

Eclipses totales de Sol observables desde Tarifa (2000-2200)

Wenceslao Segura González

Los eclipses totales de Sol se encuentran entre los fenómenos naturales más sorprendentes. Por eso no es extraño que se hayan conservado multitud de registros antiguos donde se refleja la ocultación total del Sol por la Luna nueva. Los antiguos chinos, los babilonios, los griegos y los astrónomos árabes, fueron especialmente hábiles en predecir los eclipses y posteriormente hacer precisas mediciones de sus circunstancias, dejando, en algunos casos, detallados informes de como sucedió el eclipse (1).

Los eclipses totales de Sol son fenómenos relativamente corrientes, mucho más de lo que se piensa. En promedio hay 73 eclipses totales de Sol en un siglo y unos 165 entre parciales y anulares. Pero los eclipses totales de Sol son fenómenos locales; es decir, que sólo son observables en áreas muy limitadas de la superficie terrestre. Esto se explica porque la sombra que proyecta la Luna durante un eclipse, es extremadamente pequeña. Esta franja de oscuridad va barriendo la superficie terrestre en la dirección de oeste a este, en lo que se llama trayecto de totalidad, que tiene un ancho que raramente supera los trescientos kilómetros.

Esta rareza de los eclipses totales explica que, por ejemplo, durante el siglo XX sólo fuese visible desde España un único eclipse total, el del 30 de agosto de 1905, que fue observable desde el norte de la península. Desde la posición de Tarifa, el último eclipse total de Sol que se vio fue el del 22 de diciembre de 1870 (2).

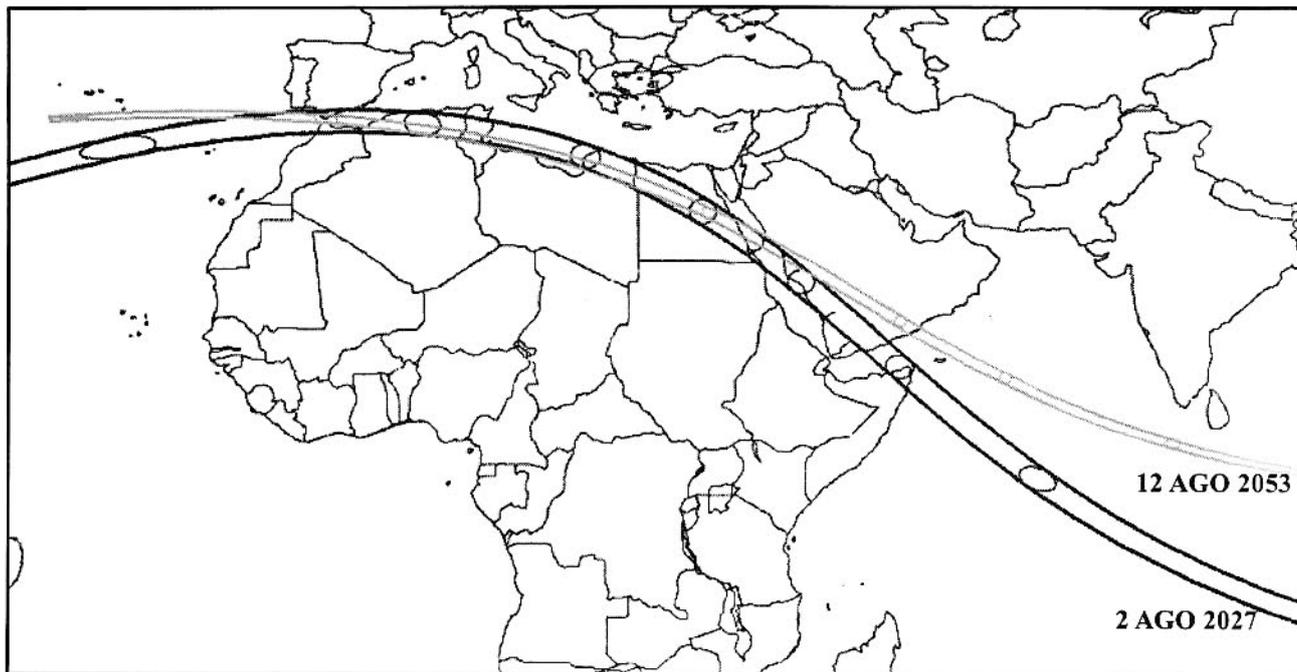
Un análisis estadístico nos muestra que a la latitud geográfica de Tarifa tienen que transcurrir 344 años entre dos eclipses totales de Sol (3). Al ser el anterior intervalo muy superior a la vida media humana, la mayoría de las personas no logran ver en su vida un fenómeno de este tipo. Por eso llama especialmente la atención que durante el siglo presente, vayan a ser observables desde Tarifa dos eclipses totales de Sol, el que ocurrirá en el 2027 y el del 2053, cuyas circunstancias vamos a analizar.

Todos los cálculos que presentamos son re-

feridos a las circunstancias locales de los eclipses totales en la posición geográfica de 36° 1' de latitud norte, 5° 36' longitud oeste y una altitud de 0 metros, que corresponde en promedio a la posición geográfica de la ciudad de Tarifa. Para cualquier otro lugar, aunque se encuentre cerca de Tarifa, los resultados pueden diferir sensiblemente. Indiquemos de nuevo que los eclipses totales son fenómenos locales y sus circunstancias hay que calcularlas individualmente para cada lugar de observación.

Los resultados que a continuación damos vienen en tiempo universal, o sea, el tiempo solar medio en el primer meridiano. Para convertirlo en hora oficial española habrá que añadir una o dos horas, según esté vigente o no el horario de verano. Ésta es algo que no podemos anticipar. Se ha discutido seriamente en eliminar el horario de verano, sin llegar hasta el momento a ninguna decisión. Otro problema con el que nos enfrentamos es el previsible cambio en el sistema de tiempo civil. Desde el 1972 se viene usando el denominado tiempo universal coordinado (UTC) para derivar el tiempo civil; en nuestro país se hace añadiéndole una o dos horas, según sea la época del año. Pero la opinión generalizada en el mundo científico es modificar la escala UTC. Incluso se baraja la posibilidad de que sea a partir del año 2022 en que un nuevo sistema de tiempo civil venga en uso (4). No obstante, no habiéndose adoptado ningún acuerdo sobre el particular, hemos optado por seguir dando los resultados en tiempo universal.

Una particularidad que influye en el análisis de las circunstancias locales de un eclipse de Sol, son las alteraciones que sufre la rotación de la Tierra respecto a su eje por efecto de diversos procesos geofísicos. En promedio, la Tierra se está frenando, principalmente por efecto del rozamiento de las mareas y por un aumento de su tamaño, a consecuencia de haber quedado liberada de la presión ejercida por los hielos durante la última época glacial. La rotación de la Tierra también se ve sometida a otras alteraciones, entre ellas las causadas por



El dibujo muestra el recorrido de las sombras proyectadas por la Luna sobre la superficie terrestre para los eclipses totales de Sol de 2027 y 2053. Las sombras se desplazan hacia el este.

los vientos y por un acoplamiento magnético entre el núcleo terrestre y la corteza. Sólo de forma aproximada podemos preveer como va a estar rotando la Tierra dentro de algún tiempo, siendo la incertidumbre mayor a medida que es más lejano el momento en que se haga el cálculo. Esto ocasiona que no podamos predecir con total precisión los momentos en que se producirán las distintas fases de un eclipse. Nótese que esta imprecisión es originada, no en la teoría astronómica, sino en los fenómenos geofísicos antes indicados, que son malamente conocidos.

La magnitud que nos describe este frenado de la rotación terrestre se le llama delta de T. Para su cálculo hemos usado una fórmula empírica preparada por Morrison y Stephenson, que al igual que otras que se han publicado, sólo es aproximada (5).

CARACTERÍSTICAS DE UN ECLIPSE DE SOL

En un eclipse total de Sol se distinguen cinco momentos. El primero de ellos lo representa el primer contacto del Sol con la Luna, en el que comienza la fase parcial del eclipse. Le sigue el inicio de la fase de totalidad, que es cuando el Sol queda completamente ocultado por la Luna. El momento del máximo eclipse es el preciso momento en que los centros del Sol y la Luna se encuentran más cercanos entre sí. A continuación viene el final de la fase de totalidad, que es cuando el borde del Sol reaparece

después de haber estado oculto. Y finalmente ocurre el último contacto, que representa el final del eclipse parcial.

Existen diversos tipos de eclipses solares. Los eclipses del 2027 y del 2053 serán centrales y totales, o sea que el eje del cono de la sombra proyectada por la Luna cruzará la Tierra, algo que no ocurre siempre, aunque sí es lo más corriente.

En la información que se suministra para cada eclipse se ha añadido además, el valor de delta de T que se ha usado (6), el momento del orto del Sol, el ángulo que forma el centro del Sol con el horizonte (altura) en el momento del máximo eclipse y el azimut o ángulo contado desde el norte hacia el este donde tendrá lugar el eclipse. También viene dado el cociente entre los diámetros de la Luna y el Sol y la magnitud del eclipse (7). Los cálculos que nos dan las circunstancias locales de los eclipses han sido hechos usando los correspondientes elementos besselianos (8).

ECLIPSE TOTAL DE SOL DEL LUNES 2 DE AGOSTO DE 2027

El eclipse que veremos en Tarifa el 2 de agosto de 2027 lo podemos calificar como excelente. Se producirá en un mes veraniego (9), por lo que es muy probable que el cielo esté despejado y la observación sea fácil. La totalidad tendrá una duración bastante grande: 4 minutos y 36 segundos (10).

Nótese que la máxima duración de un eclipse total es de siete minutos y medio, y que esto sólo se produce en condiciones muy excepcionales. Hay que añadir que cuando se produzca el eclipse del 2027 ya habrán transcurrido dos horas desde el orto del Sol, por lo que este astro se encontrará a suficiente altura sobre el horizonte, lo que facilitará la observación.

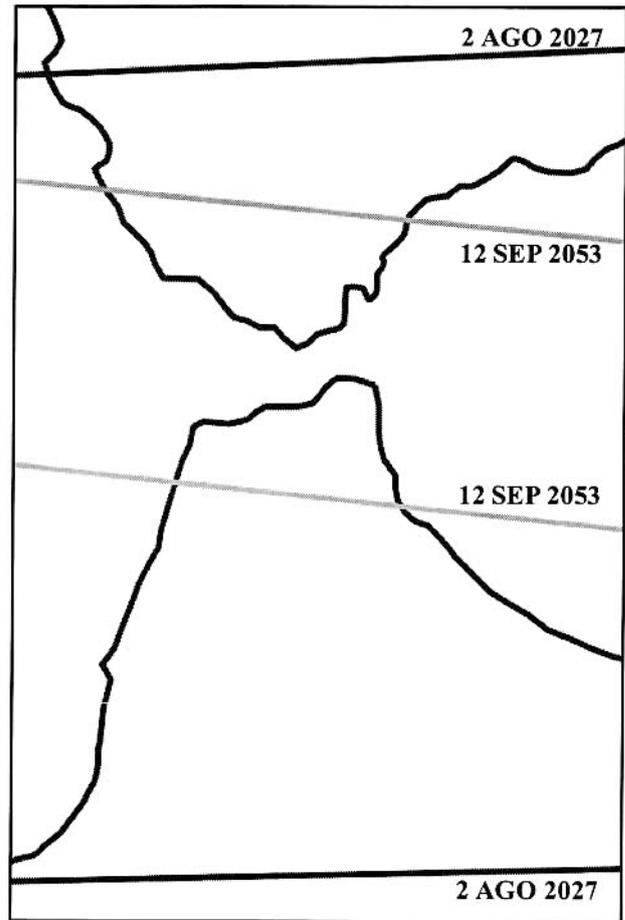
Otra singularidad tendrá este eclipse. Al igual que el del año 2053, sólo será visible en la mitad sur de la provincia de Cádiz, así que el resto de España se tendrá que contentar con observar un eclipse parcial. Sin embargo, en el norte del país se observará un eclipse total en este siglo, concretamente el 12 de agosto de 2026.

Las características del eclipse del 2 de agosto de 2027 tal como será visto en Tarifa son las siguientes:

- Primer contacto: 7h 39m 34s (al igual que todos los demás resultados está expresado en tiempo universal, para convertirlo en tiempo oficial de España, agregar dos horas si en esta fecha continúa vigente el horario de verano).
- Inicio de la totalidad: 8h 43m 42s.
- Máximo eclipse: 8h 45m 59s.
- Final de la totalidad: 8h 48m 18s.
- Último contacto: 9h 59m 8s.
- Cociente entre el diámetro aparente de la Luna y el Sol: 1,071873.
- Magnitud del eclipse: 1,0245779.
- Delta de T: 138 segundos.
- Duración de la totalidad: 4m 36s.
- Duración de todo el eclipse: 2h 19m 34s.
- Altura del Sol sobre el horizonte en el momento del máximo eclipse: 38° 15'.
- Azimut del Sol en el momento del máximo eclipse (ángulo contado desde el norte hacia el este): 95° 19'.
- Orto del Sol: 5h 30m.
- Ancho de la totalidad a la longitud de Tarifa: 232 kilómetros.

ECLIPSE TOTAL DE SOL DEL VIERNES 12 DE SEPTIEMBRE DE 2053

Este eclipse será menos favorable que el anterior, ya que comenzará sólo 50 minutos después del orto del Sol, por lo que este astro se encontrará muy cercano al horizonte y la visibilidad quedará dificultada. Además, la duración de la totalidad, tal como se verá desde Tarifa, será de 1 minuto y 35 segundos, bastante menor que la duración del eclipse del 2027. Tendrá como singularidad que será visible en una muy estrecha franja, de apenas 81 kiló-



Dibujo de detalle de las zonas por donde serán visibles los eclipses totales de Sol de los años 2027 y 2053. Para los lugares en el interior de las zonas limitadas por las líneas, el Sol se ocultará totalmente tras la Luna.

metros de ancho.

Las características del eclipse del 12 de agosto de 2053 tal como será observado en Tarifa son las siguientes:

- Primer contacto: 6h 53m 37s.
- Inicio de la totalidad: 7h 57m 45s.
- Máximo eclipse: 7h 58m 33s.
- Final de la totalidad: 7h 59m 20s.
- Último contacto: 9h 10m 58s.
- Cociente entre el diámetro aparente de la Luna y el Sol: 1,023423.
- Magnitud del eclipse: 1,0109304.
- Delta de T: 178 segundos.
- Duración de la totalidad: 1m 35s.
- Duración de todo el eclipse: 2h 17m 21s.
- Altura del Sol sobre el horizonte en el momento del máximo eclipse: 22° 38'.
- Azimut del Sol en el momento del máximo eclipse: 102° 12'.

- Orto del Sol: 6h 3m.
- Ancho de la totalidad a la longitud de Tarifa: 81 kilómetros.

**ECLIPSE PARCIAL DE SOL
DEL LUNES 6 DE JULIO DE 2187**

En el siglo XXII no tendremos la suerte de observar ningún eclipse total de Sol en la posición geográfica de Tarifa. No obstante el 6 de julio de 2187 se verá un eclipse parcial de Sol muy cercano a la totalidad. Comenzará a las 5h 32m 17s, el momento en que el Sol estará más oculto será a las 6h 25m 39s y concluirá el eclipse a las 7h 23m 44s. La magnitud del eclipse será de 0,97409, por lo que en el momento del máximo eclipse casi todo el disco solar se encontrará detrás de la Luna.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

(1) STEPHENSON, F.R. *Historical eclipses and earth's rotation*. Cambridge University Press. 1997. Se trata de una amplia investigación donde se detallan todos los eclipses históricos.
 (2) ESPENAK, F. *Fifty year canon of solar eclipses: 1986-2035*. NASA. 1987. Se recogen en este libro algunas de las características de los eclipses solares, así como los mapas de su evolución.
 (3) MEEUS, J. "The frequency of total and annular solar eclipses for a given place". *Journal British Astronomical Association*, 92. 1982. pp. 124-126.
 (4) NELSON, R.A. "The leap second: its history and possible future". *Metrologia*, 38. 2001. pp. 509-529; y ARIAS, E.F., GUINOT, B., QUINN, T.J. "Rotation of the earth and time scales". *ITU-R Special Rapporteur Group*

Colloquium on the UTC Time Scale, Torino (Italy), 28-29 may 2003.

(5) MEEUS, J. *Astronomical Algorithms*. Willman-Bell. 1991. pp. 71-75.
 (6) Con este valor de delta de T se puede encontrar el momento de tiempo terrestre o tiempo uniforme de las distintas etapas del eclipse, para ello hay que sumárselo al tiempo universal de dichos momentos. Pero volvemos a recordar que aún así seguirá existiendo una indeterminación, por no conocer con seguridad cuánto se habrá frenado la Tierra hasta el momento del eclipse.
 (7) La magnitud de un eclipse es igual al segmento que pasando por los centros del Sol y la Luna tiene un extremo en el limbo del Sol más cercano al centro de la Luna y el otro extremo en el limbo de la Luna que está más cerca al centro del Sol, dividido entre el diámetro del Sol. En el caso de un eclipse parcial, la magnitud del eclipse es la fracción del diámetro del Sol cubierto entre el diámetro de la Luna en el momento del más grande eclipse.
 (8) MEEUS, J. *Elements of solar eclipses 1951-220*. Willmann-Bell. 1989. El programa para tratar los elementos besselianos de los eclipses lo hemos preparado en QuickBASIC de Microsoft.
 (9) Son más probables los eclipses totales de Sol en verano que en invierno. La razón hay que buscarla en que en esta estación la distancia entre la Tierra y el Sol es más grande y por lo tanto el tamaño aparente del Sol es más pequeño, por lo que es más probable que tenga un menor tamaño que la Luna y poder ser así ocultada por ella.
 (10) Después de pasar por Tarifa, la sombra de este eclipse seguirá desplazándose hacia el este y cuando alcance el sureste de Egipto tendrá una duración de 6 minutos y 23 segundos, el segundo eclipse total más largo de este siglo.

ALJARANDA está abierta y al mismo tiempo **solicita colaboración** a todos cuantos autores e investigadores tienen como objeto de estudio la Ciudad y Campo de Tarifa, en sus más diversas especialidades (Historia, Geografía, Ciencia, Patrimonio, Arte, Tradiciones), sin olvidarnos de la creación literaria.

Los artículos pueden ser remitidos a:
 Consejo de Redacción.
 Revista **ALJARANDA**.
 Excmo. Ayuntamiento de Tarifa.
 Amor de Dios, nº 3
 11380 Tarifa (Cádiz)