

EL ECLIPSE TOTAL DE SOL DEL 11 DE AGOSTO DE 1999

Pere Planesas Bigas

Observatorio Astronómico Nacional (IGN)
Apartado 1143. E-28800 Alcalá de Henares

Reimpresión de un artículo publicado en la edición de 1999 del Anuario del Observatorio Astronómico publicado anualmente por el Instituto Geográfico Nacional de España. ISBN 84-7819-095-3.

Abstract

The last of the total solar eclipses in the twentieth century will be visible in Central Europe, what provides Spaniards and other Europeans a unique chance of watching a total solar eclipse at a “driving distance”. The general characteristics of this eclipse as well as the local characteristics of the partial eclipse as will be seen in Spain are described.

Introducción

El eclipse de 11 de agosto de 1999 es el último de este siglo que presenta fase de totalidad. Además, ésta será visible en Centroeuropa, lo que no ocurría desde hace casi cuatro décadas. El siguiente eclipse solar cuya totalidad será fácilmente observable en buena parte de Europa se producirá el 3 de setiembre de 2081, aunque antes, el 12 de agosto de 2026 las últimas fases de totalidad se verán en el norte de la península y el 2 de agosto de 2027 se habrá podido ver un largo eclipse total desde el extremo sur de la provincia de Cádiz. El eclipse solar total de 1999 supone, pues, una oportunidad única para muchos de ver un eclipse solar total con un desplazamiento razonable, tras el cual habrá que esperar otras tres décadas.

Desde España este eclipse se verá como parcial, pero bastará con viajar al centro o Este de Europa (norte de Francia, sur de Alemania, Austria, Hungría, Rumanía) para poder ver los poco más de dos minutos de totalidad con que nos obsequiará este eclipse. Las previsiones de nubes, basadas en estadísticas de años pasados, indican que la probabilidad de contar con un cielo despejado aumentan hacia el Este de Europa, pero sólo supera el 90% en el interior de Turquía y de Irán.

Este eclipse es el vigésimo primero del ciclo *saros* número 145, que se inició el 4 de enero de 1639 y acabará el 17 de abril del año 3009. Constará de un total de 77 eclipses que se producirán a lo largo de casi 14 siglos.

Proceso de cálculo de las efemérides

El aspecto de un eclipse depende fuertemente del lugar de observación, lo que causa la gran cantidad de cálculos complejos que exige el disponer de una descripción completa de cada eclipse.

En primer lugar se determinan las posiciones geocéntricas de Sol y Luna a lo largo de varias horas alrededor del instante de máximo eclipse. Parte de la dificultad en tener una gran precisión en este cálculo deriva del complejo movimiento de la Luna alrededor de la Tierra. A continuación se determinan los parámetros generales que definen el eclipse, mediante el análisis del movimiento relativo aparente de Sol y Luna, y teniendo en cuenta el giro de la Tierra sobre sí misma durante tal fenómeno. Los parámetros que se determinan en este caso permiten la determinación inmediata de una serie de valores tales como la magnitud del eclipse y la distancia angular mínima (γ) entre los centros de Luna y Sol. Originalmente se determinaban estos parámetros y sus derivadas necesarias para varias horas alrededor del eclipse (en general 7 horas, pues ello excede la duración del eclipse más largo), lo cual se reflejaba en tablas que luego se utilizaban para realizar las interpolaciones requeridas para otros cálculos. En la actualidad se determinan desarrollos en serie que se incorporan en programas que permiten realizar los cálculos para cualquier instante.

En un segundo paso se determinan los límites de visibilidad del eclipse. Para ello se determinan los lugares donde verán iniciar el eclipse a la puesta del Sol (límite Oeste), donde lo verán finalizar a la salida del Sol (límite Este), así como los límites Norte y Sur de visibilidad. Se determinan después los lugares donde verán el eclipse con una determinada magnitud y los lugares en que verán el eclipse a una misma hora. Ello permite visualizar en una proyección del globo terráqueo las características de tal eclipse. En el caso de un eclipse total o anular el cálculo más importante es el de los límites de la estrecha franja en que se observa el eclipse como total o como anular. En un eclipse total, ello supone calcular las curvas de magnitud unidad. Estos cálculos se realizan típicamente a intervalos de diez minutos, aunque en ciertos momentos conviene hacerlo a intervalos más cortos a fin de conseguir una buena descripción del comportamiento del eclipse. Las antiguas *tablas del eclipse* consistían precisamente en tablas que daban el valor cada diez minutos de cada uno de los elementos beselianos y de sus variaciones (primera derivada).

Por último se pueden realizar los cálculos de circunstancias locales, o sea para ciertos lugares determinados. Conviene determinar aquéllos más favorables para su observación en función de la duración del fenómeno, las condiciones atmosféricas esperadas en tal época y la facilidad de acceso. Quienes viajen con equipos de observación aparatosos, deben tener además en cuenta las dificultades añadidas que puedan surgir en los desplazamientos interiores en algunos países.

Parámetros del eclipse

El primer paso, como hemos dicho, para realizar cálculos relativos a un eclipse dado consiste en calcular los parámetros que lo describen. Típicamente se calculan los denominados elementos beselianos (debidos a F.W. Bessel, gran astrónomo alemán del siglo XIX). Tales elementos describen matemáticamente la posición y tamaño de la sombra de la Luna sobre la Tierra. Con ellos se puede calcular las características generales que uno suele encontrar en las descripciones de los eclipses, pero además permiten realizar otros cálculos que a uno le puedan interesar.

Los elementos beselianos se dan como desarrollos en serie de potencias del tiempo con respecto de la hora exacta más cercana al máximo del eclipse. Por ejemplo, dado que el máximo del eclipse que nos ocupa se da a las $11^{\text{h}}03^{\text{m}}05^{\text{s}}$ de Tiempo Universal, en este caso la hora de referencia será: $T_0 = 11^{\text{h}}$ TDT (el Tiempo Dinámico Terrestre es el usado en todos los cálculos de efemérides al ser independiente de las variaciones de rotación de la Tierra). Tales elementos son:

- x eje con origen en el centro de la Tierra y positivo hacia el Este, que es la intersección del plano perpendicular al eje del cono de sombra (*plano fundamental o principal*) con el ecuador terrestre. Se expresa en radios ecuatoriales terrestres ($1 R_{\oplus} = 6378140 \text{ m}$).
- y eje con origen en el centro de la Tierra y positivo hacia el Norte, que se encuentra en el plano fundamental y es perpendicular al eje x . Se expresa en R_{\oplus} .
- d declinación a la que apunta el eje del cono de sombra. Se expresa en grados.
- μ ángulo horario correspondiente a Greenwich al que apunta el eje del cono de sombra. Se expresa en grados.
- ℓ_1 radio del cono de penumbra en el plano fundamental. Se expresa R_{\oplus} .
- ℓ_2 radio del cono de sombra en el plano fundamental. Es positivo para un eclipse anular y negativo para uno total. Se expresa en R_{\oplus} .
- f_1 ángulo de semiapertura del cono de penumbra. Se expresa en grados. Es habitual dar en su lugar el valor de su tangente: $\tan f_1$.
- f_2 ángulo de semiapertura del cono de sombra. Se expresa en grados. Es habitual también dar: $\tan f_2$.

Jean Meeus en su libro *Elements of solar eclipses 1951-2200* determina los elementos beselianos de este eclipse en base a las descripciones del movimiento de Sol y Luna del Bureau des Longitudes de París, conocidas

como VSOP87 la del Sol y ELP-2000/82 la de la Luna. Para simplificar los cálculos, de las decenas de miles de coeficientes eliminó los menores de $0''0005$ en ángulo, menores de 150 m en la distancia al Sol y menores de 1 m en la distancia a la Luna. Dicho autor dice haber logrado una precisión de $0''01$ en los ángulos y de 0,025 segundos en los tiempos, lo que se traduciría en errores de sólo decenas de metros en la superficie terrestre. Para un instante t , medido en horas respecto de la hora de referencia T_0 , los elementos beselianos del eclipse son:

$$\begin{aligned}x &= 0,070000 + 0,5443035 t - 0,0000406 t^2 - 0,00000806 t^3 \\y &= 0,502671 - 0,1184929 t - 0,0001158 t^2 + 0,00000169 t^3 \\d &= 15,32734 - 0,012035 t - 0,000003 t^2 \\ \mu &= 343,68741 + 15,002983 t \\ \ell_1 &= 0,542462 + 0,0001168 t - 0,0000117 t^2 \\ \ell_2 &= -0,003643 + 0,0001162 t - 0,0000116 t^2 \\ f_1 &= 0,26430 \\ f_2 &= 0,26299\end{aligned}$$

Como comparación he calculado los elementos beselianos en base a las efemérides DE200/LE200, de JPL y USNO, que constituyen la base para la confección de numerosos anuarios (entre ellos éste). Calculadas las posiciones de Sol y Luna para siete horas alrededor del instante de máximo eclipse, los desarrollos de los elementos beselianos se han obtenido por diferenciación numérica, con origen en T_0 . Por ello, el comportamiento de estos desarrollos debe ser bueno alrededor del máximo del eclipse y empeorar hacia los instantes inicial y final. Los desarrollos obtenidos son prácticamente idénticos:

$$\begin{aligned}x &= 0,069947 + 0,5443035 t - 0,0000406 t^2 - 0,00000806 t^3 \\y &= 0,502774 - 0,1184928 t - 0,0001158 t^2 + 0,00000169 t^3 \\d &= 15,32734 - 0,012035 t - 0,000003 t^2 \\ \mu &= 343,68740 + 15,002983 t + 0,000002 t^2 \\ \ell_1 &= 0,542489 + 0,0001168 t - 0,0000117 t^2 \\ \ell_2 &= -0,003650 + 0,0001162 t - 0,0000116 t^2 \\ f_1 &= 0,26430 \\ f_2 &= 0,26299\end{aligned}$$

Fred Espenak, del JPL (NASA), ha publicado en internet unos elementos determinados de una manera más sofisticada también a partir de las efemérides DE200 y LE200: se determinan los elementos para cinco instantes distintos y se ajustan desarrollos en serie a tales valores. Los desarrollos obtenidos son válidos para el intervalo de TDT:

$$8^h < T_0 + t < 14^h, \quad \text{siendo } T_0 = 11^h.$$

$$\begin{aligned}x &= 0,070056 + 0,5443045 t - 0,0000406 t^2 - 0,0000081 t^3 \\y &= 0,502839 - 0,1184931 t - 0,0001158 t^2 + 0,0000017 t^3 \\d &= 15,32734 - 0,012035 t - 0,000003 t^2 \\ \mu &= 343,69031 + 15,002983 t + 0,000002 t^2 \\ \ell_1 &= 0,542489 + 0,0001168 t - 0,0000117 t^2 \\ \ell_2 &= -0,003650 + 0,0001163 t - 0,0000116 t^2 \\ f_1 &= 0,26430 \\ f_2 &= 0,26299\end{aligned}$$

Las efemérides que se obtienen con cada uno de estos grupos de elementos no son muy distintas. De hecho, diferirán sólo en condiciones extremas, por ejemplo, cuando se trate de determinar el borde preciso de la franja de totalidad. En otras cuestiones, el acuerdo es muy bueno, como puede apreciarse en la siguiente tabla:

Parámetro	Meeus	Planesas	Espenak
Máximo del eclipse (TDT)	11 ^h 04 ^m 09 ^s .1	11 ^h 04 ^m 09 ^s .5	11 ^h 04 ^m 09 ^s .0
Magnitud del eclipse	1,02861	1,02863	1,02859
γ	0,50606	0,50615	0,50623
Duración máxima totalidad	2 ^m 23 ^s .1	2 ^m 23 ^s .2	2 ^m 22 ^s .9
Anchura franja en máximo	111,8 km	112,0 km	112,3 km

γ es la distancia mínima del eje de sombra al centro de la Tierra

Quienes deseen realizar cálculos puede usar las siguientes expresiones para las coordenadas ecuatoriales y distancia de Luna y Sol:

$$\begin{aligned}\alpha_{\parallel} &= 9,390198 + 0,039453 t - 0,0000417 t^2 \\ \delta_{\parallel} &= 15,81949 - 0,12833 t - 0,000738 t^2 \\ r_{\parallel} &= 58,528562 + 0,024482 t + 0,0001231 t^2 \quad \text{en } R_{\oplus} \\ \alpha_{\odot} &= 9,3854540 + 0,0026295 t \\ \delta_{\odot} &= 15,328499 - 0,012375 t \\ r_{\odot} &= 1,01357962 - 0,00000693 t \quad \text{en UA}\end{aligned}$$

expresiones válidas entre las 8^h y las 14^h y en las que el argumento t tiene el mismo significado que en los desarrollos precedentes. En otras palabras, para el tiempo expresado en TDT hay que usar: $t = TDT - 11^h$ y para el tiempo expresado en TU hay que usar: $t = TU - 10^h58^m56^s$.

Características generales del eclipse

Conjunción geocéntrica de Sol y Luna en ascensión recta:

$$DJ = 2451401,952971(TDT)$$

$$TU = 10^h51^m12^s$$

$$\alpha_{\parallel} = \alpha_{\odot} = 9^h23^m06^s425$$

$$\delta_{\parallel} = 15^{\circ}50'09''95$$

$$\delta_{\odot} = 15^{\circ}19'48''50$$

Conjunción geocéntrica de Sol y Luna en longitud eclíptica:

$$DJ = 2451401,964973(TDT)$$

$$TU = 11^h08^m30^s$$

$$\alpha_{\parallel} = 9^h23^m47^s335$$

$$\delta_{\parallel} = 15^{\circ}47'56''77$$

$$\alpha_{\odot} = 9^h23^m09^s151$$

$$\delta_{\odot} = 15^{\circ}19'35''72$$

Instante de máximo eclipse (distancia mínima del eje del cono de sombra al centro de la Tierra):

$$DJ = 2451401,961215(TDT)$$

$$TU = 11^h03^m05^s2$$

$$\alpha_{\parallel} = 9^h23^m34^s531$$

$$\delta_{\parallel} = 15^{\circ}48'38''51$$

$$\pi_{\parallel} = 58'44''24$$

$$\text{diámetro } (\parallel) = 32'00''77$$

$$\alpha_{\odot} = 9^h23^m08^s297$$

$$\delta_{\odot} = 15^{\circ}19'39''72$$

$$\pi_{\odot} = 8'6763$$

$$\text{diámetro } (\odot) = 31'33''54$$

Para la conversión de TDT a TU se ha utilizado la diferencia:

$$TDT - TU = 63^s78$$

predicha en los Boletines de Orientación Terrestre del IERS (Servicio Internacional de Rotación de la Tierra).

Fases principales del eclipse

Comienzo del eclipse: viene dado por el primer contacto del cono de penumbra con el borde de la Tierra; inicio del eclipse parcial en tal punto:

$$TU = 8^h26^m15^s1$$

$$\lambda = -2^h57^m58^s$$

$$\phi = 30^{\circ}20'$$

Comienzo del eclipse total: viene dado por el primer contacto del cono de sombra con el borde de la Tierra; inicio del eclipse total en tal punto:

$$TU = 9^h29^m52^s7$$

$$\lambda = -4^h19^m38^s$$

$$\phi = 40^{\circ}55'$$

Máximo del eclipse: es el instante de mínima distancia entre eje de sombra y centro de la Tierra; se dará con el Sol a una altura de 59°3':

$$TU = 11^h03^m05^s2$$

$$\lambda = 1^h37^m12^s = 24^{\circ}18'$$

$$\phi = 45^{\circ}04'$$

Fin del eclipse total: viene dado por el último contacto del cono de sombra con el borde de la Tierra:

$$TU = 12^h36^m24^s0$$

$$\lambda = 5^h48^m34^s$$

$$\phi = 17^{\circ}27'$$

Fin del eclipse: viene dado por el último contacto del cono de penumbra con el borde de la Tierra:

$$TU = 13^h40^m06^s4$$

$$\lambda = 4^h32^m25^s$$

$$\phi = 6^{\circ}38'$$

Franja de totalidad y duración

Al final del artículo se encuentra una serie de seis mapas ilustrando las características de la totalidad en las zonas cruzadas por la franja de totalidad. Estas figuras son debidas a Fred Espenak y fueron publicadas en el *NASA Reference Publication 1398*. Las únicas modificaciones introducidas por nosotros han sido la traducción al castellano de algunos términos y de los nombres de los países. En ellas se indican los límites dentro de los cuales la duración de la totalidad excede un determinado tiempo (1 minuto, 1,5 minutos, 2 minutos), así como la trayectoria de la línea central, los límites de la franja de totalidad y, de vez en cuando, la situación y forma de la sombra de la Luna sobre la superficie de la Tierra. Hemos incluido sólo los mapas que cubren la zona en que es previsible que se desplacen observadores españoles.

La sombra de la Luna tocará Tierra unos 300 km al sur de la península canadiense de Nueva Escocia, a una latitud de $40^{\circ}55'$, a las $9^{\text{h}}29^{\text{m}}53^{\text{s}}$ de Tiempo Universal (TU). Cruzará el Atlántico Norte subiendo en latitud hasta entrar en Europa por el extremo suroeste de Inglaterra a una latitud de 50° . A partir de las $10^{\text{h}}11^{\text{m}}$ TU será visible en Sennen, la población más occidental de Inglaterra, cercana a Penzance, donde la duración de la totalidad ya superará los dos minutos. En Plymouth la duración de la totalidad será de 99 segundos.

Cruzando el Canal de la Mancha entrará en Francia primero rozando el extremo Norte de la península donde se encuentra Cherburgo (95^{s} de totalidad), y después ya definitivamente por la costa conocida como Pays de Caux, a las $10^{\text{h}}19^{\text{m}}$ TU. Será visible en las ciudades de Le Havre y Ruán (Rouen) durante más de 90^{s} . El extremo Sur de la franja de totalidad pasará unos 30 km al norte de París, quedando el centro de la franja unos 90 km al norte de dicha capital.

La franja de totalidad cruzará el norte de Francia y rozará el sur de Bélgica y Luxemburgo. Entre las grandes ciudades que podrán disfrutar (si el tiempo lo permite) de más de dos minutos de totalidad se encuentran: Reims y Metz en Francia, así como Saarbrücken, Karlsruhe, Stuttgart, Augsburgo y Munich en Alemania. A las $10^{\text{h}}40^{\text{m}}$ TU entrará en Austria, por Salzburgo. En la ciudad austríaca de Gemunden la duración de la totalidad será de 140^{s} . En cambio en Viena, como antes en París, sólo verán un eclipse parcial, de magnitud 0,99.

A las $10^{\text{h}}46^{\text{m}}$ TU entrará en Hungría donde, habiendo quedado atrás las altas montañas centroeuropeas, se espera que haya más posibilidad de gozar de buen tiempo. La franja de totalidad cruzará la zona meridional de este país, pasando por ciudades como Szombathely (142^{s} de totalidad) y Szeged (141^{s}).

A las $10^{\text{h}}55^{\text{m}}$ TU entrará en Rumanía, país en que se da la mayor duración del eclipse total. Disfrutarán de más de dos minutos de totalidad

ciudades como Arad, Timișoara, Petrosani, Râmnicu-Vâlcea, Pitești y la propia capital Bucarest. El máximo del eclipse, de 143^{s} , se dará casi en la rivera del río Olt, ligeramente al suroeste de la vieja ciudad de Râmnicu-Vâlcea, situada en la vertiente sur de los montes Alpes Transilvanos. En tal lugar la totalidad durará desde las $11^{\text{h}}03^{\text{m}}05^{\text{s}};2$ a las $11^{\text{h}}5^{\text{m}}12^{\text{s}};8$ de TU, con el Sol a $59^{\circ}3$ de altura sobre el horizonte.

La franja de totalidad también rozará los extremos septentrionales de Serbia y Bulgaria, abandonando Europa por su costa en Šabla a las $11^{\text{h}}13^{\text{m}}$ para adentrarse en el Mar Negro.

La franja de totalidad entrará en Asia por la costa Norte de Turquía a las $11^{\text{h}}21^{\text{m}}$ TU cerca de la ciudad de Bartin, donde la totalidad durará 100^{s} . Dicha franja cruzará el país bajando rápidamente en latitud hasta abandonarlo por el Kurdistán. Antes una serie de ciudades habrán disfrutado de más de dos minutos de totalidad, como son Kurucaşile, en la costa del Mar Negro; Kastamonu, en la antigua Paflagonia; Merzifon, Amasya, Zile, Turhal y Tokat, todas ellas en Anatolia Central (el antiguo Pontus); Sivas (la Sebastea romana) y Elâzığ, en la zona montañosa del interior; y la petrolera ciudad de Batman, cerca del Tigris en Anatolia Oriental. Las mejores previsiones climáticas son para la zona final, tras Elâzığ, protegida por las zonas montañosas al norte y al este, pero corresponde a una zona con problemas políticos y campañas militares, lo que puede dificultar el acceso.

Tras cruzar el extremo septentrional de Siria e Irak, por el Kurdistán, se adentrará en Irán a las $11^{\text{h}}51^{\text{m}}$, cruzando este país en diagonal. En ningún lugar de este país la totalidad llegará a los dos minutos. Sin embargo, gracias a su clima semiárido, con veranos calurosos y secos, Irán es el país en el cual las probabilidades de ver la totalidad son mayores. Desafortunadamente, las despobladas zonas montañosas o desérticas por las que pasará el eclipse, unido al elevado calor (hay previsiones de hasta 50°C), posiblemente no lo hagan el lugar preferido de los observadores. Las ciudades iraníes mejor comunicadas en las que la totalidad durará más de 90 segundos son: Borūjerd, en la región de Lorestán, alta y accesible por autopista; Najafābād y su vecina la histórica Işfahān, importante ciudad del centro del país, y quizás el lugar con mejores previsiones de visión del eclipse total en todo el recorrido.

Abandonará este país por la región de Baluchistán a las $12^{\text{h}}22^{\text{m}}$ TU entrando en Pakistán, cuya zona meridional cruzará siendo visible la totalidad durante poco más de un minuto en ciudades costeras como Kandrach y Karachi. La anchura de la franja se habrá reducido por debajo de los cien kilómetros y el Sol se verá a unos veinte grados por encima del horizonte. A las $12^{\text{h}}28^{\text{m}}$ abandona Pakistán y entra en la India, donde en pocas ciudades la totalidad durará más de un minuto: Lakhpat, en la frontera; Surendrangar, Petlād, Borsad y Baroda, todas ellas en la fértil región de Gujarat. El eclipse se adentrará en la India, donde será visible

muy poco tiempo y con el Sol ya poniéndose.

El último contacto de la sombra con la Tierra se producirá a las 12^h36^m24^s TU en pleno Golfo de Bengala, unos 600 km al sur de la populosa Calcuta. La sombra de la Luna habrá recorrido unos 14000 kilómetros sobre la superficie terrestre en poco más de tres horas a una velocidad media de 4500 km/h (o 1,25 km/s), siendo mayor hacia el inicio y fin del eclipse y mínima a mitad del eclipse (2450 km/h o 0,680 km/s en Râmnicu-Vâlcea).

En la tabla siguiente se dan las características del eclipse total en alguna de las principales ciudades del recorrido. Los tiempos se dan en Tiempo Universal, por lo que en caso de hallarse en alguna de estas ciudades convendrá conocer la hora oficial en que se produce. En las dos últimas columnas se encuentran el cambio de TU a Tiempo Oficial y la aplicación o no de un horario de verano, según la información del ANUARIO, en su apartado de *TIEMPOS*. Sin embargo, dado que tanto la hora oficial como la aplicación o no de un horario adelantado de verano están sujetas en cada país a muchas contingencias y cambios arbitrarios por los gobiernos, conviene comprobar *in situ* la que está en vigor en tal momento.

Circunstancias locales del eclipse total

Ciudad	Inicio del eclipse	Inicio de totalidad	Duración	Fin de la totalidad	Fin del eclipse	TO-TU (h)
Penzance	8 ^h 57 ^m	10 ^h 11 ^m	122 ^s	10 ^h 13 ^m	11 ^h 32 ^m	0 (+1)
Plymouth	8 ^h 58 ^m	10 ^h 12 ^m	99 ^s	10 ^h 14 ^m	11 ^h 33 ^m	0 (+1)
Le Havre	9 ^h 02 ^m	10 ^h 19 ^m	91 ^s	10 ^h 20 ^m	11 ^h 41 ^m	1 (+1)
Ruán	9 ^h 03 ^m	10 ^h 20 ^m	100 ^s	10 ^h 22 ^m	11 ^h 43 ^m	1 (+1)
Reims	9 ^h 07 ^m	10 ^h 25 ^m	119 ^s	10 ^h 27 ^m	11 ^h 48 ^m	1 (+1)
Luxemburgo	9 ^h 10 ^m	10 ^h 28 ^m	80 ^s	10 ^h 30 ^m	11 ^h 51 ^m	1 (+1)
Metz	9 ^h 09 ^m	10 ^h 28 ^m	133 ^s	10 ^h 30 ^m	11 ^h 52 ^m	1 (+1)
Saarbrücken	9 ^h 10 ^m	10 ^h 29 ^m	129 ^s	10 ^h 31 ^m	11 ^h 53 ^m	1 (+1)
Estrasburgo	9 ^h 11 ^m	10 ^h 31 ^m	84 ^s	10 ^h 32 ^m	11 ^h 55 ^m	1 (+1)
Karlsruhe	9 ^h 12 ^m	10 ^h 32 ^m	128 ^s	10 ^h 34 ^m	11 ^h 55 ^m	1 (+1)
Stuttgart	9 ^h 13 ^m	10 ^h 33 ^m	137 ^s	10 ^h 35 ^m	11 ^h 57 ^m	1 (+1)
Augsburgo	9 ^h 15 ^m	10 ^h 36 ^m	137 ^s	10 ^h 38 ^m	12 ^h 00 ^m	1 (+1)
Munich	9 ^h 16 ^m	10 ^h 37 ^m	128 ^s	10 ^h 39 ^m	12 ^h 01 ^m	1 (+1)
Salzburgo	9 ^h 18 ^m	10 ^h 40 ^m	122 ^s	10 ^h 42 ^m	12 ^h 04 ^m	1 (+1)
Gemunden	9 ^h 20 ^m	10 ^h 41 ^m	140 ^s	10 ^h 43 ^m	12 ^h 05 ^m	1 (+1)
Graz	9 ^h 22 ^m	10 ^h 45 ^m	72 ^s	10 ^h 46 ^m	12 ^h 09 ^m	1 (+1)
Szombathely	9 ^h 24 ^m	10 ^h 46 ^m	142 ^s	10 ^h 49 ^m	12 ^h 11 ^m	1 (+1)
Szeged	9 ^h 30 ^m	10 ^h 53 ^m	141 ^s	10 ^h 56 ^m	12 ^h 17 ^m	1 (+1)
Arad	9 ^h 32 ^m	10 ^h 56 ^m	134 ^s	10 ^h 58 ^m	12 ^h 19 ^m	2 (+1)
Timișoara	9 ^h 32 ^m	10 ^h 56 ^m	122 ^s	10 ^h 58 ^m	12 ^h 20 ^m	2 (+1)

Circunstancias locales del eclipse total

Ciudad	Inicio del eclipse	Inicio de totalidad	Duración	Fin de la totalidad	Fin del eclipse	TO-TU (h)
Râmnicu-Vâlcea	9 ^h 38 ^m	11 ^h 02 ^m	142 ^s	11 ^h 04 ^m	12 ^h 25 ^m	2 (+1)
Pitești	9 ^h 39 ^m	11 ^h 03 ^m	143 ^s	11 ^h 05 ^m	12 ^h 26 ^m	2 (+1)
Bucarest	9 ^h 41 ^m	11 ^h 06 ^m	142 ^s	11 ^h 08 ^m	12 ^h 29 ^m	2 (+1)
Tolbuhin	9 ^h 45 ^m	11 ^h 10 ^m	125 ^s	11 ^h 12 ^m	12 ^h 32 ^m	2 (+1)
Kastamonu	9 ^h 59 ^m	11 ^h 23 ^m	137 ^s	11 ^h 25 ^m	12 ^h 44 ^m	2 (+1)
Turhal	10 ^h 04 ^m	11 ^h 28 ^m	135 ^s	11 ^h 31 ^m	12 ^h 48 ^m	2 (+1)
Sivas	10 ^h 07 ^m	11 ^h 31 ^m	127 ^s	11 ^h 33 ^m	12 ^h 50 ^m	2 (+1)
Elâzig	10 ^h 12 ^m	11 ^h 36 ^m	124 ^s	11 ^h 38 ^m	12 ^h 54 ^m	2 (+1)
Batman	10 ^h 17 ^m	11 ^h 40 ^m	127 ^s	11 ^h 42 ^m	12 ^h 57 ^m	2 (+1)
Borūjerd	10 ^h 38 ^m	11 ^h 57 ^m	113 ^s	11 ^h 59 ^m	13 ^h 10 ^m	3 ^h 30 ^m
Najafābād	10 ^h 44 ^m	12 ^h 02 ^m	107 ^s	12 ^h 04 ^m	13 ^h 13 ^m	3 ^h 30 ^m
Işfahān	10 ^h 45 ^m	12 ^h 03 ^m	93 ^s	12 ^h 04 ^m	13 ^h 13 ^m	3 ^h 30 ^m
Karachi	11 ^h 18 ^m	12 ^h 26 ^m	73 ^s	12 ^h 27 ^m	13 ^h 27 ^m	5
Baroda	11 ^h 27 ^m	12 ^h 31 ^m	62 ^s	12 ^h 32 ^m	13 ^h 30 ^m	5 ^h 30 ^m

Las horas en esta tabla y las dos siguientes se indican en la escala de Tiempo Universal (TU). Para obtener el tiempo oficial local hay que añadir a los tiempos expresados en TU la corrección al huso horario vigente y, si es aplicable, la corrección de horario adelantado. Estos dos valores vienen indicados en la última columna.

En la siguiente tabla se dan las características del eclipse *parcial* en todas las capitales europeas, salvo las que ya figuran en la tabla precedente:

Ciudad	Inicio del eclipse	Máximo del eclipse	Fin del eclipse	Magnitud	TO-TU (h)
Lisboa	8 ^h 46 ^m	9 ^h 59 ^m	11 ^h 20 ^m	0,672	0 (+1)
Madrid	8 ^h 53 ^m	10 ^h 10 ^m	11 ^h 34 ^m	0,729	1 (+1)
Dublín	9 ^h 00 ^m	10 ^h 13 ^m	11 ^h 30 ^m	0,925	0 (+1)
Cardiff	9 ^h 00 ^m	10 ^h 16 ^m	11 ^h 35 ^m	0,972	0 (+1)
Andorra la Vella	9 ^h 00 ^m	10 ^h 20 ^m	11 ^h 46 ^m	0,803	1 (+1)
Londres	9 ^h 04 ^m	10 ^h 20 ^m	11 ^h 40 ^m	0,968	0 (+1)
París	9 ^h 04 ^m	10 ^h 23 ^m	11 ^h 45 ^m	0,992	1 (+1)
Edimburgo	9 ^h 06 ^m	10 ^h 18 ^m	11 ^h 34 ^m	0,852	0 (+1)
Bruselas	9 ^h 08 ^m	10 ^h 26 ^m	11 ^h 47 ^m	0,975	1 (+1)
Reykjavik	9 ^h 09 ^m	10 ^h 10 ^m	11 ^h 14 ^m	0,646	0
Mónaco	9 ^h 09 ^m	10 ^h 32 ^m	11 ^h 57 ^m	0,862	1 (+1)
Amsterdam	9 ^h 10 ^m	10 ^h 27 ^m	11 ^h 47 ^m	0,931	1 (+1)
Berna	9 ^h 10 ^m	10 ^h 31 ^m	11 ^h 55 ^m	0,956	1 (+1)

Ciudad	Inicio del eclipse	Máximo del eclipse	Fin del eclipse	Magnitud	TO-TU (h)
Vaduz	9 ^h 13 ^m	10 ^h 35 ^m	11 ^h 59 ^m	0,971	1 (+1)
San Marino	9 ^h 17 ^m	10 ^h 42 ^m	12 ^h 07 ^m	0,896	1 (+1)
Roma	9 ^h 17 ^m	10 ^h 43 ^m	12 ^h 09 ^m	0,838	1 (+1)
Liubliana	9 ^h 20 ^m	10 ^h 44 ^m	12 ^h 09 ^m	0,968	1 (+1)
Berlín	9 ^h 21 ^m	10 ^h 40 ^m	11 ^h 59 ^m	0,893	1 (+1)
Praga	9 ^h 21 ^m	10 ^h 42 ^m	12 ^h 04 ^m	0,952	1 (+1)
Copenhage	9 ^h 23 ^m	10 ^h 38 ^m	11 ^h 54 ^m	0,815	1 (+1)
Zagreb	9 ^h 23 ^m	10 ^h 47 ^m	12 ^h 11 ^m	0,970	1 (+1)
Viena	9 ^h 24 ^m	10 ^h 46 ^m	12 ^h 09 ^m	0,990	1 (+1)
Oslo	9 ^h 25 ^m	10 ^h 35 ^m	11 ^h 47 ^m	0,718	1 (+1)
Bratislava	9 ^h 25 ^m	10 ^h 48 ^m	12 ^h 10 ^m	0,987	1 (+1)
Valletta	9 ^h 25 ^m	10 ^h 52 ^m	12 ^h 18 ^m	0,678	1 (+1)
Sarajevo	9 ^h 27 ^m	10 ^h 53 ^m	12 ^h 18 ^m	0,935	1 (+1)
Budapest	9 ^h 28 ^m	10 ^h 52 ^m	12 ^h 14 ^m	0,991	1 (+1)
Belgrado	9 ^h 31 ^m	10 ^h 56 ^m	12 ^h 20 ^m	0,977	1 (+1)
Tirana	9 ^h 31 ^m	10 ^h 58 ^m	12 ^h 23 ^m	0,877	1 (+1)
Estocolmo	9 ^h 32 ^m	10 ^h 44 ^m	11 ^h 55 ^m	0,703	1 (+1)
Varsovia	9 ^h 32 ^m	10 ^h 51 ^m	12 ^h 10 ^m	0,857	1 (+1)
Skopje	9 ^h 34 ^m	11 ^h 01 ^m	12 ^h 25 ^m	0,909	1 (+1)
Sofía	9 ^h 37 ^m	11 ^h 04 ^m	12 ^h 27 ^m	0,944	2 (+1)
Riga	9 ^h 39 ^m	10 ^h 53 ^m	12 ^h 05 ^m	0,727	2 (+1)
Vilna	9 ^h 40 ^m	10 ^h 56 ^m	12 ^h 10 ^m	0,772	2 (+1)
Tallin	9 ^h 41 ^m	10 ^h 52 ^m	12 ^h 01 ^m	0,669	2 (+1)
Atenas	9 ^h 41 ^m	11 ^h 10 ^m	12 ^h 34 ^m	0,822	2 (+1)
Helsinki	9 ^h 42 ^m	10 ^h 51 ^m	12 ^h 00 ^m	0,652	2 (+1)
Minsk	9 ^h 43 ^m	10 ^h 59 ^m	12 ^h 14 ^m	0,775	2 (+1)
Kiev	9 ^h 47 ^m	11 ^h 07 ^m	12 ^h 23 ^m	0,832	2 (+1)
Kishinev	9 ^h 45 ^m	11 ^h 09 ^m	12 ^h 28 ^m	0,927	2 (+1)
Estambul	9 ^h 49 ^m	11 ^h 16 ^m	12 ^h 38 ^m	0,956	2 (+1)
Moscú	9 ^h 58 ^m	11 ^h 09 ^m	12 ^h 18 ^m	0,664	3 (+1)
Nicosia (Levkosía)	10 ^h 05 ^m	11 ^h 33 ^m	12 ^h 53 ^m	0,856	2 (+1)
Tiflis (Tbilisi)	10 ^h 20 ^m	11 ^h 40 ^m	12 ^h 53 ^m	0,889	3 (+1)
Yereván	10 ^h 21 ^m	11 ^h 42 ^m	12 ^h 55 ^m	0,925	4 (+1)
Bakú	10 ^h 30 ^m	11 ^h 48 ^m	12 ^h 58 ^m	0,862	3 (+1)

Las horas en esta tabla están dadas en Tiempo Universal.

En la siguiente tabla se dan las características del eclipse *parcial* en capitales o grandes ciudades asiáticas en que la magnitud del eclipse es al menos 0,6:

Ciudad	Inicio del eclipse	Máximo del eclipse	Fin del eclipse	Magnitud	TO-TU (h)
Ankara	9 ^h 58 ^m	11 ^h 25 ^m	12 ^h 45 ^m	0,969	2 (+1)
Beirut (Bayrūt)	10 ^h 12 ^m	11 ^h 39 ^m	12 ^h 58 ^m	0,850	2 (+1)
Damasco (Dimashq)	10 ^h 14 ^m	11 ^h 41 ^m	13 ^h 00 ^m	0,851	2 (+1)
Jerusalén (Yerushalayim)	10 ^h 15 ^m	11 ^h 42 ^m	13 ^h 01 ^m	0,794	2 (+1)
Amman (Ammān)	10 ^h 16 ^m	11 ^h 43 ^m	13 ^h 01 ^m	0,808	2 (+1)
Bagdad (Baghdād)	10 ^h 31 ^m	11 ^h 54 ^m	13 ^h 08 ^m	0,947	3 (+1)
Teherán (Tehrān)	10 ^h 40 ^m	11 ^h 58 ^m	13 ^h 08 ^m	0,943	3 ^h 30 ^m
Al-Kuwait (Al-Kuwayt)	10 ^h 44 ^m	12 ^h 05 ^m	13 ^h 16 ^m	0,898	3
Asjabad (Ašchabad)	10 ^h 47 ^m	12 ^h 00 ^m	13 ^h 06 ^m	0,820	5
Riad (Ar-Riyād)	10 ^h 52 ^m	12 ^h 12 ^m	13 ^h 22 ^m	0,770	3
Manama (Al-Manāmah)	10 ^h 55 ^m	12 ^h 13 ^m	13 ^h 22 ^m	0,857	3
Tashkent (Taškent)	10 ^h 57 ^m	12 ^h 01 ^m	12 ^h 59 ^m	0,653	5
Samarcanda	10 ^h 57 ^m	12 ^h 03 ^m	13 ^h 03 ^m	0,705	5
Doha (Ad-Dawḥah)	10 ^h 58 ^m	12 ^h 16 ^m	13 ^h 24 ^m	0,847	3
Dushanbe (Dušanbe)	11 ^h 00 ^m	12 ^h 06 ^m	13 ^h 05 ^m	0,707	5
Bishkek (antes: Frunze)	11 ^h 01 ^m	12 ^h 01 ^m	12 ^h 55 ^m	0,582	5 (+1)
Alma Ata	11 ^h 03 ^m	12 ^h 01 ^m	12 ^h 54 ^m	0,558	6
Dubai (Dubayy)	11 ^h 04 ^m	12 ^h 19 ^m	13 ^h 25 ^m	0,893	4
Abu Dhabi (Abū Zaby)	11 ^h 04 ^m	12 ^h 20 ^m	13 ^h 26 ^m	0,862	4
Kabul	11 ^h 06 ^m	12 ^h 13 ^m	13 ^h 12 ^m	0,780	4 ^h 30 ^m
Islamabad (Islāmābād)	11 ^h 11 ^m	12 ^h 15 ^m	13 ^h 13 ^m	0,761	5
Mascate (Masqat)	11 ^h 11 ^m	12 ^h 24 ^m	13 ^h 28 ^m	0,892	4
Sana (Šan‘ā’)	11 ^h 12 ^m	12 ^h 23 ^m	13 ^h 26 ^m	0,500	3
Nueva Delhi	11 ^h 21 ^m	12 ^h 23 ^m	13 ^h 20 ^m	0,829	5 ^h 30 ^m
Bombay	11 ^h 32 ^m	12 ^h 36 ^m	13 ^h 33 ^m	0,927	5 ^h 30 ^m

Las horas en esta tabla están dadas en Tiempo Universal.

Observabilidad en función de las condiciones climáticas medias

En el momento de planear la observación del eclipse total de Sol “de nuestra vida” hay que tener en cuenta no sólo su duración y la facilidad de acceso y desplazamiento, sino también el comportamiento esperable de la atmósfera en el lugar escogido. Existen valores promediados a lo largo de años que dan idea de lo despejado que está el cielo diurno en regiones de una cierta extensión. Localmente, en ocasiones se dispone de datos a lo largo de muchas décadas que han sido obtenidos a varias horas del día por un observador local. Por otra parte se tienen valores más globales obtenidos recientemente mediante satélites artificiales; estos datos suelen reflejar la situación a diversas horas del día e informan de regiones extensas, pero los microclimas no suelen aparecer bien reflejados.

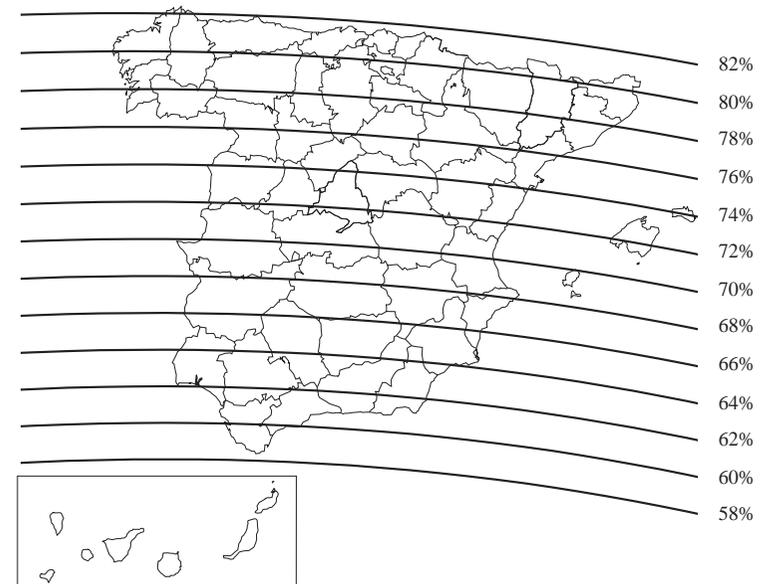
De un modo general, podemos decir que conviene ir a un sitio muy seco, especialmente en estas fechas (que no haya monzones ni lluvias similares), en que el eclipse se vea por la mañana (para evitar la inefable nubosidad de evolución diurna) y que el eclipse se vea a una buena altura sobre el horizonte (para evitar la acumulación de nubes dispersas que puede impedir ver el fenómeno si éste se da cerca del horizonte). Y, lo más importante, conviene enterarse unos pocos días antes del tiempo previsto en tal lugar, especialmente la información relativa a la presencia de nubes. La disponibilidad de información fiable para el día señalado y la posibilidad de desplazarse (por ejemplo, en coche) hasta un lugar favorable o cambiar de lugar si hace falta, son condiciones que pueden asegurar el buen disfrute del fenómeno.

Las perspectivas de observación del eclipse total en Europa son medianas, de acuerdo con los análisis publicados hasta ahora por varios autores (Espenak, Harington). El mes de agosto es un tiempo típico en que tanto puede haber días claros como nublados e incluso lluviosos, especialmente en la costa inglesa, pero también en las llanuras francesa y alemana, empeorando en las montañas de Alemania y Austria. La probabilidades de ver el eclipse en la zona descrita están entre el 40-50%, disminuyendo al 30-40% en Inglaterra. Si se va a observar en estas zonas, conviene escoger grandes llanuras, pues la presencia de montañas puede provocar la acumulación de nubes. A la vista de las estadísticas, la zona menos mala en Europa Occidental parece ser la que va desde el Danubio a Munich.

Las condiciones mejoran a medida que nos trasladamos al Este de Europa, donde el clima no está tan dominado por los frentes que provienen del Atlántico, por la barrera que suponen los Alpes y la progresiva lejanía al Océano Atlántico. Hungría y Rumanía no sólo van a contar con la mayor duración del eclipse, sino que tienen las más altas probabilidades de cielo descubierto en toda la zona europea, entre 60-70% (entendemos por cielo descubierto aquel que está completamente despejado o que tiene nubes dispersas que no llegan a cubrir la mitad del cielo). Expertos húngaros aseguran que el Lago Balaton es uno de los mejores lugares en su país; diez meses antes del eclipse ya parece ser uno de los destinos preferidos por quienes planean desplazarse en Europa. Por su parte, quienes veranean en la costa rumana o búlgara del Mar Negro, al sur de Constanța y norte de Varna, pueden tener la más alta probabilidad de ver el eclipse en Europa.

Asia tiene las mejores perspectivas de observación del eclipse, con probabilidades de cielo despejado entre 70-100%. Las posibilidades en Turquía mejoran a medida que uno se dirige al sur, donde la duración de la totalidad aún excede los dos minutos. En Irán las probabilidades de ver el eclipse son máximas, pero la temperatura ambiente de primera hora de la tarde puede ser difícil de soportar para alguien poco habituado a altas temperaturas (hay predicciones de hasta 50° C), aunque éstas pueden

ser llevaderas en las zonas más altas (Borūjerd se encuentra a 1700 m de altura). En la ciudad de Isfāhan el eclipse dura algo más de minuto y medio, y la duración del eclipse va reduciéndose hasta cerca de un minuto al entrar en Pakistán. La presencia del monzón en este país lo hace poco propicio para ver el eclipse: según distintas fuentes, las probabilidades de visión del eclipse en Karachi están entre 25-75%; además, el Sol se hallará a sólo 22° sobre el horizonte.



El eclipse en las capitales de provincia españolas

En España el eclipse va a ser visto como parcial, con una magnitud entre 0,34 y 0,82. La mayor magnitud se dará en las poblaciones del norte de la península, excediendo ligeramente el valor de 0,8 lo que corresponde a un ocultamiento de la superficie solar del 75%. La línea de magnitud 0,7 cruza la península por la mitad, así como las Baleares. En el sur de la península la magnitud apenas excederá el valor 0,6, mientras que en Ceuta y Melilla no se llegará a este valor. En las islas Canarias la magnitud del eclipse será cercana a 0,35, lo cual supone un ocultamiento de la superficie solar del 25%, que es inapreciable en la práctica salvo que se proyecte la imagen del Sol en una pantalla.

En la tabla siguiente se indican las características del eclipse para cada capital de provincia, las cuales se pueden tomar como orientativas para las poblaciones situadas en cada provincia.

Características del eclipse parcial

Ciudad	Inicio del eclipse (h m s)	Máximo del eclipse (h m s)	Fin del eclipse (h m s)	Magn.	Oscur.
Albacete	10 55 07	12 13 04	13 37 18	0,688	61%
Alicante / Alacant	10 57 10	12 15 46	13 40 21	0,671	59%
Almería	10 54 43	12 11 20	13 34 34	0,619	53%
Ávila	10 51 29	12 08 09	13 31 33	0,734	67%
Badajoz	10 48 32	12 03 13	13 25 18	0,678	60%
Barcelona	11 00 48	12 21 31	13 47 04	0,772	72%
Bilbao	10 54 27	12 12 22	13 36 13	0,816	77%
Burgos	10 53 09	12 10 37	13 34 22	0,787	74%
Cáceres	10 49 18	12 04 36	13 27 06	0,696	62%
Cádiz	10 49 36	12 03 27	13 24 45	0,605	51%
Castellón de la Plana	10 57 37	12 16 55	13 41 55	0,723	66%
Ceuta	10 51 06	12 05 11	13 26 34	0,586	49%
Ciudad Real	10 52 20	12 08 58	13 32 24	0,684	61%
Córdoba	10 51 19	12 06 56	13 29 38	0,648	57%
Coruña, A (La Coruña)	10 48 24	12 03 21	13 25 11	0,814	77%
Cuenca	10 54 43	12 12 47	13 37 06	0,721	65%
Donostia-San Sebastián	10 55 38	12 14 03	13 38 11	0,819	78%
Girona (Gerona)	11 01 47	12 22 50	13 48 26	0,792	74%
Granada	10 53 01	12 09 03	13 31 59	0,628	54%
Guadalajara	10 53 25	12 10 59	13 34 58	0,736	67%
Huelva	10 48 38	12 02 31	13 23 54	0,627	54%
Huesca	10 57 18	12 16 36	13 41 24	0,787	74%
Jaén	10 52 38	12 08 51	13 31 56	0,646	56%
León	10 51 04	12 07 30	13 30 33	0,792	74%
Logroño	10 54 45	12 12 56	13 37 04	0,793	74%
Lugo	10 49 04	12 04 27	13 26 39	0,803	76%
Lleida (Lérida)	10 58 37	12 18 29	13 43 38	0,774	72%
Madrid	10 52 43	12 09 56	13 33 42	0,728	66%
Málaga	10 52 02	12 07 15	13 29 34	0,613	52%
Melilla	10 54 43	12 09 59	13 32 05	0,570	47%

ATENCIÓN: en esta tabla las horas se dan según el *horario oficial*.

Características del eclipse parcial (cont.)

Ciudad	Inicio del eclipse (h m s)	Máximo del eclipse (h m s)	Fin del eclipse (h m s)	Magn.	Oscur.
Murcia	10 56 19	12 14 22	13 38 36	0,658	58%
Ourense (Orense)	10 48 26	12 03 34	13 25 42	0,783	73%
Oviedo	10 51 06	12 07 26	13 30 16	0,815	77%
Palencia	10 52 03	12 09 01	13 32 29	0,776	72%
Palma de Mallorca	11 01 26	12 22 27	13 48 10	0,719	65%
Palmas de G. C., Las	9 44 12	10 42 13	11 47 06	0,347	23%
Pamplona / Iruña	10 55 53	12 14 30	13 38 50	0,805	76%
Pontevedra	10 47 39	12 02 22	13 24 09	0,786	74%
Salamanca	10 50 24	12 06 33	13 29 35	0,743	68%
S. Cruz de Tenerife	9 42 42	10 40 58	11 46 13	0,361	25%
Santander	10 53 29	12 10 55	13 34 26	0,820	78%
Segovia	10 52 15	12 09 19	13 32 57	0,744	68%
Sevilla	10 49 49	12 04 23	13 26 19	0,632	55%
Soria	10 54 31	12 12 39	13 36 52	0,772	72%
Tarragona	10 59 28	12 19 40	13 45 01	0,761	70%
Teruel	10 56 06	12 14 51	13 39 32	0,731	67%
Toledo	10 52 14	12 09 06	13 32 40	0,711	64%
Valencia	10 57 09	12 16 09	13 40 60	0,706	64%
Valladolid	10 51 53	12 08 48	13 32 16	0,765	71%
Vitoria-Gasteiz	10 54 36	12 12 39	13 36 40	0,804	76%
Zamora	10 50 27	12 06 39	13 29 40	0,759	70%
Zaragoza	10 56 35	12 15 36	13 40 19	0,771	72%

ATENCIÓN: en esta tabla, a diferencia de todas las demás, las horas se dan según el *horario oficial*. Para la fecha del eclipse, el horario oficial está adelantado 2 horas con respecto del Tiempo Universal en la península, Baleares, Ceuta y Melilla, y está adelantado en 1 hora en las islas Canarias. Con ello se espera evitar confusiones cuando se consulten estas dos últimas tablas para conocer las efemérides del eclipse para una ciudad española.

Precauciones al observar un eclipse de Sol

Observar el Sol siempre entraña un riesgo, pues la gran cantidad de radiación que emite a diversas longitudes de onda (principalmente del infrarrojo al ultravioleta) puede dañar permanentemente la vista, produciendo incluso ceguera. Como regla general **nunca debe observarse el Sol directamente, ni con aparatos ni con filtros ni a simple vista**. La retina puede quemarse o cegarse parcialmente sin aviso, pues no produce

sensación de dolor. El daño puede ser instantáneo e irreparable si la observación se hace con un aparato: ¿quién no ha visto arder un papel puesto tras una lupa?; pues de la misma manera que una lupa actúan la mayor parte de aparatos que concentran luz mediante lentes: prismáticos, cámaras fotográficas, anteojos, telescopios, etcétera.

Lo dicho se refiere tanto al Sol sin eclipsar, como al Sol eclipsado parcialmente o un eclipse anular: la cantidad de radiación que llega del 1% de la superficie del Sol es suficiente para dañar la vista. Ello puede verse con un sencillo cálculo. El 1% de la superficie del Sol emite 5 magnitudes menos que el Sol entero, lo que equivale a una luminosidad de 4000 lunas llenas concentrada en una región de 3' de tamaño, cuya imagen en el ojo ocupa unos pocos receptores de luz, los cuales serán dañados, aunque no así los receptores vecinos.

Proyección del Sol durante un eclipse parcial

Para evitar cualquier accidente no tenemos más remedio que insistir; el propio Sol o un eclipse de Sol NUNCA debe ser observado mirando directamente al Sol, sino que debe ser observado proyectando la imagen del Sol sobre un papel, pantalla, pared o techo. Al actuar por dispersión, dicha superficie reemite una fracción muy pequeña de la luz recibida, que es sólo la que ha pasado por el pequeño agujero. Incluso mirar el Sol a través de filtros muy oscurecidos entraña sus riesgos y no se aconseja.

El método más simple consiste en utilizar dos folios o cartulinas, a uno de los cuales se practicará un pequeño agujero. Colocándose de espaldas al Sol, se sujeta el folio agujereado de tal manera que los rayos del Sol incidan más o menos perpendicularmente sobre el folio y que la luz que pasa por el agujero se proyecte en el otro folio, situada a modo de pantalla a varios palmos del primero y paralelo a éste. Según sea el tamaño del agujero, la imagen se verá más o menos nítida y más o menos luminosa. La separación entre los dos folios también depende del tamaño del agujero. Conviene probar con agujeros de distinto tamaño hasta encontrar uno que nos satisfaga.

Una variante de lo anterior se consigue proyectando sobre una pared la imagen del Sol con un espejo de mano cubierto con un papel al que se ha recortado un agujero de medio centímetro de diámetro. No es necesario que este agujero tenga una forma particular: de hecho es interesante hacer varios, por ejemplo uno redondo, otro cuadrado y otro triangular, y se verá como la imagen que proyecta cada uno de ellos en la superficie escogida tiene la misma forma: un disco si es el Sol sin eclipsar, un disco parcialmente oscurecido si es el Sol parcialmente eclipsado. Su tamaño sí es importante; cuanto más grande más luminosa pero más borrosa será la imagen proyectada. Por ello conviene hacer pruebas con agujeros de diverso tamaño hasta encontrar el óptimo. Tal tamaño también depende de la distancia a la que se encuentre la superficie de proyección (pared,

techo o pantalla). Si se está observando un eclipse, a medida que se eclipsa el Sol puede convenir usar agujeros más grandes. Este procedimiento nada peligroso tiene la ventaja adicional de permitir que un grupo de personas observe el fenómeno al mismo tiempo, lo que permite hacer comentarios, lo que entretiene durante el largo tiempo que tarda el Sol en eclipsarse.

Otra posibilidad de ver el trozo de Sol cubierto por la Luna se consigue colocando un folio a modo de pantalla en la zona de sombra de un árbol que deje pasar pequeños haces de luz entre sus hojas. Cada uno de estos haces dará lugar a una pequeña imagen del mismo modo que con un folio perforado.

Si la proyección se realiza mediante unos prismáticos o un pequeño telescopio se tendrá una imagen mucho más luminosa, pero hay que tener en cuenta los peligros añadidos. Uno de ellos es que el calentamiento excesivo del aparato (especialmente su ocular) puede dañarlo, por lo que conviene dejarlo enfriar un rato cada pocos minutos de observación. Otro de ellos es que a alguien (¿algún niño?) se le puede ocurrir mirar por el aparato, lo que le acarrearía probablemente la cegera en tal ojo. Por ello conviene colocar la pantalla de proyección en el suelo, inclinada perpendicularmente al haz de luz. EL telescopio o prismáticos deben orientarse de manera que la imagen se proyecte en la pantalla y hay que manipular el enfoque del aparato hasta que aparezca una imagen nítida en la pantalla. La luminosidad aparente de la imagen aumentará si se impide que la luz del Sol dé directamente en la pantalla de proyección, lo cual se puede conseguir con algún tipo de montaje, como insertar los prismáticos en una cartulina.

Se ha hablado mucho del uso de filtros para la observación del Sol. Hay filtros profesionales para ello, que pueden ser usados con seguridad. Su inconveniente es que pueden ser un poco caros, pero hay razones muy importantes para ello. En primer lugar, reducen la cantidad de luz en la cantidad adecuada para ser utilizables por el ojo humano. En segundo lugar, reducen la luz de todas las longitudes de onda (del infrarrojo al ultravioleta), teniendo especial cuidado en filtrar las radiaciones más nocivas para el ojo humano. Típicamente reducen en un factor 30.000 (¡treinta mil!) la radiación visible del Sol, lo que reduce su brillo al de un cuarto creciente lunar. El infrarrojo próximo (hasta 1,4 micras) se reduce varios centenares de veces.

Los filtros “caseros” son totalmente desaconsejables. Se han usado desde películas veladas a disquetes tipo *floppy*, pasando por radiografías, gafas de sol, cristales ahumados, gafas de soldador, filtros baratos para prismáticos y telescopios, ... De todos ellos el único razonable son las gafas de soldador de alto filtro, aunque sus cualidades ópticas pueden dejar mucho que desear. Los demás o bien no filtran la radiación en el factor requerido o bien no filtran adecuadamente todo el rango de longitudes de onda al que responde el ojo humano. Como caso anecdótico del peligro

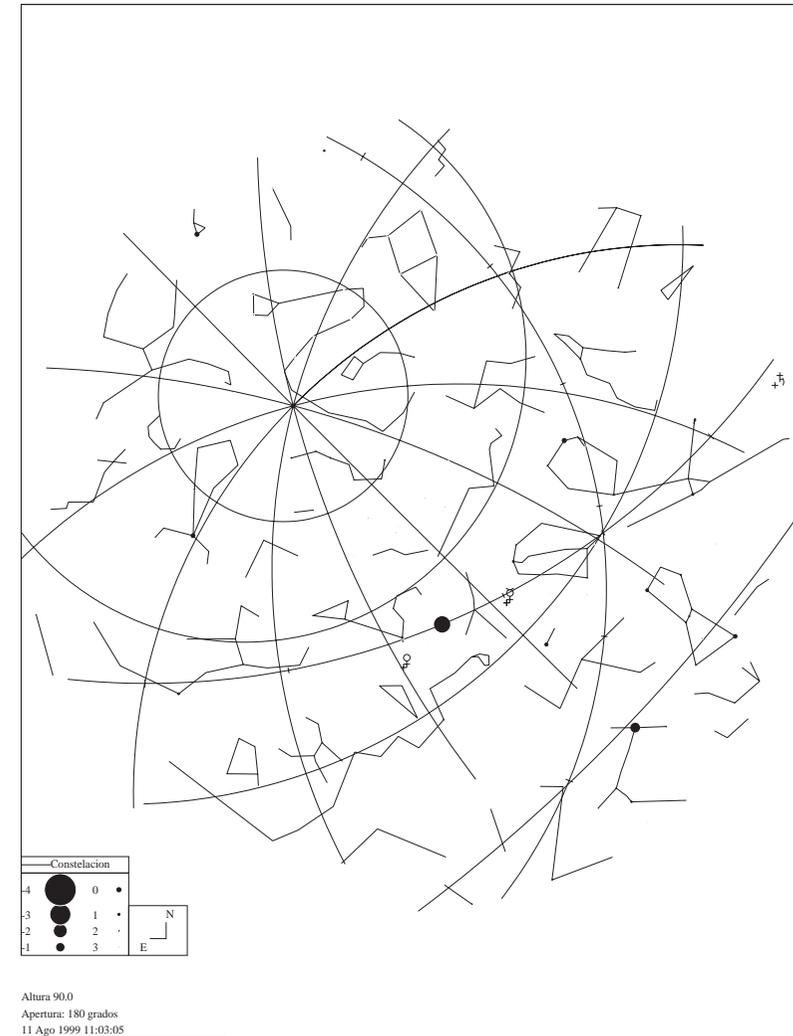
que entrañan estos sistemas caseros está el de las películas veladas al sol (y después reveladas) de fotografía en blanco y negro: antiguamente contenían suficiente cantidad de plata como para dar lugar a un filtro “razonable” (doblado varias veces la película sobre sí misma), pero en la actualidad algunas utilizan tintes en lugar de plata, con lo que han perdido todo su poder protector como filtro solar: hay que asegurarse de que la película contiene plata. Los demás tipos de película (color, diapositiva) no son adecuados en absoluto.

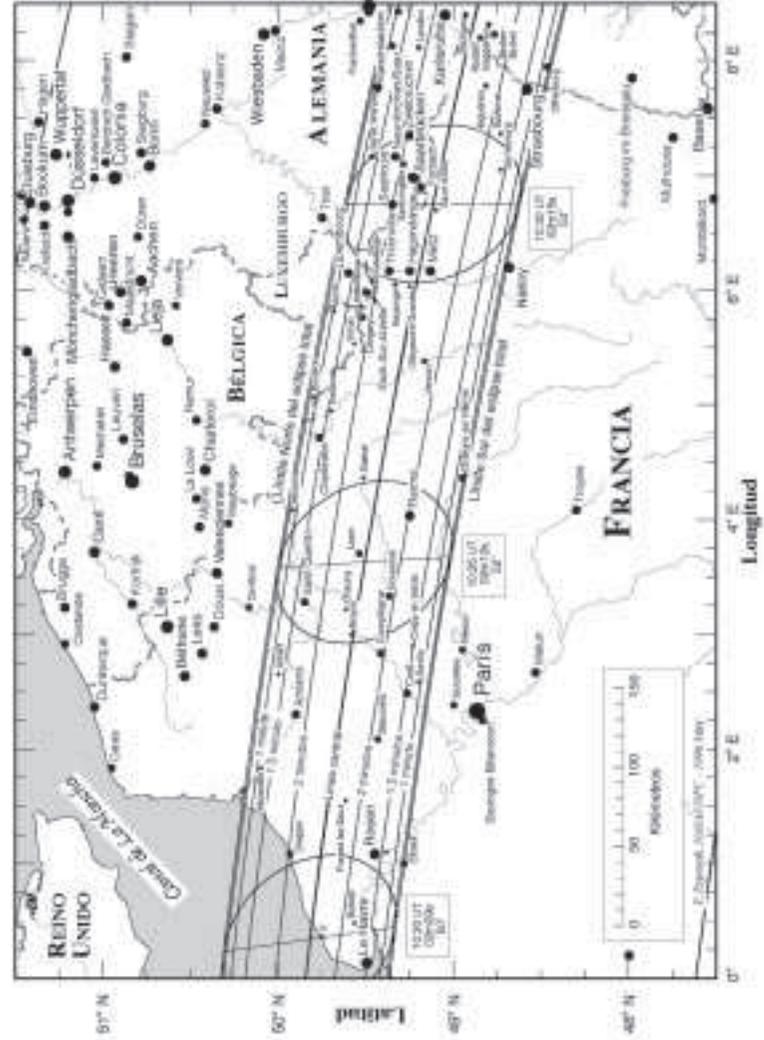
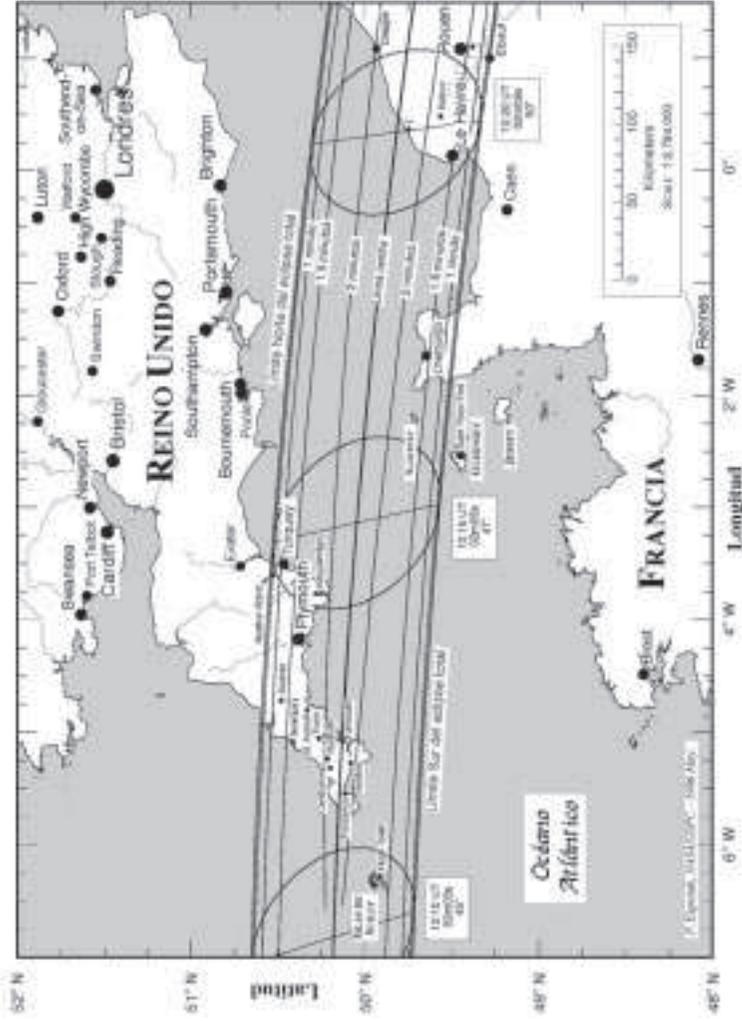
En cualquier caso, observar el Sol aunque sea con un filtro bueno es algo que resulta un tanto peligroso, pues puede producirse un despiste y acabar mirándolo sin tal filtro. No es descabellado pensar en el caso de un niño que observa el Sol con un filtro y, de manera totalmente ingenua, se le ocurre echar un vistazo al Sol apartando el filtro . . . En mi opinión, no hay nada tan seguro como proyectar la imagen del Sol, a no ser que uno sepa muy bien lo que está haciendo y cuente con los filtros adecuados.

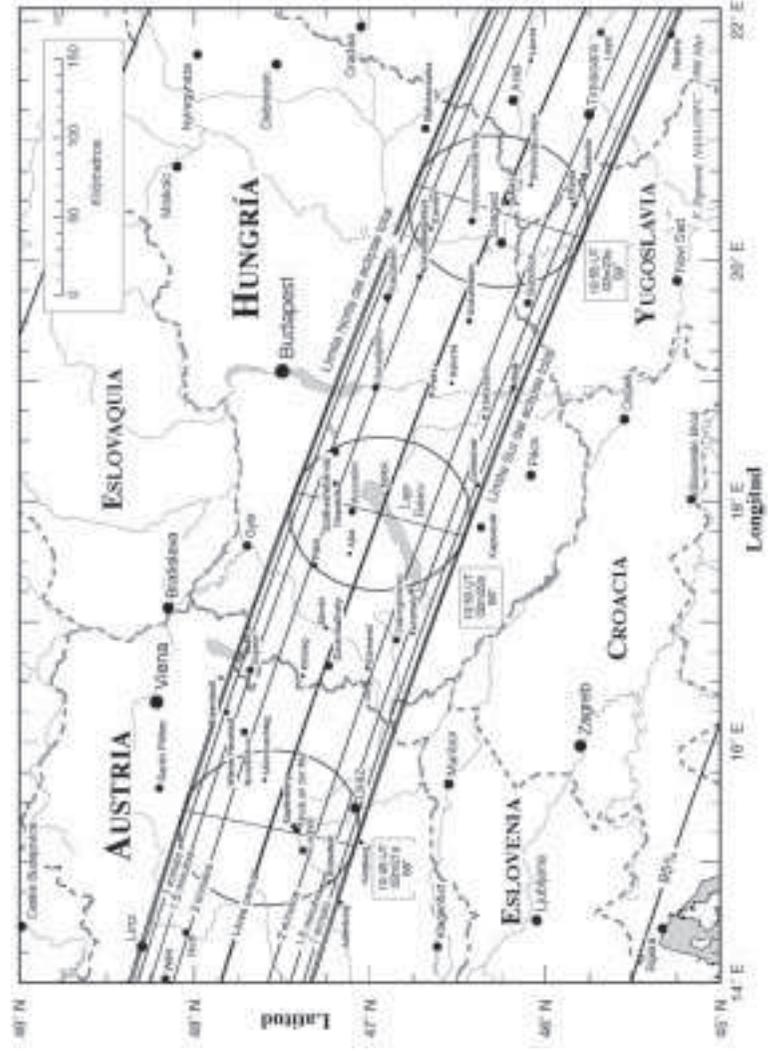
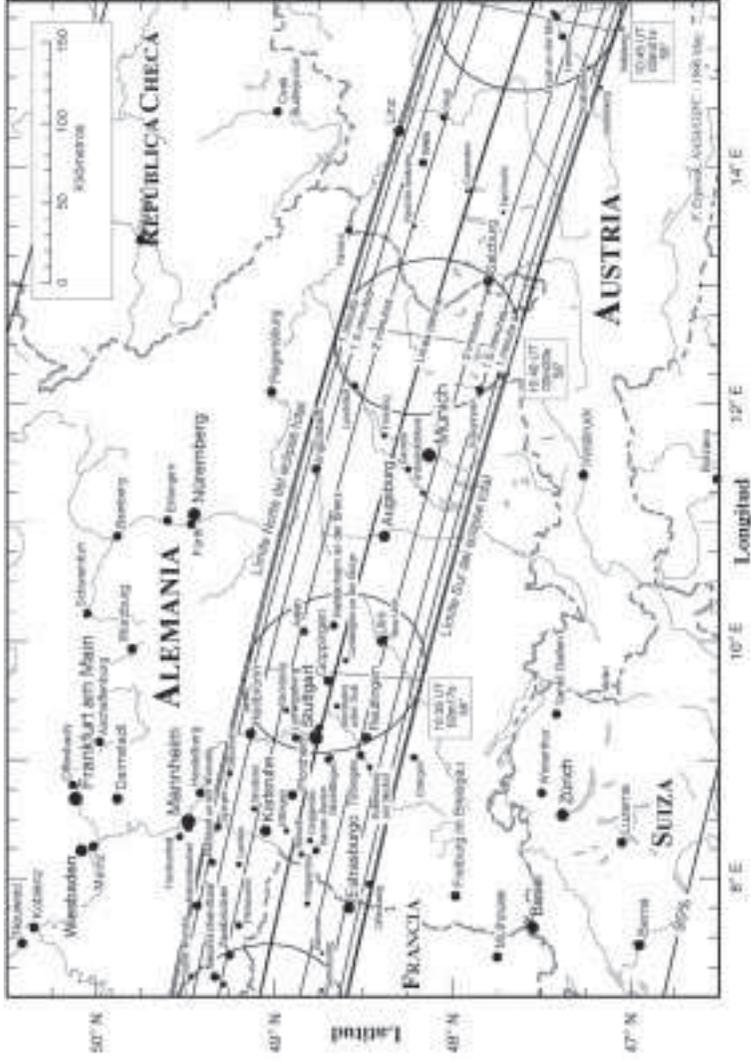
Fase de totalidad

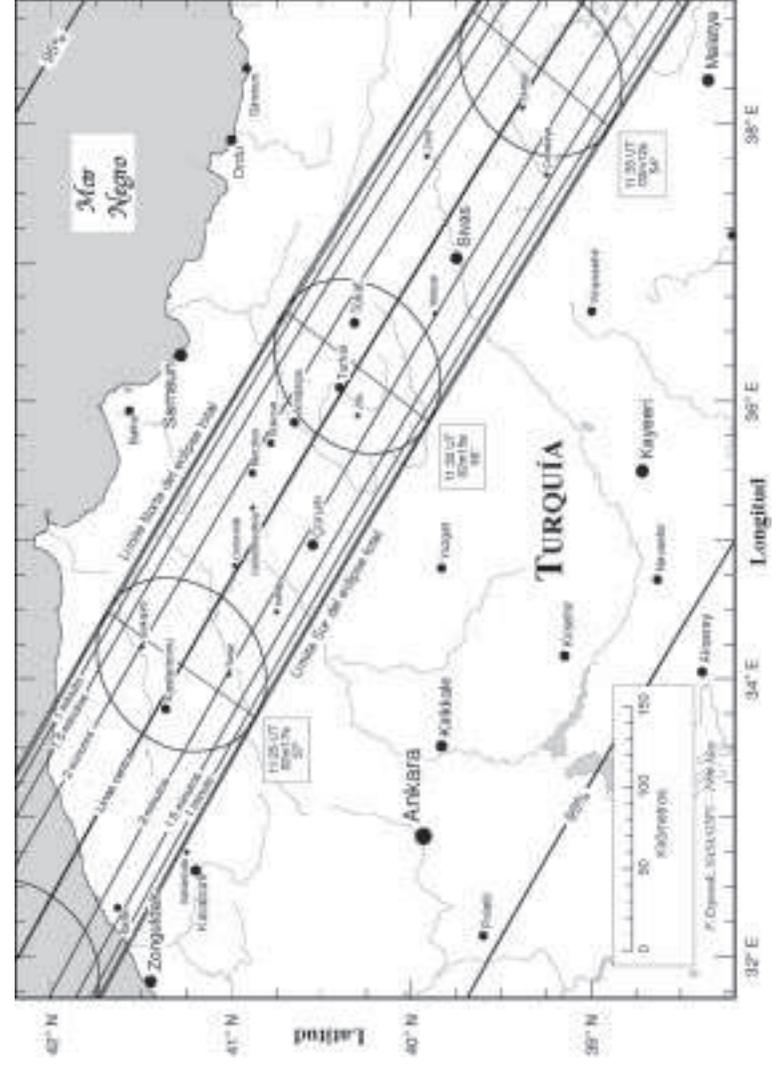
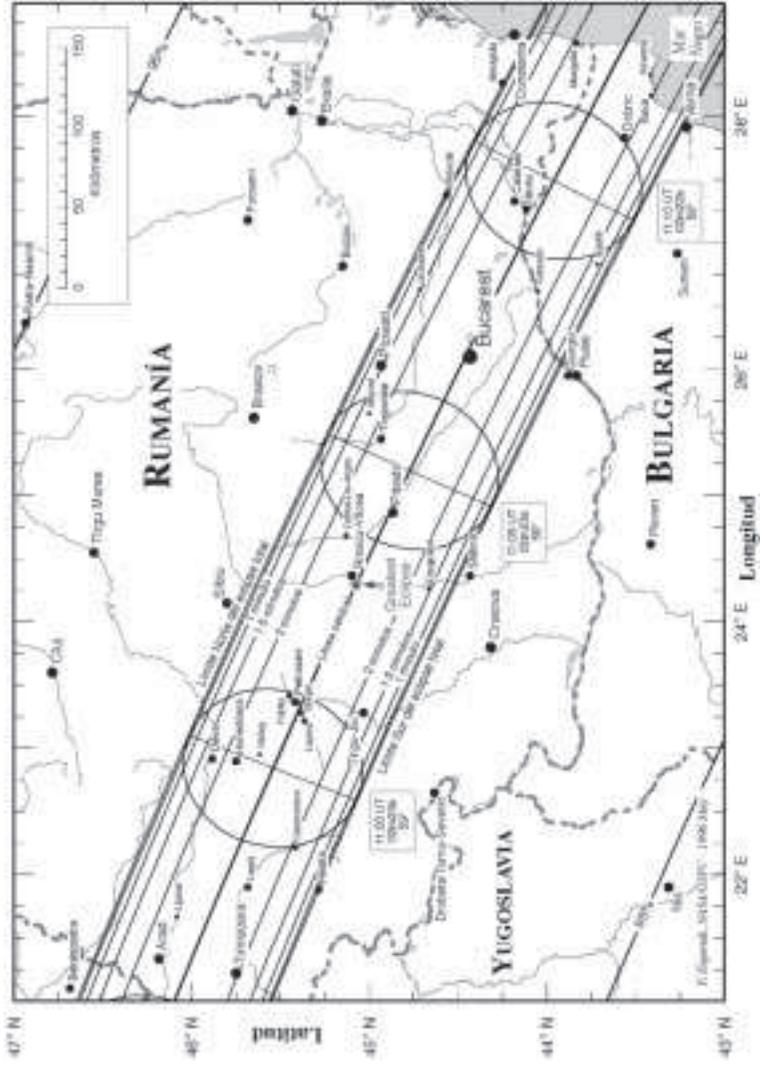
Durante los pocos minutos que dura la fase de totalidad de un eclipse, se puede mirar tranquilamente sin protección alguna. Es más, ésto es lo que hay que hacer, disfrutando de la rareza del momento. Dado su corta duración y las extrañas sensaciones que se producen por el cambio brusco de temperatura ambiente, viento, oscurecimiento del cielo con la aparición de estrellas, etc, lo bueno es disfrutarlo y dejar que la constancia de todo ello quede grabada, por ejemplo, en un magnetofón o un video. El revisar después lo que quedó grabado será divertido y constituirá un modo de recordarlo al permitir revivirlo otras veces.

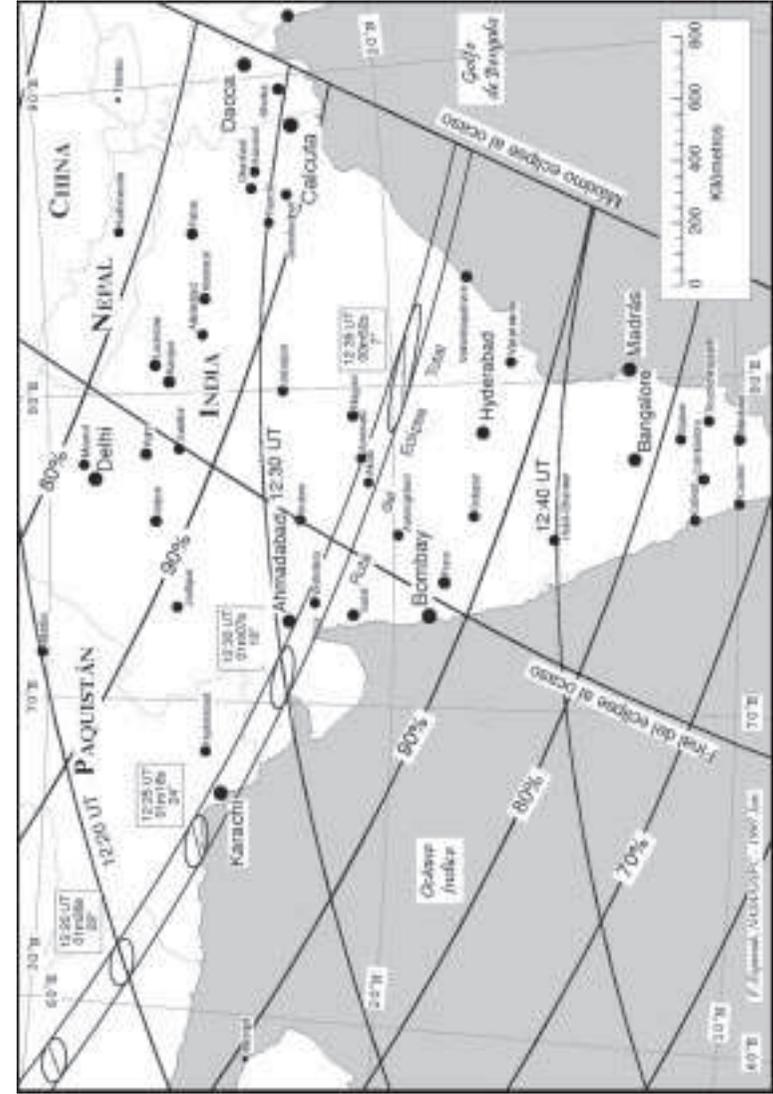
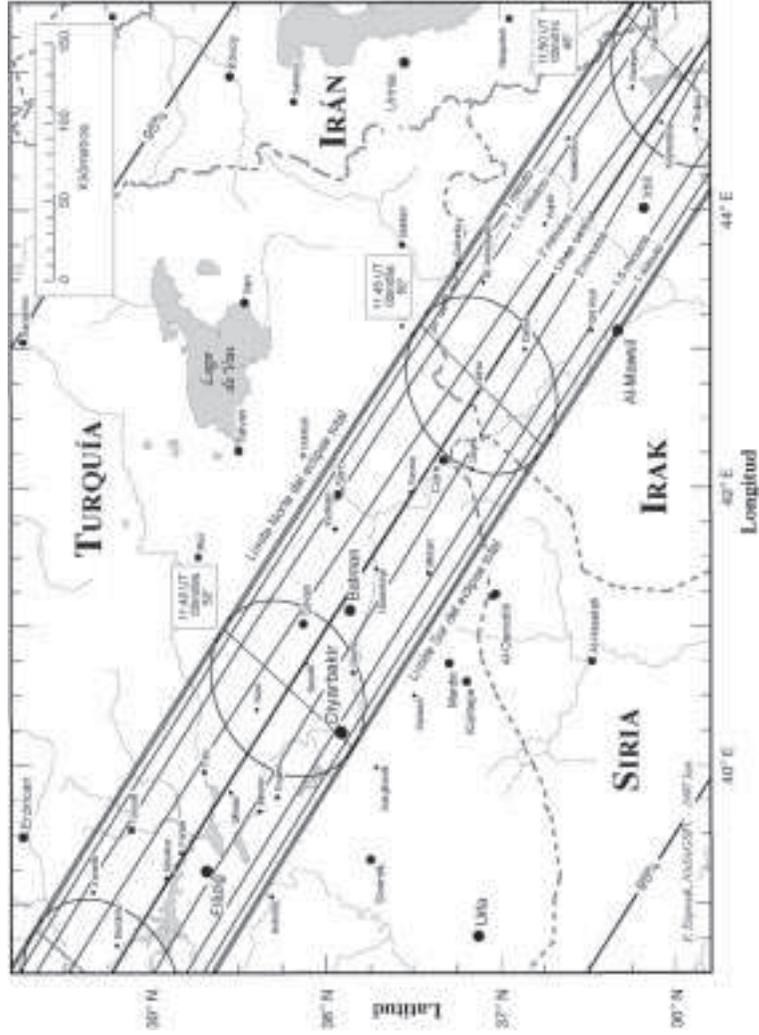
El cielo no oscurece totalmente, quedando con una tenue luminosidad similar a la que hay al finalizar el denominado crepúsculo civil. Ello es suficiente para que puedan verse planetas y algunas estrellas que en tal momento se hallen por encima del horizonte. En este eclipse que describimos, Venus se podrá ver unos 15° al sureste del Sol, mientras que Mercurio quizás sea visible con dificultad unos 18° al oeste del Sol, dependiendo de la transparencia y luminosidad residual del cielo durante la totalidad. Entre las estrellas que quizás se puedan ver se encuentran Sirio, Capella, Proción, Arturo, las de Orión, y algunas más.











Eclipses futuros

El próximo eclipse total de Sol será el del 21 de junio de 2001, que será visible en el África austral (Angola, Zambia, Zimbabue y Mozambique), una buena oportunidad para ver las espectaculares cataratas Victoria y un eclipse total en un solo viaje. Otro eclipse solar cuya totalidad que podrá verse no muy lejos de España es el de 29 de marzo de 2006. Tras pasar por algunos países del Golfo de Guinea, cruzará Níger, Libia (donde se dará el máximo) y Turquía, para acabar en las estepas siberianas.

El próximo eclipse total de Sol visible en algún lugar de España será el de 12 de agosto de 2026. La totalidad será visible en la costa oriental de Groenlandia, el máximo se dará cerca de la costa occidental de Islandia y sólo llegará a la Europa continental cuando cruce el norte de España. Desafortunadamente, sólo podremos ver las últimas fases de eclipse, cuando el Sol está ya a punto de ponerse. En menos de un año habrá otro eclipse total visible en España. El 2 de agosto de 2027 un eclipse de larga duración (más de 6 minutos de totalidad) pasará por el extremo sur de la península ibérica y el extremo norte de Marruecos, pasará por el norte de Argelia, Túnez y Libia antes de adentrarse en Egipto, donde se dará el máximo, para luego pasar por Arabia Saudí y Yemen y perderse en el Océano Índico. Al poco tiempo, el 26 de enero de 2028, un eclipse anular que cruzará Sudamérica acabará en la península. Esta será una época rica en eclipses para los españoles.

Para tener más información sobre eclipses pasados y futuros consúltese el artículo que acompaña a éste en el ANUARIO.

Bibliografía

J. Meeus, 1989, *Elements of solar eclipses 1951-2200*, ed. Willmann-Bell, Richmond (Virginia).

F. Espenak, 1987, *Fifty Year Canon of Solar Eclipses: 1986-2035*. ed. NASA (RP1178) y Sky Pub. Corp.

F. Espenak, 1997, *Total Solar Eclipse of 1999 August 11*. ed. NASA (RP1398).

P.K. Seidelmann, 1992, *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac*, ed. University Science Books, California.

P.S. Harrington, 1997, *Eclipse*, ed. John Wiley & Sons, New York.

J.B. Zirker, 1995, *Total eclipses of the Sun*, ed. Princeton University Press, Princeton.