclipse parcial de Sol.....	pág. 93
Imagen 30: esquema con los cuatro contactos de un eclipse anular de Sol.....	pág. 93
Imagen 31: simulación con el Stellarium del eclipse total de Sol de 29 de marzo de 2006, desde Libia.....	pág. 96

Imagen 32: mapa del Real Observatorio Astronómico, con las efemérides del 3 de octubre de 2005.....	pág. 106
Imagen 33: mapas del eclipse anular de 3 de octubre de 2005.....	pág. 107
Imagen 34: secuencia fotográfica con la evolución del eclipse anular de Sol del 3 de octubre de 2006.....	pág. 110
Imagen 35: proyección ortográfica del eclipse de 29 de marzo de 2006.....	pág. 112
Imagen 36: mapas del eclipse de Sol del 29 de marzo de 2006.....	pág. 114
Imagen 37: eclipse en un cómic de Tintín (i).....	pág. 120
Imagen 38: eclipse en un cómic de Tintín (ii).....	pág. 121

Los créditos de las diferentes imágenes se indican a continuación:

- Imágenes 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 32 y 33 realizadas por el autor. Las figuras de la Tierra, el Sol y la Luna fueron extraídas del programa informático Celestia (licencia GNU).
- Imagen 2 adaptada por el autor del original cortesía de SOHO (ESA&NASA).
- Imágenes 3, 14, y 15: cortesía de los consorcios SOHO/Lasco, SOHO/EIT y SOHO/MDI, respectivamente. SOHO es un proyecto de cooperación internacional entre la ESA y la NASA.
- Imagen 10: elaboración del autor sobre mapa creado con el programa de ordenador WinEclipse, de Heinz Scsibrany.
- Imagen 13: Héitor Arregui, del estudio gráfico *O Clube da Esquina*. Dibujo perteneciente al material didáctico de la charla-conferencia “Einstein 1905 - Ano 0”, también obra del autor.
- Imagen 16: perteneciente a Fred Espenack (www.mreclipse.com). Se emplea con la autorización del autor.
- Imágenes 17, 18, 25, 26 y 28: fotografías del autor, realizadas durante el eclipse anular de Sol de 3 de octubre de 2005.

Índice de imágenes

- Imágenes 19-22, 24 y 27 obra del autor.
- Imagen 23: conjunto de fotografías cortesía del CEIP Pontesampaio (Pontevedra).
- Imagen 31: montaje del autor, a partir de capturas de pantalla del programa *Stellarium*.
- Imagen 32: perteneciente al Real Observatorio Astronómico y de la Armada de San Fernando.
- Imágenes 33 y 36: creadas con el programa de ordenador *WinEclipse*, de Heinz Scsibrany.
- Imagen 34: conjunto de fotografías cortesía de Pastor y Miguel, tomadas durante el eclipse anular de Sol de 3 de octubre de 2005 en Ourense.
- Imagen 35: reproducida de la publicación de la NASA *Total Solar Eclipse of 2006 March 29*, Espenak y Anderson 2004. Con permiso de los autores.
- Imágenes 37 y 38: citado de "Las aventuras de Tintín - El templo del Sol". Editorial Juventud, 2002 (Barcelona). 19ª ed.

Índice analítico

Índice alfabético

A

Abu I-Wafa.....	43
aceleración secular.....	47
Adams, J. C.....	47, 49
al-Biruni.....	43, 46
Allais, efecto.....	60, 62
Allais, Maurice.....	52, 62
Almagesto.....	41, 101
Anáxagoras.....	40
año eclipse.....	30
Aristarco.....	41, 44
Aristóteles.....	40, 42
astrología.....	95
astronomía.....	21
aztecas.....	45

Índice analítico

B

babilonios.....	27, 39
Baily, cuentas o perlas.....	47, 48, 59, 60
Baily, Francis.....	48, 60, 115
batalla de Halys.....	39
batalla de Simancas.....	43
Bessel, elementos de.....	47
Bessel, Friedrich.....	47
Brahe, Tycho.....	12

C

caldeos.....	27, 29, 39, 40
Cassini, Jean-Dominique.....	46
Colón, Cristóbal.....	45
Comas i Solà, Josep.....	50
Copérnico, Nicolás.....	12
corona solar.....	19, 43, 46, 47, 48, 49, 51, 63
coronógrafo.....	51, 52
Cortés, Hernán.....	45
cromosfera.....	18, 19, 24, 48, 63
crucifixión.....	42

D

Diógenes.....	41
---------------	----

E

eclíptica.....	15, 16, 22
Eddington, Arthur.....	50
egipcios.....	41
Einstein, Albert.....	49, 50, 131
equinoccio.....	16, 38, 42
estrella Polar.....	16
exeligmos.....	30

F

fácula.....	48
fases de la Luna.....	17, 40
Ferrer, José Joaquín de.....	47
fotosfera.....	18, 19

G

Galilei, Galileo.....	46, 65
grado de oscurecimiento.....	25, 26, 94
gravitación.....	13
gravitación universal, ley de la.....	46

H

Halley, Edmund.....	46, 47, 115
helio.....	48, 49
Heliosfera.....	19

Índice analítico

Herodoto.....	40
Hiparco.....	41, 44, 101
J	
Janssen, Pierre Jules.....	49
K	
Kepler, Johannes.....	12
L	
Laplace.....	47
leyes de Kepler.....	23
Libración.....	17
limbo.....	60
Lockyer, Joseph Norman.....	48
Lyot.....	51
M	
magnitud.....	25, 26, 111
manchas solares.....	20, 46, 48, 62, 63, 127
mecánica celeste.....	12, 15
mes draconítico.....	29
mes sinódico.....	29
modelo ptolemaico.....	12
N	
Nabonassar.....	29, 39

Newton, Isaac.....	13
nodo.....	22
número de Wolf.....	63
O	
ocultacion.....	21
ocultación.....	25, 94, 125
P	
pinhole.....	61
precesión.....	16, 42
prismáticos.....	71, 75, 76
prominencia.....	39, 42, 47
Ptolomeo.....	12, 41, 44, 45, 101
R	
Ramsay, William.....	49
Regiomontano.....	45
relatividad general.....	49
rotación.....	15, 16, 17, 27, 100
S	
San Isidoro de Sevilla.....	42
Saros, ciclo.....	27, 29, 34, 39
Sisebuto.....	42
Sistema Solar.....	15

Índice analítico

SOHO.....	18, 52, 63, 127, 131
solsticio.....	38
Stonehenge.....	38
T	
telescopio.....	51, 71, 75, 125
Thales de Mileto.....	39, 40
tránsito.....	21
traslación.....	15, 16, 17
Tucídides.....	40
V	
Verrier, Urbain Le.....	49
Vulcano.....	49
W	
Wassenius, Birger.....	47
Wolf, número de.....	20, 48
Wolf, Rudolf.....	48

Propiedade Intelectual y Licencias

El presente documento fue creado por Altega – Xestión de Lecer. Los contenidos, gráficas y maquetación (excepto las fotos que hayan sido cedidas por terceros)... bajo asesoramiento de Xosé Dositeo Veiga Alonso, responsable de la sección de divulgación científica. Los contenidos se presentan tal y como están. Pedimos una atenta lectura a todos los apartados, especialmente los referentes a la seguridad, antes de realizar ningún tipo de actividad donde el Sol sea el objetivo. Seguro que tiene defectos y carencias. Os animamos a que nos enviéis vuestras sugerencias, mejoras y correcciones. En el caso de que haya futuras ediciones, serán tenidas en cuenta.

Esta obra está bajo una licencia Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada de “Creative Commons”. Para ver una copia de esta licencia, visita <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/> o envía una carta a Creative Commons, 559 Nathan Abbott Way, Stanford, California 94305, USA.

Lo anteriormente dicho con independencia de que algún contenido particular tenga otras licencias (ver gráficas y fotografías). Se autoriza su uso, impresión, difusión... de forma libre y gratuita, con la condición de reconocer siempre su propiedad intelectual, haciendo referencia al/los autor/es del texto. Si la difusión se realiza por Internet, deberá incluir siempre un enlace a la página web del autor/editor (www.altega.com). NO se autoriza la difusión comercial de este documento. NO se autoriza la modificación de sus contenidos. En todo caso, consultar previamente con los titulares de los derechos posibles mejoras, traducciones, ampliaciones de contenidos, difusión comercial... enviando un mensaje por correo electrónico a “info@altega.com” o “dosiveiga@gmail.com” (indicando en el asunto “Eclipses de Sol – Manual Didáctico”).

Agradecimientos

El acto de visión colectiva que se desarrolló con motivo del Eclipse Anular de Sol del 3 de octubre de 2005 en Ourense, objeto inicial del presente libro y en el que se realizaron algunas de sus fotos, fue posible gracias a la colaboración desinteresada de muchas personas.

Por eso agradecemos la ayuda prestada por Lois, Carlos, Víctor, Ana, Pastor, Miguel y a todos los amigos, conocidos o, simplemente, vecinos de la ciudad que ese día asistieron al acto.

Ourense, octubre de 2005 (edición preliminar).

Muchas de las fotos que se introducen en la segunda edición fueron cedidas amablemente por sus propietarios. Sus nombres se recogen en el "índice de imágenes", pero quería agradecerles una vez más su colaboración. También agradecemos las sugerencias recibidas por correo electrónico que nos animaron a hacer esta segunda edición con nuevos materiales y contenidos. Esperamos impacientes vuestros comentarios para una futura edición.

Ourense, febrero de 2006 (1ª edición).