



8

Calendarios y eclipses

8.1 La duración del año

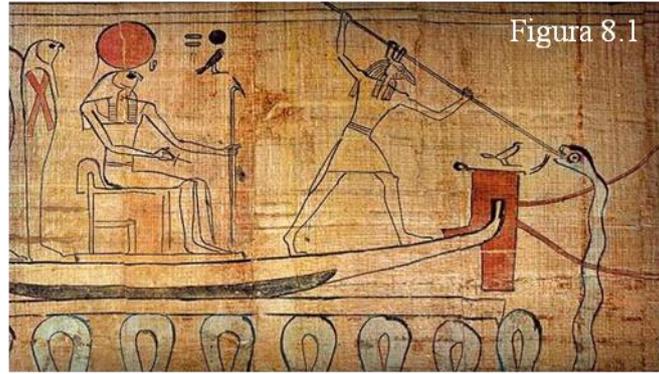
8.2 Calendarios

8.3 Eclipses

8.4 Eclipses de Sol

8.5 Eclipses de Luna

8.6 Trabajos escolares



https://pml.narvii.com/6866/0cf6c2ab6e0c9cf49459763ed003bf4eee0c241ar1-792-446v2_hq.jpg

Para los egipcios, los eclipses eran atentados cometidos por animales fabulosos: el enemigo de Ra (el Sol) es una serpiente gigantesca, Apofis, que se yergue a veces en medio de su camino y emprende la lucha. Ra desfallece, el Sol desaparece. El pueblo grita, se agita, hace todo el ruido que puede para asustar al monstruo. Pronto el Sol reanuda su ruta: la vencida Apofis ha vuelto a los abismos.

Paul Couderc, *Histoire de l'Astronomie classique*

8.1 LA DURACIÓN DEL AÑO

La especie humana ha sentido desde siempre un impulso por controlar y cuantificar el paso del tiempo, en parte por inclinación natural y también por motivos prácticos: la caza mejora cuando son conocidos los ciclos biológicos de las posibles presas que están claramente asociados a los cambios estacionales o a los hábitos diurnos; el progresivo establecimiento de la agricultura ya en tiempos muy recientes requiere una gran familiaridad con las épocas de siembra o de cosecha, de lluvias o de inundaciones, que tienen ritmos anuales; al establecerse las primeras civilizaciones urbanas fue preciso organizar la vida de los habitantes señalando anticipadamente las festividades, los rituales o los días de mercado.

Y los tres **ciclos astronómicos** básicos que hay que considerar son el día, el mes y el año. El ciclo día-noche es el más evidente y al que todos los seres vivos estamos estrechamente asociados: nuestros ritmos biológicos están marcados por esta alternancia de luz y oscuridad, de actividad y reposo. Lo mismo cabe decir del anual de las estaciones, con sus variaciones de calor y frío, de lluvias o de vientos, de flores y de nieves. Muchos animales tienen sus periodos reproductivos y sus migraciones asociados a estos cambios como la agricultura, con sus momentos adecuados para arar el terreno o para la recogida de los frutos. El tercer ciclo, el mes asociado a las fases lunares, no tiene ninguna influencia en el comportamiento de los seres vivos pero para la especie humana era muy llamativo, fácil de seguir y tenía una duración adecuada para llevar la cuenta del tiempo.

Todos los calendarios ideados por el Hombre han intentado compaginar estos ciclos para organizar la vida de las poblaciones: fijar de antemano las épocas de caza, los trabajos agrícolas, los días de mercado, de festivales religiosos, de grandes ceremonias, de pago de los

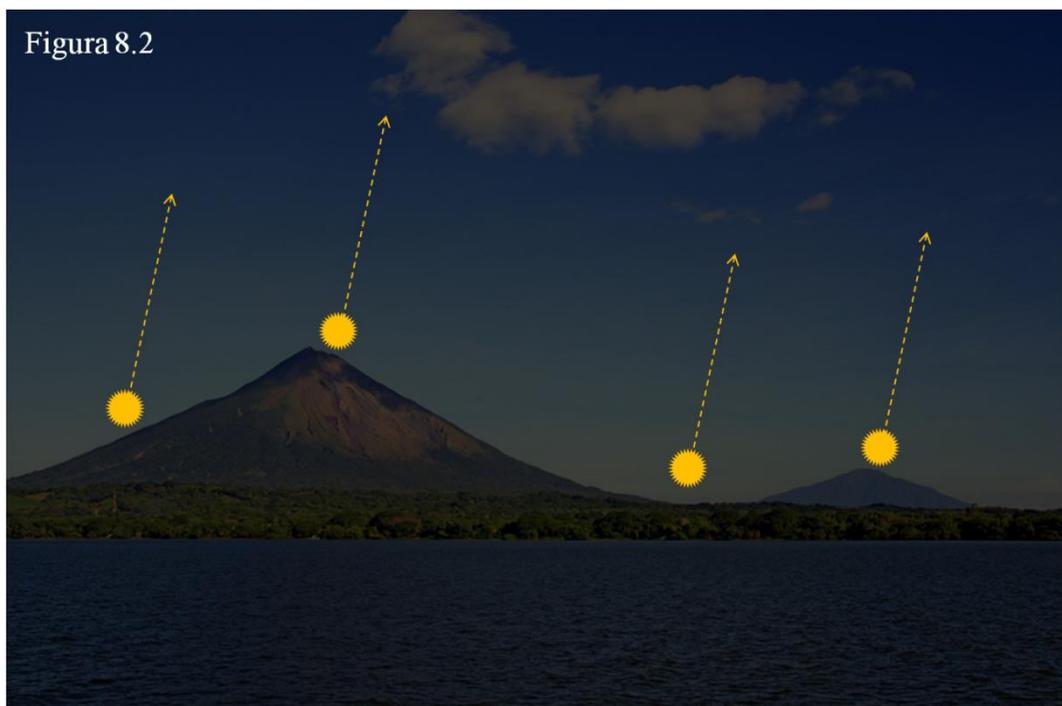
impuestos. Y en todos ellos el primer paso consistió en averiguar cuántos días hay en un mes y en un año.

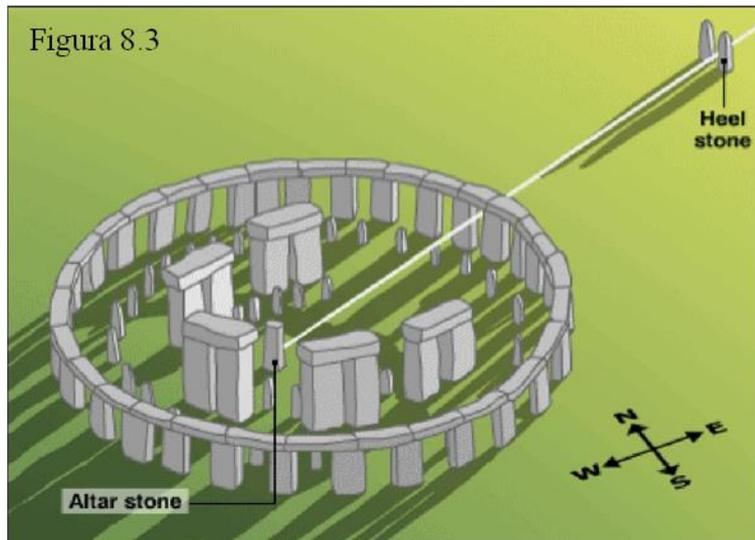
El ciclo de las fases lunares es muy evidente, razonablemente corto y fácil de seguir y de contar. Si bien puede no ser tan claro el instante exacto de la luna llena o de la nueva, a base de contar uno tras otro innumerables ciclos lunares consecutivos se puede alcanzar gran precisión en su medida, aunque esto requiere que haya algún grupo de personas (los chamanes de las tribus, la casta sacerdotal de las primeras civilizaciones) que se encargue de ello de forma continuada y sistemática. Así muy pronto ya se supo que el mes de las fases lunares tiene una duración de unos 29 días y medio como ya vimos en el tema 5.

El ciclo solar

El seguimiento y la cuantificación del ciclo anual no son tan fáciles, sobre todo por ser un periodo mucho más largo y no presentar una secuencia de avance tan clarísima como las fases lunares. Quizá lo más evidente sea el cambio paulatino en los puntos del horizonte por donde sale o se pone el Sol.

Imaginemos un primitivo asentamiento humano al borde de un lago. Desde allí es obvio seguir el avance y retroceso del orto solar: unos días lo veremos por la ladera del volcán de la izquierda, otros justo por su caldera, más adelante por el punto más bajo y algún tiempo después por la cima del monte situado a la derecha. Y luego vuelve hacia atrás. Con toda seguridad sus pobladores llegarían a asociar estas observaciones con ciertos momentos del ciclo anual: quizá la salida por la caldera del volcán coincidía con la época de lluvias o tal vez cuando el primer Sol despuntaba sobre la cima de la montaña de la derecha era el momento propicio para la siembra.





<https://image1.slidesserve.com/2686816/arquitectura-stonehenge4-1.jpg>

En la figura se representa esquemáticamente la salida del Sol en el solsticio de verano, cuando su desviación desde el este hacia el norte es máxima, señalada por unas piedras especiales (Heel Stone).

Estas observaciones seguramente comenzaron a sistematizarse muy pronto como lo muestra el monumento megalítico de **Stonehenge**, situado al sur de Inglaterra, que fue a la vez un lugar de culto religioso y un observatorio astronómico. Construido en el tercer milenio antes de nuestra era, consistía en algunos círculos concéntricos hechos con grandes bloques de piedra.

Parece ser que los sacerdotes, desde el centro, observaban los puntos del horizonte por donde salía y se ponía el Sol. En la

Presumiblemente con las primeras civilizaciones (Egipto, Mesopotamia) comenzaron a utilizarse también observaciones de la altura del Sol mediante un simple palo vertical (un gnomon) estudiando y analizando la dirección y la longitud de su sombra.

Sea como fuere, los hitos de las estaciones, los solsticios, debieron localizarse mediante alguno de estos métodos (desvío máximo hacia el norte o hacia el sur del orto y ocaso, mínima o máxima longitud de la sombra del gnomon a mediodía). Sin embargo esos instantes no son fáciles de precisar por cuanto la variación en la longitud de la sombra o en el punto de salida en los días próximos al solsticio es muy lenta (de ahí el nombre de “solsticio”, Sol estático, quieto, sin cambios, ver tema 6); más fácil es determinar el momento del equinoccio, porque en esas fechas el Sol avanza bastante deprisa cambiando velozmente sus puntos de salida o puesta y su máxima altura; pero la idea de equinoccio como punto intermedio entre los solsticios parece una elaboración más abstracta y debió aparecer más tarde.

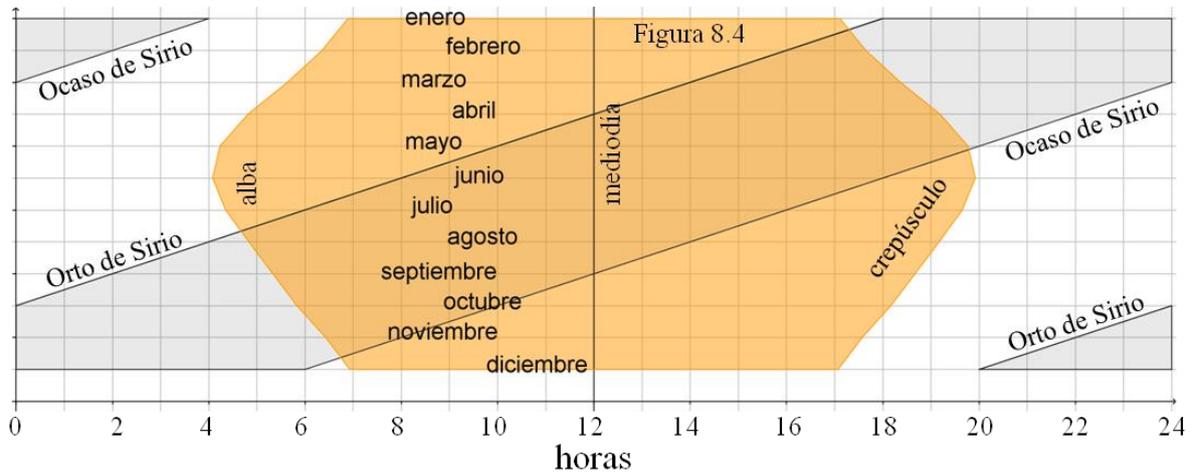
El año de las estrellas

Hay otro procedimiento para seguir el ritmo de las estaciones: el **ciclo de visibilidad** de estrellas y constelaciones. Aquí naturalmente el Sol también interviene, pero indirectamente; lo que se deduce es la posición de las estrellas respecto a él. También tenemos constancia de su temprana utilización.

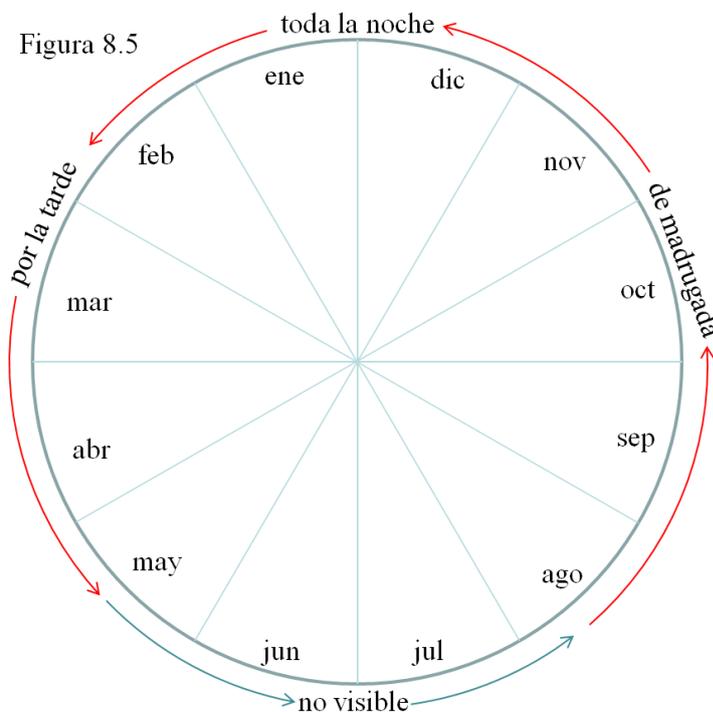
El movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol, o el aparente de éste a lo largo de la eclíptica, afecta a la posibilidad de contemplar o no las constelaciones. Cuando el Sol está situado delante de Leo (hacia finales de agosto), lógicamente, no es posible ver las estrellas de esta constelación, pues quedan deslumbradas por la luz solar. Por el contrario, sí que se podrán contemplar por la noche las que estén en la zona opuesta de la esfera celeste: Acuario

o Capricornio. Vamos a analizar someramente la visibilidad de las estrellas y constelaciones a lo largo del año.

El gráfico presenta sombreado en naranja los momentos en los que hay luz solar (incluyendo los crepúsculos) y en gris claro los intervalos en los que la brillante Sirio, la α de Canis Major, es visible sobre el horizonte.



En enero, por ejemplo, es observable en todo su recorrido puesto que sale a las 18 horas, justo al acabar el crepúsculo, y se pone a las 4; lo mismo sucede en diciembre (sale a las 20, ya noche cerrada, y se pone a las 6 de la mañana algo antes de que comience el alba). En cambio, en mayo, junio y julio es imposible verla (está por encima del horizonte de día); en abril sale en pleno mediodía, así que solo es visible desde el fin del crepúsculo vespertino (19:40) hasta su puesta (22:00) y en septiembre sale a las 2 de la madrugada y podremos admirarla unas pocas horas antes de amanecer hasta el comienzo del alba (5:20).

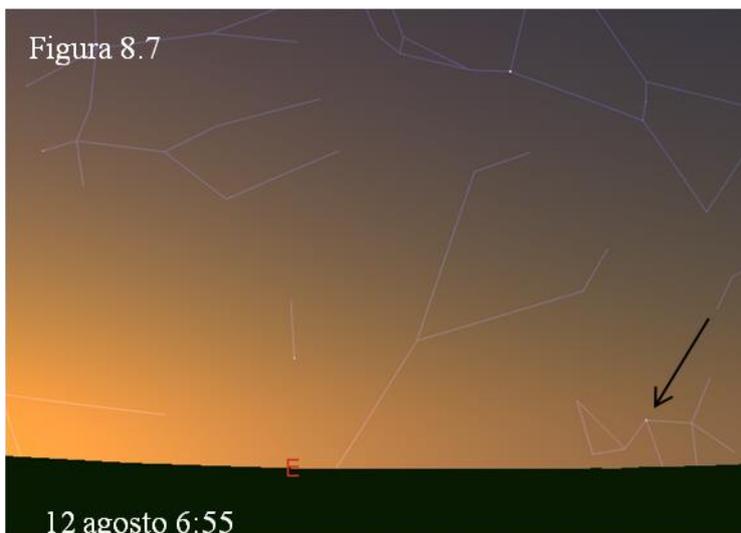
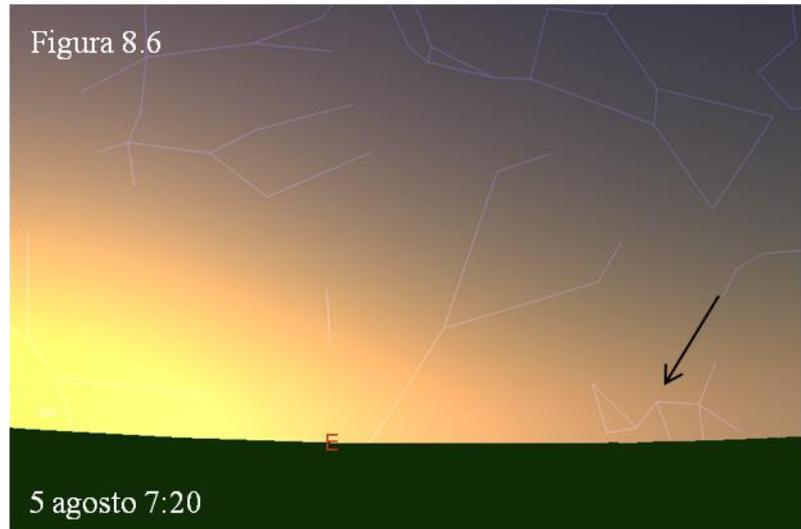


El ciclo anual de visibilidad de Sirio sería así: comienza a verse unos momentos antes de amanecer (lo que se conoce como el **orto helíaco**) en agosto; en septiembre y octubre se ve cada vez más tiempo siempre de madrugada; entre noviembre y febrero prácticamente todo su recorrido es observable; en marzo y abril se ve desde la puesta de Sol durante la primera parte de la noche, y en mayo, junio y julio desaparece por completo.

Los antiguos egipcios medían el año, además de recurriendo a observaciones solares (altura, longitud del día, puntos de salida y puesta), a través del seguimiento de la visibilidad o invisibilidad de Sirio. Para ellos era fundamental hacerlo con precisión, pues todo su sistema agrícola dependía de la crecida del Nilo, que inundaba con un fértil limo las llanuras de sus orillas, dejando la tierra preparada

para la siembra. Estas crecidas siempre se producían en la misma época del año, que sistemáticamente coincidía con la primera aparición de Sirio entre las luces del alba tras varios meses oculto (hacia el año 2000 a.C. esto ocurría un poco después del solsticio de verano). En la actualidad y para nuestras latitudes templadas el orto helíaco de Sirio sucede hacia el 12 de agosto.

Unos días antes cuando Sirio empieza a asomar por encima del horizonte el Sol está ya a punto de salir y la luz del alba impide verlo.



Pero conforme pasan los días Sirio sale un poco antes a la vez que el Sol lo hace un poco más tarde, con lo que hay una fecha en la que ya es posible divisarlo durante unos minutos antes de que lo envuelva la luz del día.



Y poco a poco se va haciendo cada vez más tiempo visible.

Todas las estrellas tienen un ciclo similar, cada una en las fechas que le correspondan. Las Pléyades comienzan a verse al alba hacia el 20 de junio tras unos 45 días en los que permanecen ocultas; en meses sucesivos van apareciendo cada vez más horas de madrugada; hacia finales de noviembre se observan toda la noche y luego comienzan a ser visibles solo por la tarde hasta que hacia el 5 de mayo es la última fecha en la que es posible atisbarlas justo al acabar el crepúsculo.

La relación entre el ciclo de visibilidad de las diferentes estrellas y el de las estaciones era bastante conocida en la época griega y las posiciones nocturnas de las constelaciones se utilizaban como jalones seguros y precisos para marcar el curso del año. Así Hesíodo (hacia el año 700 a.C.) dice: *“Cuando las Pléyades y las Hyades y la fuerza de Orión se pongan, acuérdate de arar el campo ... Pero cuando Orión y Sirio alcancen el medio del cielo y la aurora de rosados dedos vea a Arturo, entonces ... corta todos los racimos de uvas y llévalos a casa ...”* (Los Trabajos y los Días, 615-17, 609-11).

8.2 CALENDARIOS

De esta manera, siempre a través de los astros, todas las civilizaciones se preocuparon por establecer la duración del ciclo de las estaciones, del año trópico (de un equinoccio de primavera al siguiente, que es el que nos interesa, ver lección 6). En un principio fueron aproximaciones un tanto imprecisas (360 días), pero muy pronto se llegó a la cifra de 365 días. Como el año es un poco más largo, el pequeño error que se comete se va acumulando, con lo que, al cabo de unas cuantas décadas, ya es muy apreciable. Por eso se han ideado diversas reformas del calendario a lo largo de la historia. Las más importantes, en el mundo occidental, fueron la juliana y la gregoriana.

En el siglo I a.C., Julio César, siguiendo los consejos del astrónomo Sosígenes, introdujo los días bisiestos: tres años tenían 365 días y el cuarto 366. De esta manera la duración media del **año juliano** era de $365 \frac{1}{4}$ días = 365,25 días = 365 días 6 horas.

Esta regla se mantuvo durante muchos siglos en Europa, pero en el siglo XV ya se notó que no era del todo precisa. El equinoccio de primavera, que debería ocurrir siempre en una misma fecha, se iba adelantando: en vez de producirse el 21 de marzo, tenía lugar antes, hacia el 10 de marzo. 1.500 años trópicos duraban algunos días menos que 1.500 años julianos. Así que un año juliano debía ser igual a un año trópico y un poco más de tiempo. El año juliano resultaba ser un poco más largo de lo debido.

En 1582 el papa Gregorio XIII, asesorado por los astrónomos Christopher Clavius y el salmantino Pedro Chacón, promulgó su reforma del calendario, suprimiendo los días sobrantes: al jueves -juliano- 4 de octubre de 1582 le sucedió el viernes -gregoriano- 15 de octubre de 1582. Así, diez días desaparecieron debido a que ya se habían contado de más en el calendario juliano. Se da la coincidencia de que en dicho día 4 falleció Santa Teresa de Jesús, y se la enterró al día siguiente 15 de octubre.

La nueva norma establece que serán bisiestos todos los años múltiplos de 4, pero que no lo serán los años finales de cada siglo (múltiplos de 100), con la excepción de los múltiplos de 400 que sí serán bisiestos. Ésta es la **reforma gregoriana** que actualmente está en vigor. Por ejemplo, el año 2200 no será bisiesto porque, aunque es múltiplo de 4 también lo es de 100, pero no de 400. En cambio 2800 sí será bisiesto ya que sí es múltiplo de 400.

Ejercicio 8.1

- a) Señala cuáles de los siguientes años fueron o serán bisiestos y cuáles no: 1592, 1600, 1700, 1800, 1900, 1996, 2000, 2010, 2100, 2400 y 2500.
- b) Averigua el número de días que hay desde el 1 de enero del año 1601 hasta el 31 de diciembre del 2000, ambos inclusive.
- c) ¿Cuántos años hay desde 1601 hasta el 2000, contando ambos?
- d) ¿Cuál es la duración media del año según el calendario gregoriano? Expresa esta duración media en días, horas, minutos y segundos.

Haz clic [aquí](#) para ver la solución.

Según las mediciones modernas más precisas, la duración del año trópico es de 365 días, 5 horas, 48 minutos, 45 segundos y 22 centésimas (365,24219). El gregoriano sigue siendo un poco más largo de lo debido.

Ejercicio 8.2

- a) ¿Qué error se cometía con el calendario juliano? Exprésalo en minutos y segundos.
- b) ¿Al cabo de cuántos años julianos se acumula ya un error de un día completo?
- c) ¿Cuál se comete con el actual calendario gregoriano?
- d) ¿Cuántos años tienen que transcurrir hasta que el error acumulado sea de un día?

Haz clic [aquí](#) para ver la solución.

En la actualidad ya llevamos casi 450 años utilizando la reforma gregoriana y el error acumulado alcanza unas 3 horas.

Nuestros meses son una clara reminiscencia del ciclo de las fases lunares, pero nuestro calendario es exclusivamente **solar**: se ajusta muy bien al ciclo de las estaciones (el equinoccio de primavera siempre ocurre el 20 o el 21 de marzo) mientras que no guarda relación alguna con la fase de la Luna (la edad de la Luna y el día del mes sólo a veces coinciden casualmente). Los calendarios solares se han impuesto porque el ciclo de las estaciones marca nuestra vida mucho más que las fases lunares.

El calendario que está en vigor en los países musulmanes es exclusivamente **lunar**, perfectamente acoplado con el ciclo de las fases, pero independiente del ciclo de las estaciones, al revés que el nuestro. Es decir, en el calendario musulmán la edad de la Luna coincide con el día del mes, pero el equinoccio de primavera no tiene una fecha fija. El año consta de 12 meses (de 29 o 30 días) con lo que es de 354 días, 11 menos que lo que debería durar, de forma que el equinoccio de primavera se va atrasando esos 11 días cada año.

Existieron y existen calendarios **luni-solares**, como el judío, que establecen una serie de reglas (por lo general algo complicadas), de manera que tanto los meses como los años transcurran en paralelo con los dos ciclos astronómicos. Lo consiguen intercalando un mes extra cada tres años aproximadamente.

8.3 ECLIPSES



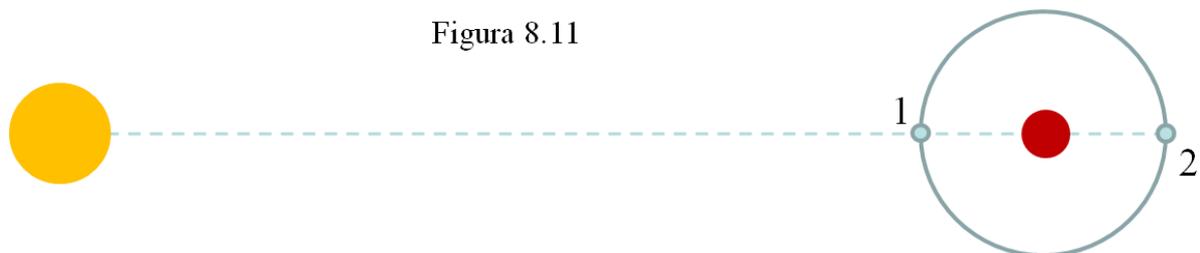
Los eclipses, sobre todo los de Sol, son sucesos espectaculares y extraordinarios (figura 8.9). Podemos imaginar la sorpresa y el temor que debió causar en tiempos remotos la súbita desaparición de la luz en mitad del día durante unos pocos minutos: los animales se desorientan, disminuye la temperatura, las estrellas se hacen visibles y todo hace creer en algo terrorífico e impensable, sobrenatural, y así surgieron las numerosas leyendas y mitos que se idearon para explicarlos, como el egipcio que encabeza este capítulo. Aún hoy que conocemos la explicación y sabemos predecirlos resulta emocionante presenciar un eclipse total de Sol.

Los de Luna son menos llamativos, pero no deja de sorprender la paulatina inmersión de nuestro satélite en la sombra de la Tierra hasta casi desaparecer durante algunas horas. La figura 8.10 es la secuencia del eclipse lunar antes del amanecer del 28 de septiembre de 2015: conforme la Luna avanzaba hacia su ocaso por el oeste, su parte izquierda comenzó a dejar de verse, en los momentos centrales tuvo una coloración rojiza y después volvió a iluminarse poco a poco por su izquierda.



Causas

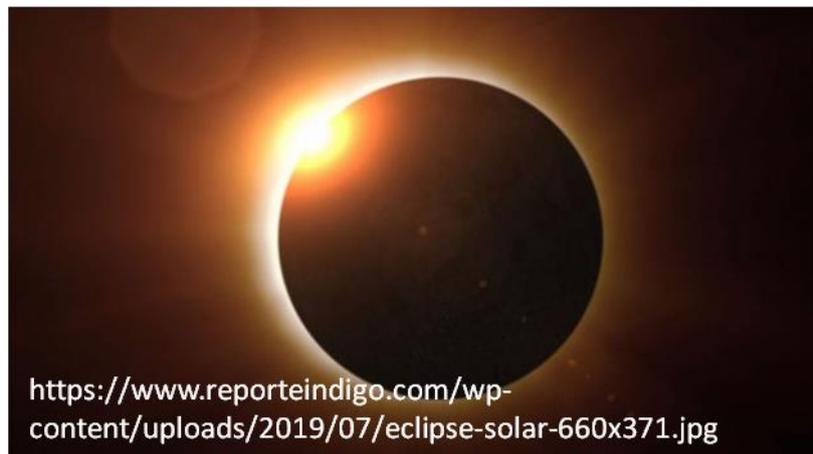
Ya en época griega, hacia el 400 a.C., se había constatado que los eclipses de Sol siempre suceden en luna nueva y los de Luna en fase llena. Esta recurrente coincidencia, entre otras cosas, llevó a comprender la causa de los eclipses: la inmersión de la Luna en el cono de sombra de la Tierra o la interposición del satélite entre el Sol y nosotros. A medida que la Luna recorre su órbita puede haber momentos en los que se encuentre exactamente alineada con el Sol y con la Tierra, bien, como en la posición 1 de la figura 8.11, en medio de estos dos cuerpos, bien al otro lado de la Tierra (posición 2). En la posición 1 se interpone en el camino de los rayos solares hacia la Tierra y se produce un eclipse de Sol. En la 2 la Luna se sitúa dentro del cono de sombra que provoca la Tierra y tenemos un eclipse de Luna.



Ejercicio 8.3

En la figura 8.11

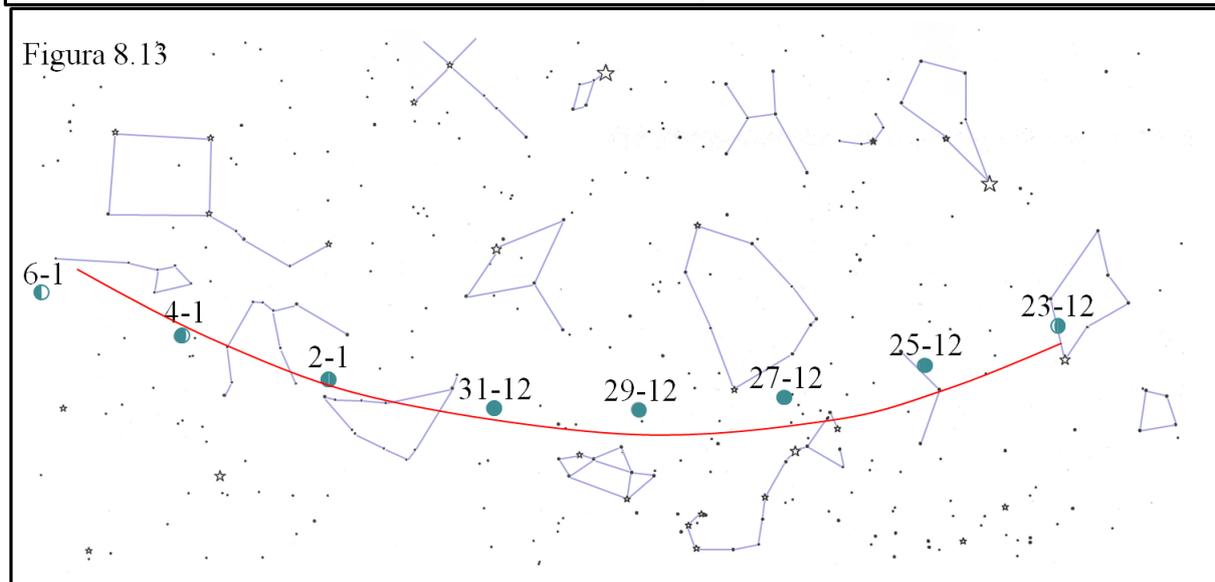
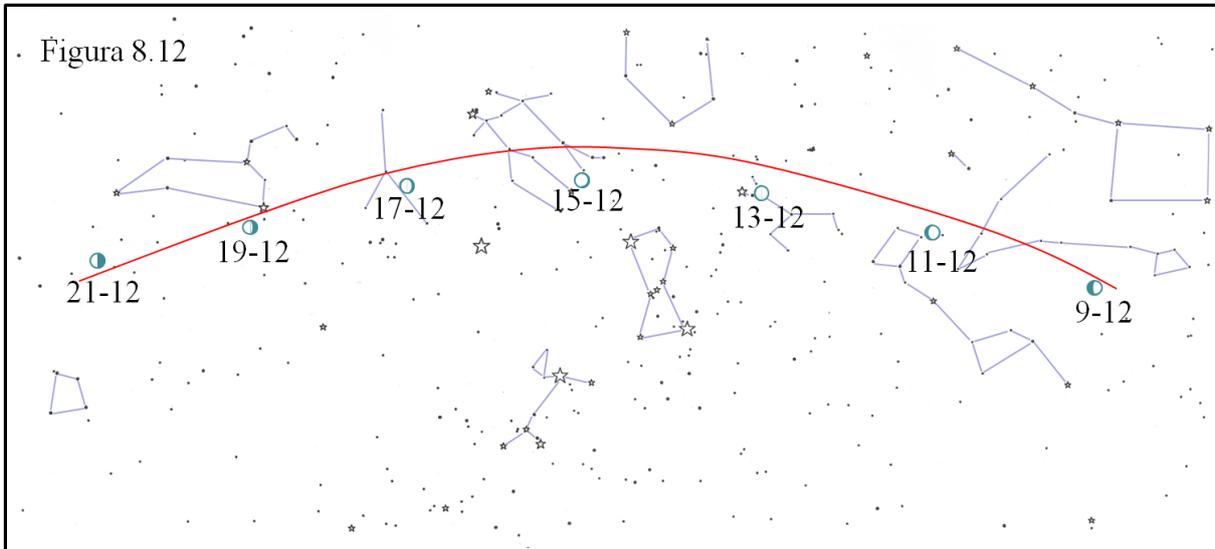
- ¿Cuál es la fase de la Luna en la posición 1?
- ¿Y en la 2?
- ¿Podría haber eclipses en alguna otra fase?



Haz clic [aquí](#) para ver la solución.

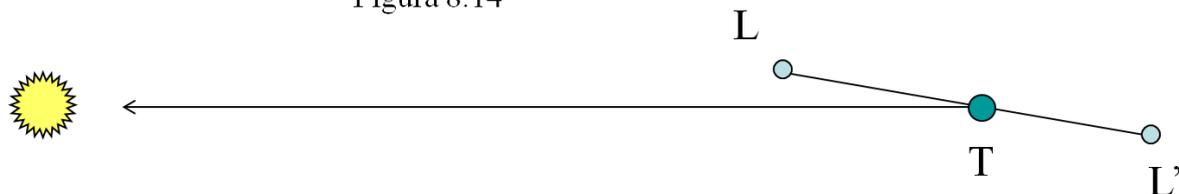
Según la figura 8.11, parece como si debiera haber un eclipse de Sol en cada luna nueva y uno lunar en cada fase llena, lo que supondría un eclipse cada 15 días. Esto no es así; se trata de fenómenos poco frecuentes. ¿Cuál es la razón?

La Luna recorre el zodiaco en un mes, pero no por su línea central, la eclíptica, como hace aparentemente el Sol, sino desviándose hasta 5° hacia el norte o hacia el sur como se aprecia en estos mapas (figuras 8.12 y 8.13) que indican su posición en diciembre 2016 y enero 2017; la línea roja es la eclíptica; el 15 de diciembre la Luna estaba algo por debajo, hacia el 20 la cruzó hacia el norte, alcanzando el 26 su máxima desviación y volvió a atravesarla en sentido descendente en torno al 3 de enero.

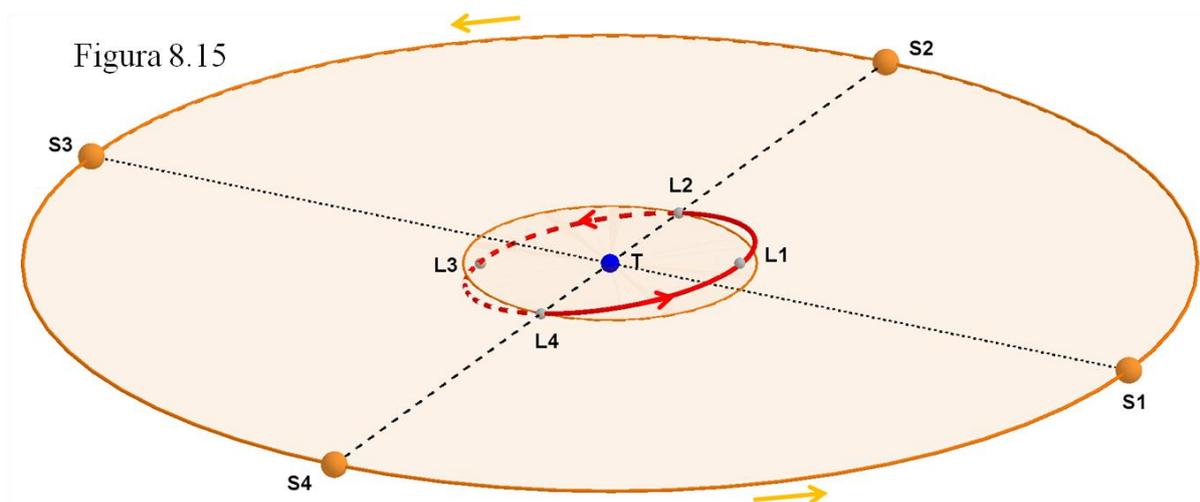


Esto se debe a la **inclinación** de su órbita con respecto a la eclíptica, que es de esos 5° , por lo que lo más frecuente es que cuando se produce la luna nueva, por ejemplo, el Sol, la Luna y la Tierra no estén alineados, sino que nuestro satélite quede algo por encima o algo por debajo de la línea recta Sol-Tierra, de modo que el eclipse de Sol no tiene lugar.

Figura 8.14



En el esquema siguiente están representadas las órbitas aparentes del Sol (en naranja) y de la Luna (en rojo) alrededor de la Tierra. Se ha dibujado horizontal el plano de la eclíptica, mientras que la órbita lunar tiene una pequeña inclinación: en L1 nuestro satélite está “por encima” del plano de la eclíptica, pero en L3 queda “por debajo”. En L2 y en L4 la Luna se sitúa exactamente en el plano de la eclíptica; esos dos puntos reciben el nombre de **nodos**; L2 es el nodo descendente y L4 el ascendente. La línea discontinua del dibujo (S2 L2 T L4 S4) que es la intersección del plano orbital de la Luna con el de la eclíptica se llama línea de los nodos.



Como el Sol recorre su trayectoria aparente en un año y la Luna en un mes, es posible cualquier combinación de posiciones (S1 L1, S2 L4, S3 L2 y también cualquier intermedia). En S1 L1 la fase será de luna Nueva, pero no habrá eclipse de Sol, puesto que la Luna queda muy por encima de la línea T S1 y no bloquea la luz que procedente del Sol llega a la Tierra.

Ejercicio 8.4

Completa la tabla siguiente. Si hay eclipse indica de qué tipo:

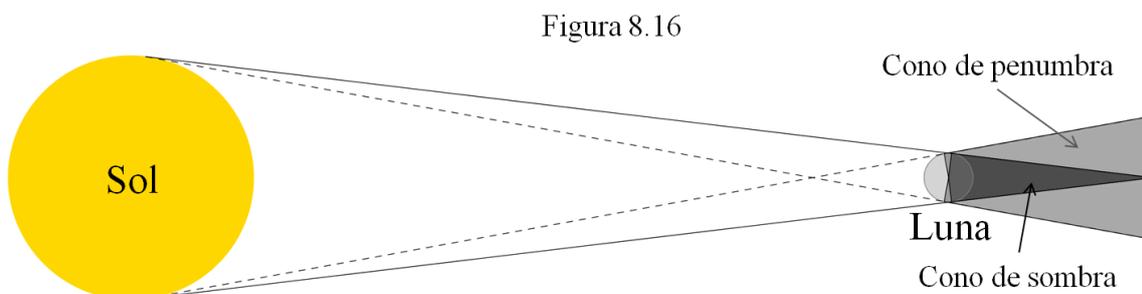
posición	S1 L1	S1 L2	S1 L3	S2 L1	S2 L2	S3 L4	S4 L2	S4 L4
fase	N			CM		CC		N
¿eclipse?	NO							de sol

Haz clic [aquí](#) para ver la solución.

Para que los tres cuerpos estén alineados la Luna debe encontrarse también en el mismo plano de la eclíptica. En su órbita (en sentido directo, antihorario) nuestro satélite cruza dos veces ese plano en los nodos. Solo cuando la Luna se encuentre en alguno de los nodos (y el Sol también en la misma línea de los nodos) podrá darse un eclipse.

8.4 ECLIPSES DE SOL

En cualquier momento la Luna, iluminada por el Sol, produce un cono de sombra y uno de penumbra. Desde un punto cualquiera dentro del cono de sombra no se ve nada del Sol pues todos sus rayos quedan obstaculizados. En cambio desde el interior del cono de penumbra no resultan bloqueados todos los rayos solares, pero sí algunos; desde allí será visible solo una parte del Sol.



En los eclipses de Sol, el cono de sombra provocado por la Luna tiene su vértice aproximadamente en la superficie de la Tierra. Desde dentro del cono de sombra no se ve nada del Sol, mientras que desde el cono de penumbra se ve parte de él. Por eso la zona de la Tierra (el mínimo círculo negro) desde la que se ve un eclipse total es muy pequeña, en el mejor de los casos unos 250 km de diámetro, mientras que se puede ver un eclipse parcial desde muchos más lugares (toda la zona gris de la superficie terrestre).

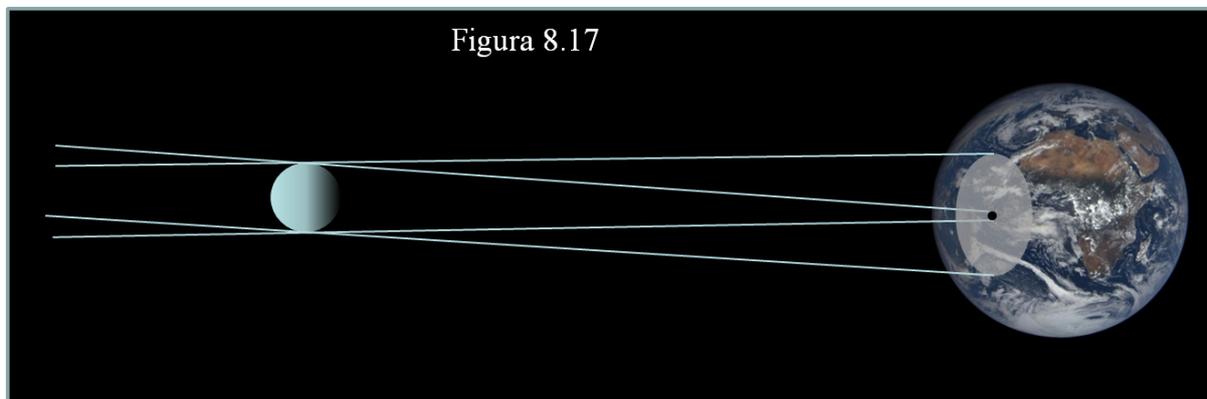


Figura 8.18

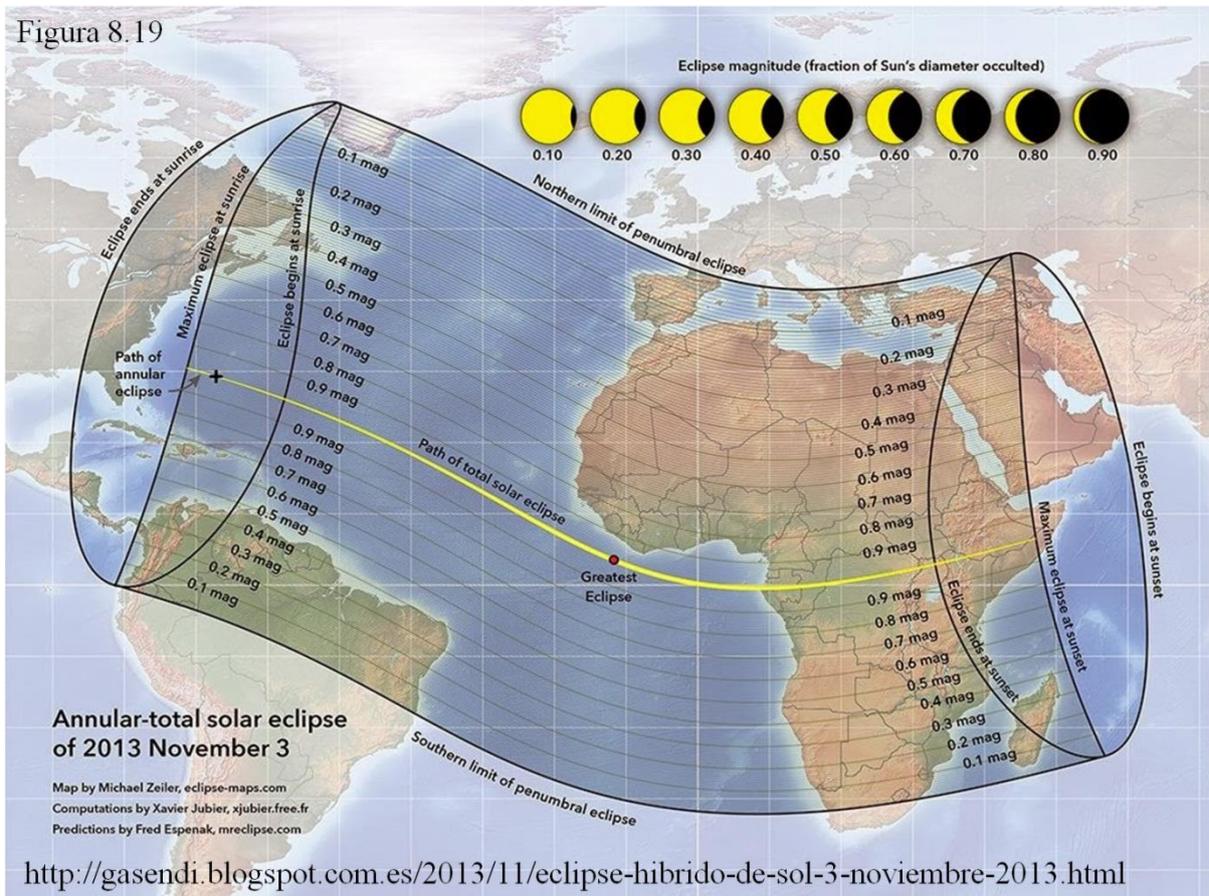


La magnífica foto siguiente, tomada desde el espacio, muestra la zona, aproximadamente circular, donde se estaba viendo total el eclipse del 20 de marzo de 2015.

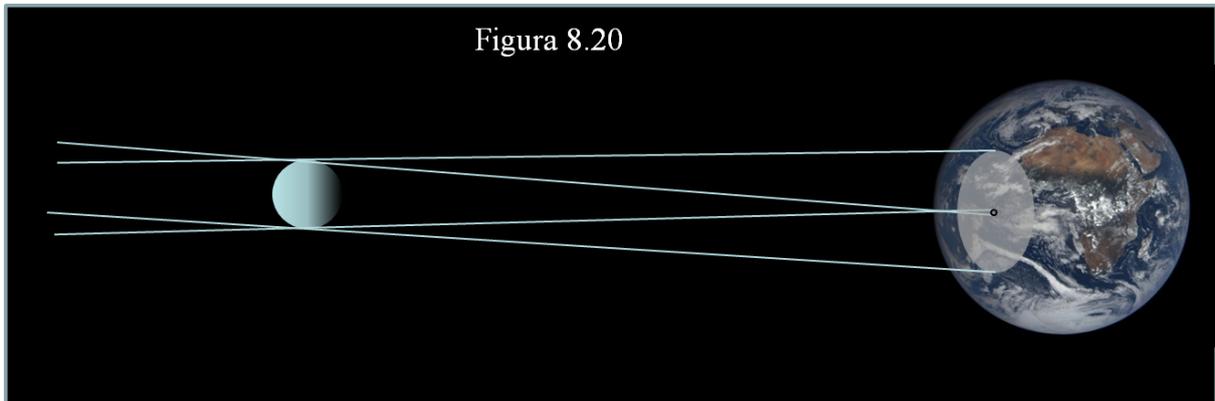
Pero debido a la rotación de la Tierra y a los movimientos combinados del Sol y de la Luna, esa pequeña zona donde el eclipse total es visible se va desplazando a lo largo de las horas, de forma que tendremos una banda (estrecha, eso sí) de la superficie terrestre en la cual se podrá observar la totalidad.

Para cada eclipse los profesionales elaboran unos mapas con toda la información. En este, para el 3 de noviembre de 2013, la línea amarilla es la banda desde la cual será visible la totalidad del eclipse (atraviesa el Atlántico y casi toda África ecuatorial); la banda mucho más ancha que llega hasta España es la zona en la que el eclipse se verá como parcial.

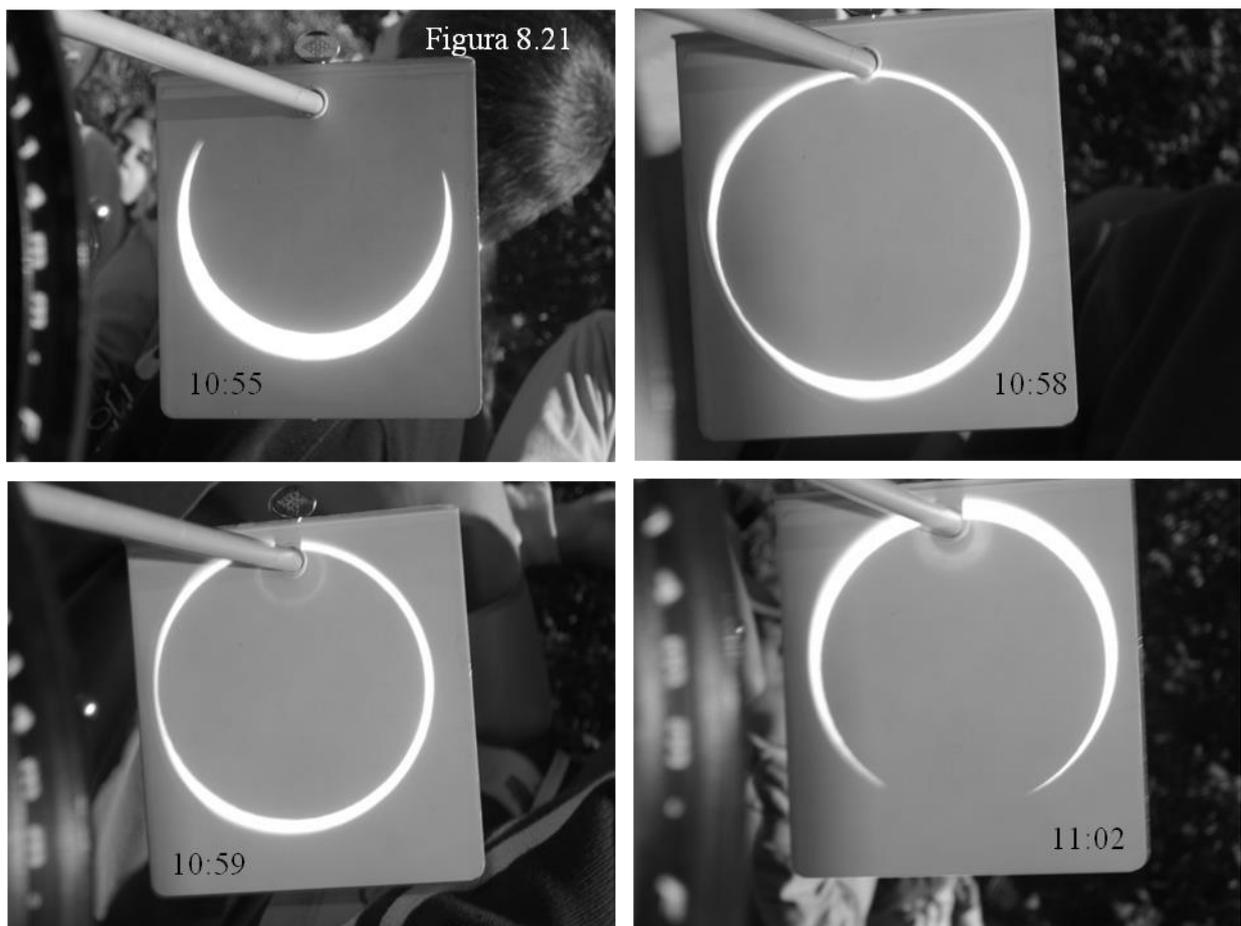
Figura 8.19

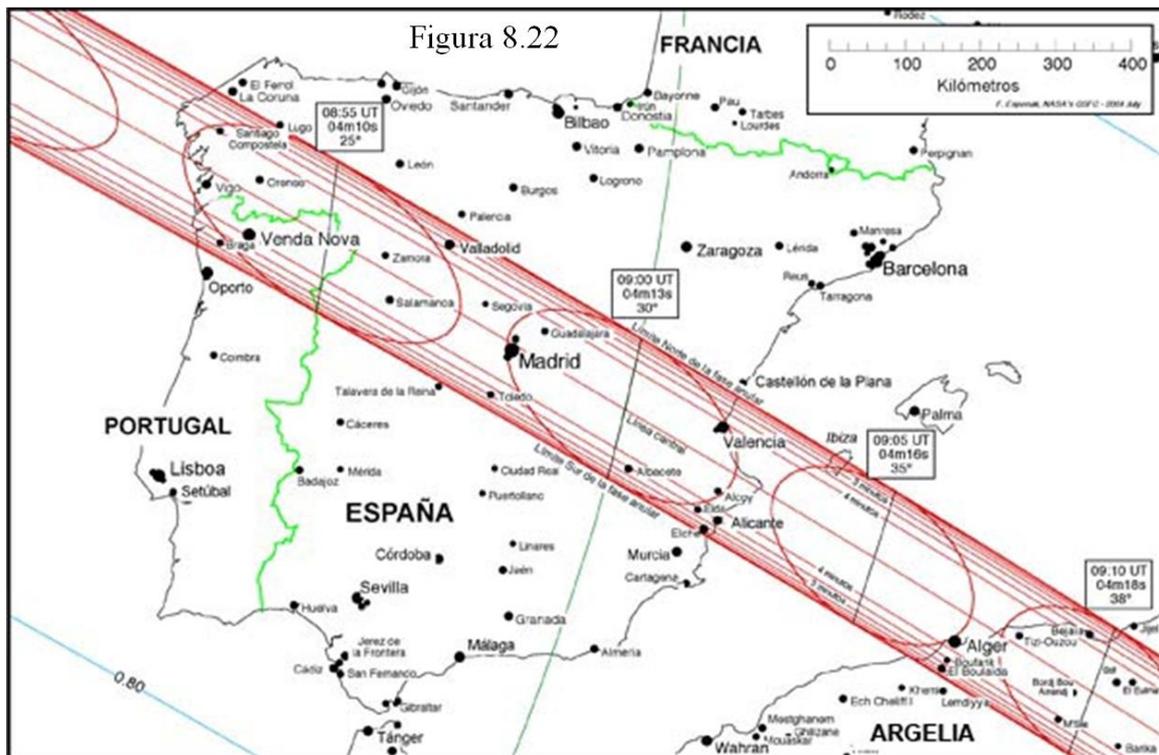


Como las distancias de la Tierra a la Luna y al Sol varían ligeramente, dado que las órbitas son siempre elipses con el cuerpo central (el Sol o la Tierra) algo desplazado hasta la posición de un foco, el cono de sombra causado por la Luna puede ser un poco más largo o un poco más corto. Si es un poco más largo (cuando la Luna esté muy cerca o el Sol muy lejos), la región desde la que puede verse el eclipse total es más grande (y durará más). Si es un poco más corto y su vértice no llega a la Tierra (figura 8.20), desde los puntos terrestres situados inmediatamente debajo del vértice se verá un eclipse anular.



Estas fotos (figura 8.21), tomadas desde Madrid, muestran los momentos centrales del eclipse anular del 3 de octubre de 2005, cuya banda de visibilidad (figura 8.22) cruzó España.



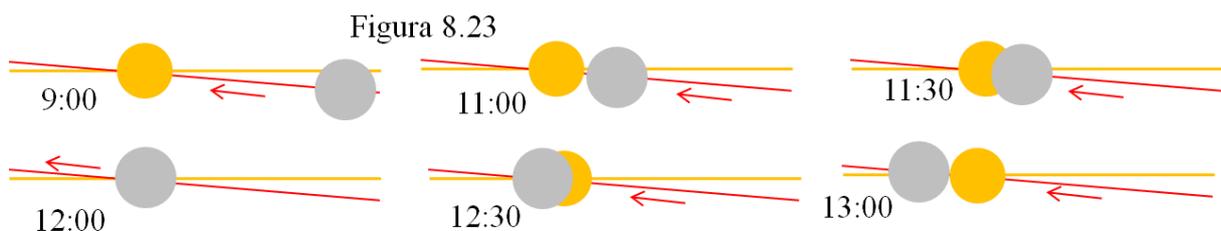


http://pendientedemigracion.ucm.es/info/Astrof/obs_ucm/eclipse_anular05/ASE2005map5a.gif

El que un eclipse sea total, anular o parcial, así como su duración, depende esencialmente de dos factores:

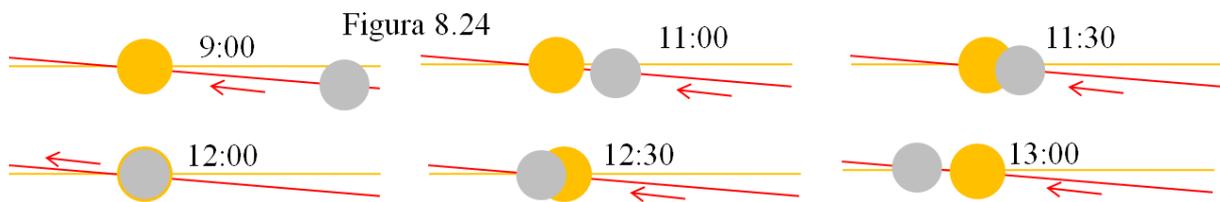
- Los tamaños aparentes del Sol y de la Luna vistos desde la Tierra, que oscilan ligeramente en función de las distancias TL y TS. El diámetro aparente del primero varía entre $31' 28''$ y $32' 32''$, mientras que el de la Luna oscila entre $29' 23''$ (cuando está más lejos) y un máximo de $33' 32''$, mostrando mayor variación al ser su órbita más excéntrica.
- La posición del Sol en el instante en que la Luna alcanza el nodo de su órbita.

La figura 8.23 muestra la secuencia de un eclipse total de Sol. La línea horizontal amarilla es la eclíptica por la que avanza el Sol y la roja es la órbita lunar. Tanto el Sol como la Luna avanzan de derecha a izquierda (de Oeste a Este), pero el primero lo hace muy lentamente; prácticamente podemos considerar que está quieto. Prescindimos totalmente del movimiento de rotación y nos fijamos como referencia en el nodo lunar, el punto de intersección entre la eclíptica y la órbita lunar, en este caso el ascendente.

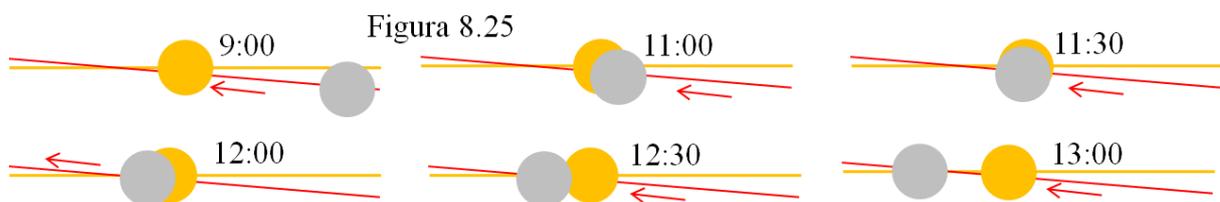


Aquí ambos astros coinciden a las 12:00 justo en el nodo y el tamaño aparente de la Luna es un poco mayor que el del Sol con lo que se produce eclipse total.

En cambio, si el diámetro aparente de la Luna fuera algo menor tendríamos un eclipse anular:



Sin embargo si no coinciden ambos en el nodo a la misma hora el eclipse solo será parcial:



En esta última simulación (figura 8.25) la Luna pasa por el nodo a las 12:00, como en los ejemplos anteriores, pero el Sol a esa hora no está allí sino un poco a la derecha; coinciden hacia las 11:30, pero fuera del nodo con lo que la Luna no oculta totalmente al Sol.

Ejercicio 8.5

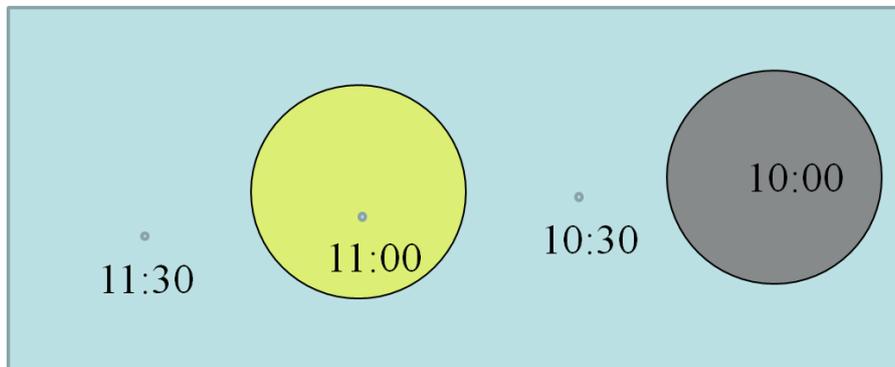


- Esta fotografía ¿se tomó próxima al comienzo o al terminar el eclipse?
- Mide el diámetro de la circunferencia solar. Mide también sobre la foto el diámetro del disco lunar. ¿Cuál de los dos es mayor?
- ¿Qué tipo de eclipse pudo ser?

Haz clic [aquí](#) para ver la solución.

Ejercicio 8.6

En este dibujo aparecen los momentos centrales de un eclipse solar. Se indican las posiciones del centro del disco lunar cada media hora.



- Copia círculos como el gris oscuro (la Luna) dibujando así su situación y simulando la secuencia de ese eclipse.
- ¿Qué tipo de eclipse solar se reproduce así?

Haz clic [aquí](#) para ver la solución.

¿Cómo observar un eclipse de Sol?

La radiación solar es muy intensa y puede dañar seriamente la vista. Nunca se debe mirar al Sol directamente y mucho menos a través de un telescopio, prismáticos u otro instrumento óptico. Una sencilla experiencia nos alertará sobre la potencia de sus rayos: coloquemos un telescopio apuntando al Sol y situemos una mano un poco por encima del ocular; notaremos un calor tan intenso que tendremos que retirar la mano casi al instante para evitar quemarnos; un trozo seco de papel en esa posición, recibiendo los rayos solares concentrados por la óptica del telescopio, arderá al cabo de pocos momentos.

- A simple vista

Para contemplar nuestra estrella a simple vista es preciso proteger nuestros ojos. Lo más asequible es adquirir unas **gafas** especiales para eclipses que suelen tener una montura de cartón y, en lugar de cristales, unos filtros adecuados para ello, en un material que recuerda al papel de aluminio.



https://elsoldesanjuan.com.ar/wp-content/uploads/2019/06/48121052926_db74731698_b.jpg



Figura 8.27

<https://moti.news/upload/media/entries/2016-09/01/12690-0-01541164b66d26f3d2433d1ef9144953.jpg>

Otro sistema protector es un **crystal de soldador**. Existen en el mercado con diferentes niveles de protección, indicado por un número. Es conveniente utilizar los del nº 14 o 15, que son los más oscuros y fiables. Y cerciorarse de que son cristales homologados: suelen tener un número grabado indicando que cumplen la norma correspondiente de la Comunidad Europea (CE). Estos filtros protegen también de la radiación infrarroja y ultravioleta que no podemos percibir a simple vista.

Ninguno de ellos debe ser usado en combinación con cualquier instrumento óptico pues no ofrecen seguridad. Y desde luego los procedimientos caseros, como radiografías, películas veladas o CDs deben ser descartados radicalmente. Toda precaución será poca.

➤ Con telescopio

Es posible observar el Sol a través de un telescopio (o prismáticos) siempre y cuando coloquemos delante de él, como se ve en la fotografía, un **filtro** especial adecuado. Los más utilizados son los filtros Mylar que son caros pero seguros. Debe estar bien sujeto al tubo del telescopio para evitar que una ráfaga de viento o algún movimiento brusco pudieran desplazarlo mientras estamos mirando, lo que podría ser catastrófico.



Figura 8.28

<https://cajalesygalileos.files.wordpress.com/2013/11/eclipse-telescopio4.jpg>

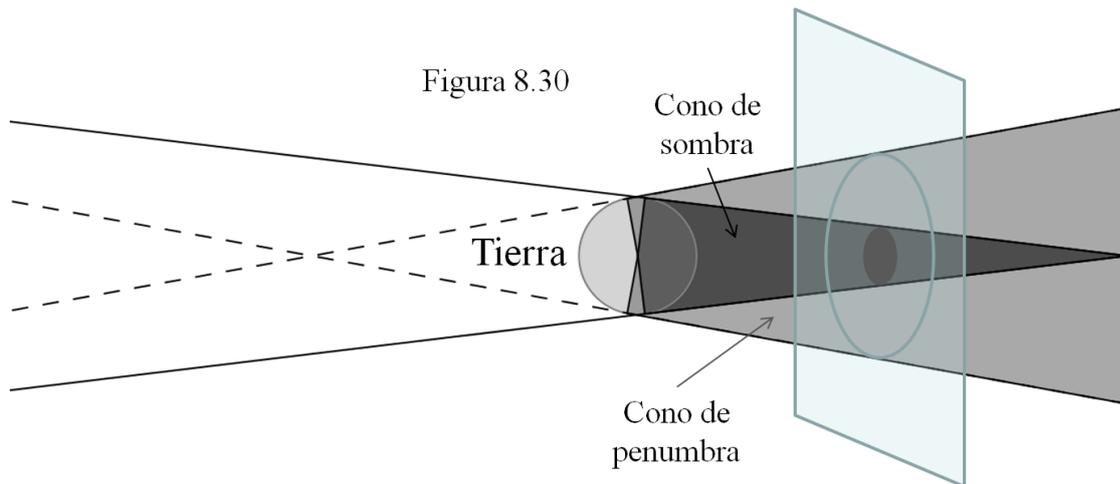


Figura 8.29

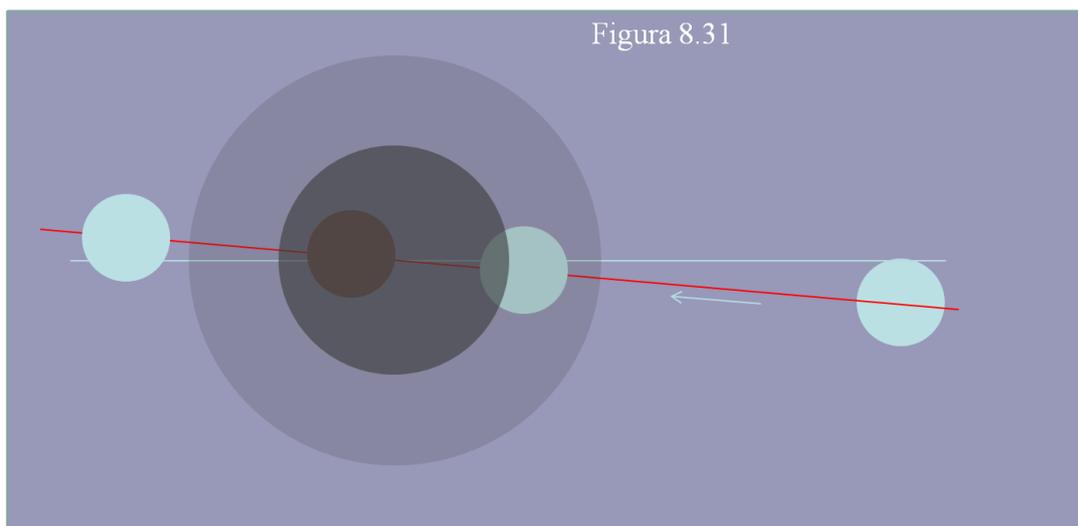
Más seguro es observar el Sol **por proyección** sobre una pantalla. Esto tiene además la ventaja de que varias personas a la vez pueden mirar la imagen solar que se forme en ella. Algunos telescopios llevan entre sus accesorios una pequeña pantalla que se sujeta a la montura mediante una barra como se aprecia en esta fotografía.

8.5 ECLIPSES DE LUNA

También la Tierra, iluminada por el Sol, produce un cono de sombra y otro de penumbra, mucho más extensos que los provocados por la Luna al tener aquella un tamaño considerablemente mayor. Cuando la Luna atraviese el cono de sombra dejará de recibir la luz solar y quedará completamente oscurecida dando lugar a un eclipse. Pero si nuestro satélite se sitúa en el interior del cono de penumbra simplemente recibirá algo menos de luz y solo notaremos una ligera disminución en su brillo.



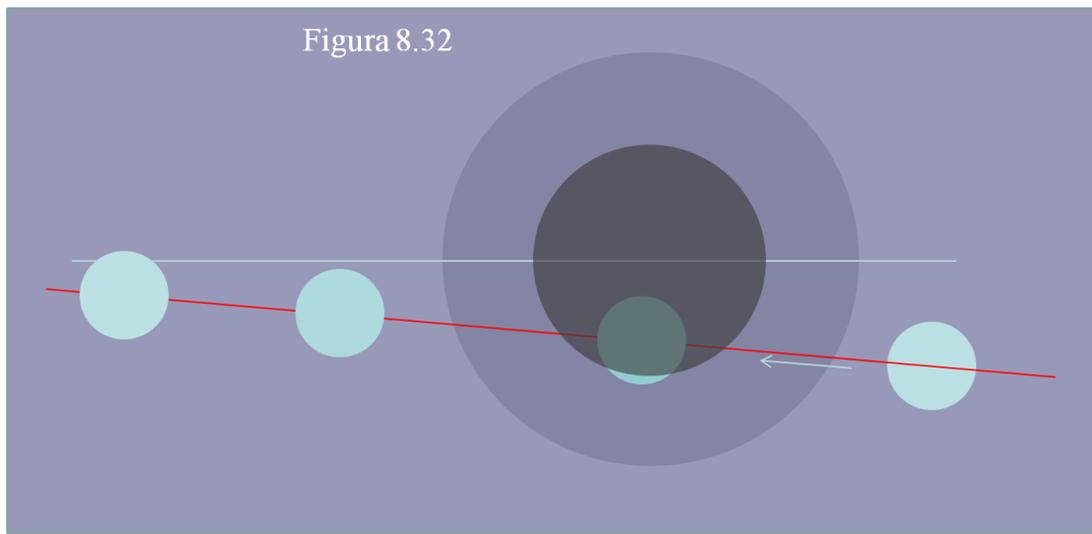
Si colocáramos una pantalla justo a la distancia a la que se encuentre la Luna los conos de sombra y penumbra se proyectarían en ella como dos círculos concéntricos, uno totalmente oscuro y otro parcialmente sombreado:



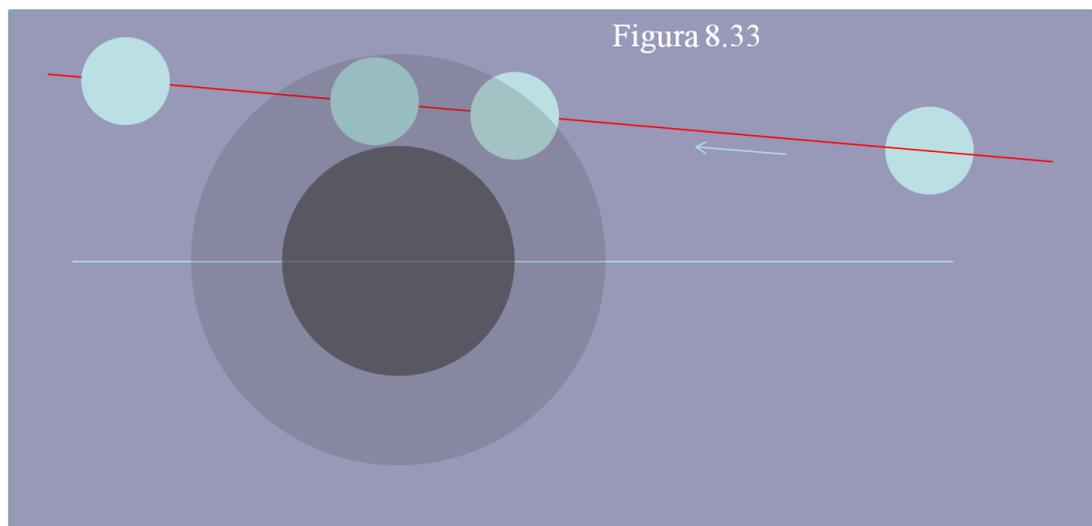
La línea recta horizontal es la eclíptica y la roja la órbita lunar. Los círculos de sombra y de penumbra tienen su centro justo en el nodo ascendente, lo que indica que el Sol en ese momento ocupa una posición diametralmente opuesta, es decir, estaría en el nodo descendente (posición S2 en la figura 8.15), mientras que la Luna va avanzando de derecha a izquierda y va a alcanzar su nodo ascendente (posición L4 en dicho dibujo). Conforme entra en el cono de

penumbra se oscurece algo (es difícil advertirlo a simple vista) pero al contactar con el cono de sombra su parte izquierda va oscureciéndose. Cuando toda ella ha penetrado en el interior del cono de sombra adquiere una coloración rojiza y a medida que sale va recuperando su aspecto habitual. Esta sería la secuencia de un eclipse total de Luna. Esa tonalidad roja se debe a la refracción de los rayos solares en la atmósfera terrestre; de esta forma algunos fotones se cuelan en el cono de sombra y llegan hasta nuestro satélite.

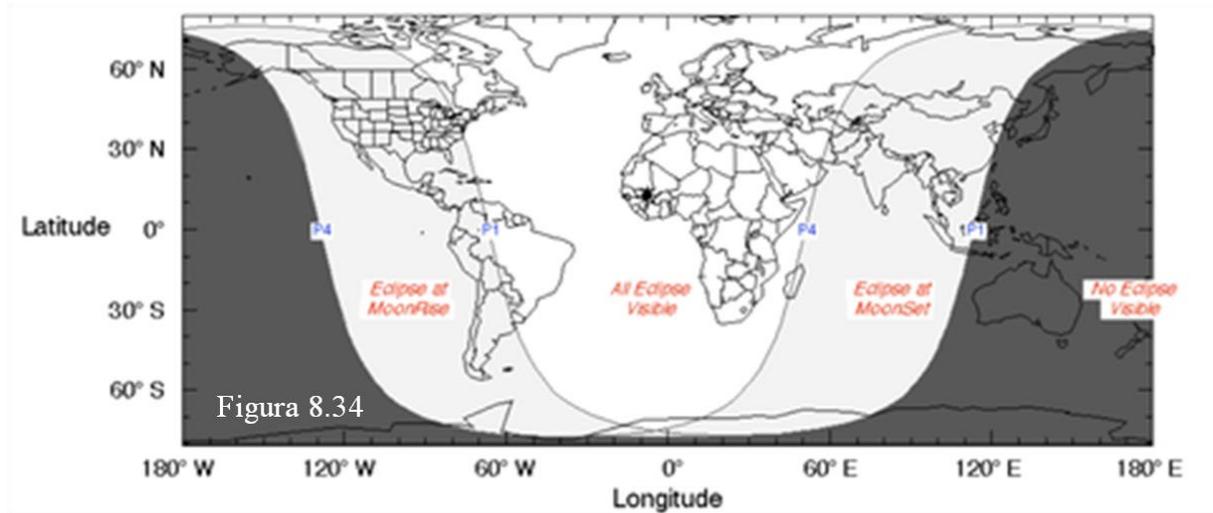
Si en el momento en el que la Luna alcanza el nodo la posición del Sol está algo alejada del otro nodo (y por tanto el centro de los círculos de sombra y de penumbra también se halla desplazado) el eclipse solo será parcial:



Hay un último caso que es muy poco frecuente por cuanto deben darse condiciones muy específicas y es el que ocurre cuando la Luna no llega a tocar el cono de sombra pero sí se interna en el de penumbra: se denomina, lógicamente, eclipse penumbral y es difícil darse cuenta del ligero oscurecimiento de nuestro satélite.



Los eclipses de Luna tienen mayor duración que los solares y, además, son visibles desde todo un hemisferio de la Tierra (el que mira hacia la Luna) y no sólo desde una zona, por lo que es mucho más fácil contemplar un eclipse lunar que uno de Sol. También se ofrecen mapas con las zonas terrestres de visibilidad. Este es el correspondiente al penumbral del 10-11 de febrero de 2017. En las zonas sombreadas no se pudo ver.



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/ce/Visibility_Lunar_Eclipse_2017-02-11.png/480px-Visibility_Lunar_Eclipse_2017-02-11.png

Ejercicio 8.7

Una de estas fotografías corresponde a un eclipse lunar y la otra a nuestro satélite, en cierta fase, pero sin eclipse alguno.

- ¿Cuál es la del eclipse? ¿Es al comienzo o al final del mismo?
- En la otra foto, ¿en qué fase está la Luna?



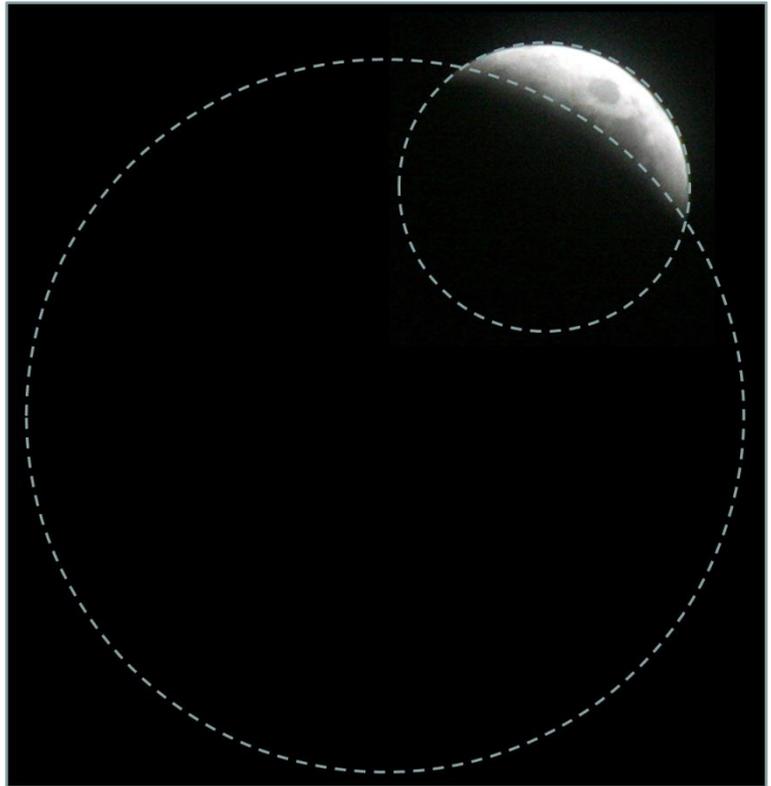
Haz clic [aquí](#) para ver la solución.

Ejercicio 8.8

En esta fotografía de un eclipse lunar se han dibujado los contornos de todo el disco lunar y del cono de sombra producido por la Tierra.

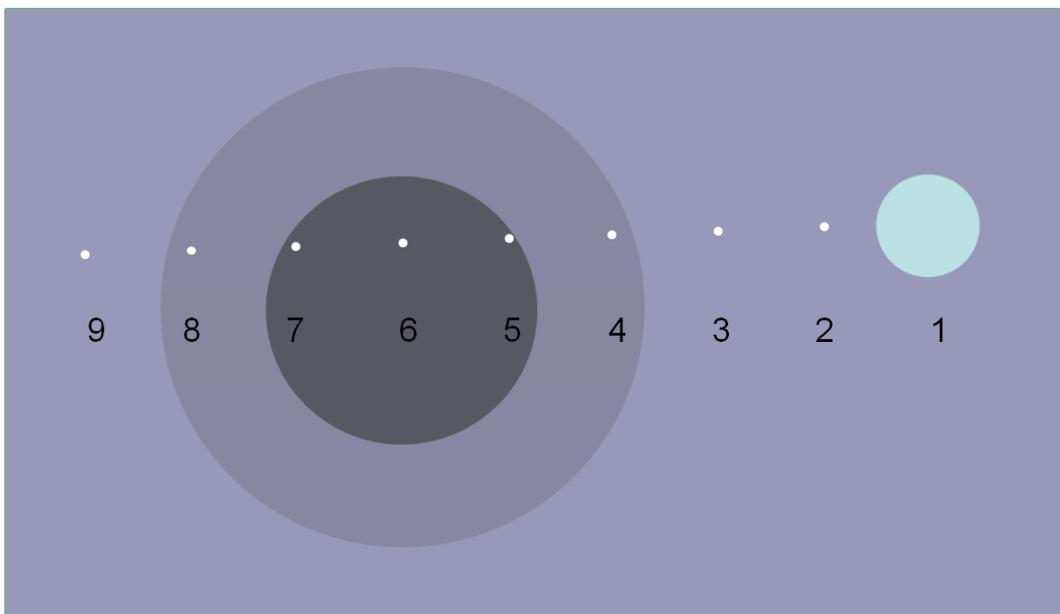
Si el círculo lunar tiene un diámetro de 30', ¿cuál es el diámetro del círculo que corresponde al cono de sombra de la Tierra?

Haz clic [aquí](#) para ver la solución.



Ejercicio 8.9

Aquí tienes dibujados el cono de sombra y el de penumbra de la Tierra, así como la Luna en su posición (1) poco antes de un eclipse. Los puntos blancos indican el avance del centro del satélite de hora en hora.



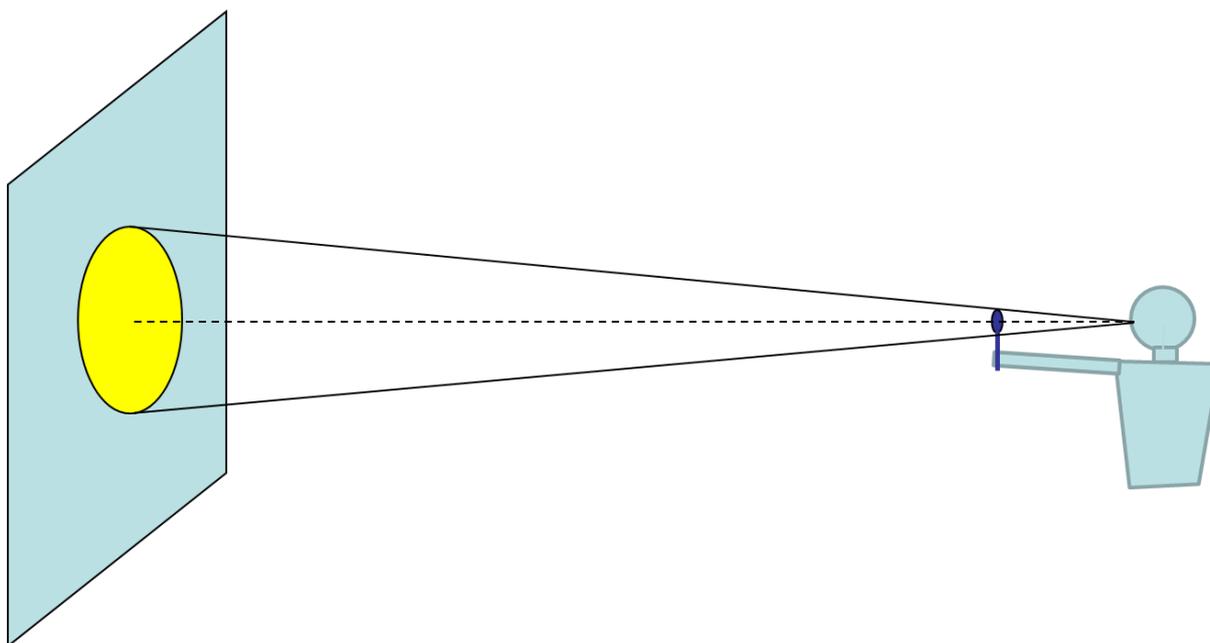
Dibujando círculos del mismo tamaño que el 1 centrado en los diferentes puntos blancos puedes simular ese eclipse. ¿Llegó a ser total?

Haz clic [aquí](#) para ver la solución.

8.6 TRABAJOS ESCOLARES

Simulación

Otra forma práctica de comprender estos fenómenos consiste en colocar un círculo amarillo (que va a hacer el papel del Sol) de 25 cm de radio en una pared. Nosotros nos colocaremos de pie a 6 m de ella sujetando en una mano un pequeño círculo oscuro (la Luna) de 2 cm de radio y con el brazo estirado:



Acercando o alejando el círculo pequeño podemos simular cómo la Luna provoca un eclipse total o anular y moviéndolo de derecha a izquierda se simula la secuencia que hemos visto en los ejemplos anteriores.

Maqueta

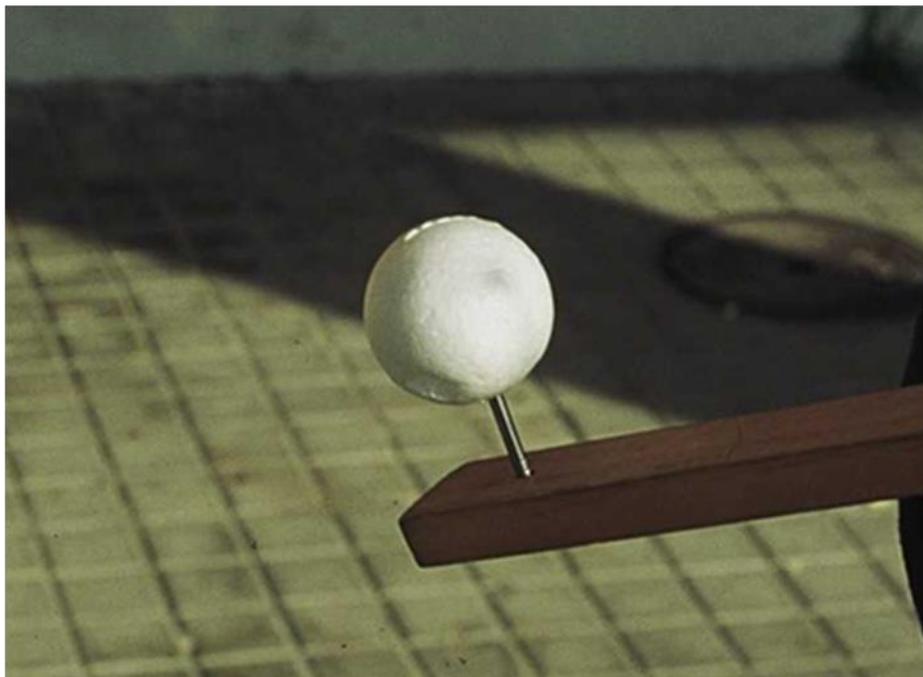
Y un modelo que se ajusta mucho a la situación real consiste en construir una maqueta de la Tierra y la Luna a escala tanto de tamaños como de distancia (ver tema 5):

	Diámetro Tierra	Distancia TL	Diámetro Luna
real	12.742 km	384.400 km	3.476 km
maqueta	4 cm	121 cm	1 cm

Sobre un listón de unos 150 cm se colocan, insertadas en sendos clavos, dos bolas (de porexpán, de plastilina, o de otro material) con esos diámetros y a la distancia estipulada.



Orientándola apuntando cuidadosamente hacia el Sol se puede apreciar cómo la sombra de la “bola Luna” se proyecta sobre la “bola Tierra”, simulando la zona de totalidad que se produce en un eclipse:



Con esta maqueta de la Tierra y la Luna a escala tanto de tamaños como de distancia también puede simularse un eclipse de Luna; hay que darle la vuelta a la maqueta y colocar más cerca del Sol la “bola Tierra”; orientando el listón hacia el Sol se observará cómo la sombra provocada por la “bola Tierra” cubre la “bola Luna”.

Ejercicio 8.1

- a) No son bisiestos los señalados en rojo: 1592, 1600, **1700, 1800, 1900**, 1996, 2000, **2010, 2100**, 2400 y **2500**. Para nosotros que vivimos entre el siglo XX y el XXI no habrá diferencia entre el calendario juliano y el gregoriano, puesto que el año 2000 sí que fue bisiesto, al ser múltiplo de 400
- b) N° de días = $365 \cdot 400 + 100 - 4 + 1 = 146.097$ días
- c) Hay 400 años
- d) Duración media del año gregoriano = $146.097/400 = 365,2425$ días = 365 d 5 h 49 m 12 s.
De otra manera: 1 año gregoriano = $365 \text{ d} + \frac{1}{4} - \frac{1}{100} + \frac{1}{400} = 365 + 97/400$ días

Ejercicio 8.2

- a) $365 \text{ d } 6 \text{ h} - 365 \text{ d } 5 \text{ h } 48 \text{ m } 45,22 \text{ s} = 11 \text{ m } 14,78 \text{ s}$
- b) Cada año el error es de 11 m 14,78 s = 11,246333 m
Necesitamos un número de años N de forma que:
 $N \cdot 11,246333 = 1 \text{ día} = 24 \cdot 60 \text{ m} = 1.440 \text{ m}$, así que $N = 1.440/11,246333 = 128$
En 128 años ya se acumulaba un error de un día
- c) $365 \text{ d } 5 \text{ h } 49 \text{ m } 12 \text{ s} - 365 \text{ d } 5 \text{ h } 48 \text{ m } 45,22 \text{ s} = 26,78 \text{ s}$
- d) $24 \cdot 60 \cdot 60 / 26,78 = 3.226,288$ años

Ejercicio 8.3

- a) Nueva
- b) Llena
- c) No

Ejercicio 8.4

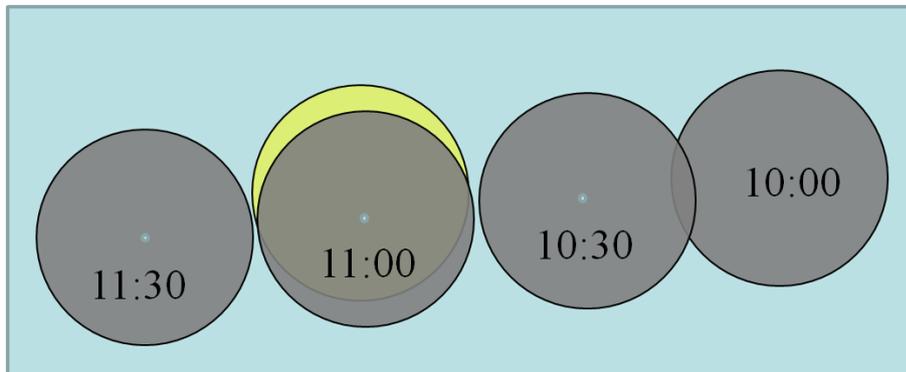
Posición	S1 L1	S1 L2	S1 L3	S2 L1	S2 L2	S3 L4	S4 L2	S4 L4
Fase	N	CC	LL	CM	N	CC	LL	N
¿Eclipse?	NO	NO	NO	NO	de Sol	NO	de Luna	de Sol

Ejercicio 8.5

- a) Al terminar
- b) Es mayor el diámetro aparente del Sol.
- c) Pudo ser un eclipse parcial o anular.

Ejercicio 8.6

a)



b) Parcial

Ejercicio 8.7

- a) La A es de un eclipse, al principio del mismo.
- b) La B corresponde a una Luna algo mayor que el cuarto creciente, como de 9 días de edad.

Ejercicio 8.8

Unos $74' = 1^\circ 14'$. El diámetro del círculo del cono de sombra producido por la Tierra es unas 2,7 veces mayor que el de la Luna.

Ejercicio 8.9

Sí que fue total

