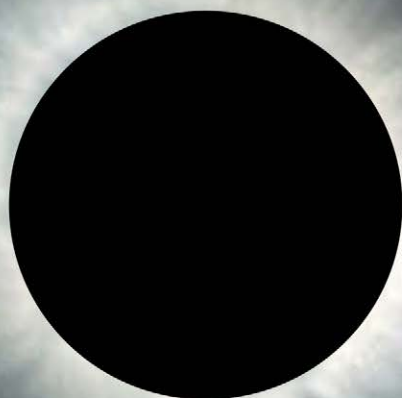


ECLIPSES DE SOL

LOS ECLIPSES “ESPAÑOLES” DE 2026, 2027 Y 2028

OBSERVATORIO ASTRONÓMICO NACIONAL



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES
Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

INSTITUTO
GEOGRÁFICO
NACIONAL



ECLIPSES DE SOL

LOS ECLIPSES “ESPAÑOLES” DE 2026, 2027 Y 2028

OBSERVATORIO ASTRONÓMICO NACIONAL



Título:

ECLIPSES DE SOL. Los eclipses “españoles” de 2026, 2027 y 2028

Editado en mayo de 2025.

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:

<https://cpage.mpr.gob.es/>

Publica:

© De esta edición, O. A. Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG), 2025.

Autoría:

© Instituto Geográfico Nacional, 2025.

Coordinación de la edición: Rafael Bachiller, Director del Observatorio Astronómico Nacional.

Drs. Rafael Bachiller, Javier Alcolea, Pedro Pablo Campo, Miguel Gómez Garrido, Miguel Querejeta, Marina Rodríguez-Baras, María Sánchez, Miguel Santander y Alba Vidal García.

Observatorio Astronómico Nacional (Instituto Geográfico Nacional).

Diseño y maquetación:

Observatorio Astronómico Nacional, Instituto Geográfico Nacional.

Fotografía de portada: Secuencia completa de un eclipse total de Sol. Fred Espenak.

NIPO papel: 198-25-029-9

NIPO digital: 198-25-006-9

ISBN: 978-84-416-9163-6

Depósito legal: M-14060-2025

DOI: 10.7419/162.07.2025

Los derechos de la edición son del O. A. Centro Nacional de Información Geográfica como editorial.

Este Organismo agradece que la difusión electrónica masiva de la edición digital se realice a través de un enlace al apartado correspondiente de la página web oficial.

Impreso en los talleres del Instituto Geográfico Nacional.

En esta publicación se ha utilizado papel certificado libre de cloro de acuerdo con los criterios medioambientales de la contratación pública vigente.



Calle General Ibáñez de Ibero, 3

28003 - Madrid (España)

ign.es / cnig.es

consulta@cnig.es

ÍNDICE

Presentación	7
Prólogo	9
1.- TRES ECLIPSES QUE ASOMBRARÁN A ESPAÑA	11
1.1.- El eclipse total del 12 de agosto de 2026	14
1.1.1.- El eclipse en el mundo.....	14
1.1.2.- El eclipse en España	15
1.1.3.- Desarrollo del eclipse en capitales de provincia y ciudades autónomas	17
1.1.4.- Meteorología	20
1.2.- El eclipse total del 2 de agosto de 2027	21
1.2.1.- El eclipse en el mundo.....	21
1.2.2.- El eclipse en España	22
1.2.3.- Desarrollo del eclipse en capitales de provincia y ciudades autónomas	23
1.2.4.- Meteorología	26
1.3.- El eclipse anular del 26 de enero de 2028	27
1.3.1.- El eclipse en el mundo.....	27
1.3.2.- El eclipse en España	28
1.3.3.- Desarrollo del eclipse en capitales de provincia y ciudades autónomas	30
1.3.4.- Meteorología	33
2.- ¿QUÉ ES UN ECLIPSE?.....	35
2.1.- ¿Por qué se producen los eclipses?	35
2.2.- Eclipses de Sol	38
2.2.1.- Magnitud y oscurecimiento de un eclipse de Sol	39
2.3.- Tipos de eclipses de Sol	42
2.3.1.- Eclipse total de Sol	42
2.3.2.- Eclipse anular de Sol	44
2.3.3.- Eclipse parcial de Sol	46
2.4.- Eclipses de Luna.....	48
2.5.- Tipos de eclipses de Luna	48
2.5.1.- Eclipse total de Luna	49
2.5.2.- Eclipse parcial de Luna	50
2.5.3.- Eclipse penumbral de Luna	50
3.- ¿QUÉ SE VE EN UN ECLIPSE TOTAL?.....	51
3.1. La totalidad en el Sol	51
3.2. La totalidad en la Tierra.....	59
4.- CICLOS Y ESTADÍSTICAS DE LOS ECLIPSES	61
4.1.- Número de eclipses por año.....	61
4.2.- Ciclo saros	62
4.3.- Estadísticas	68
4.4.- Eclipses de Sol visibles como totales o anulares desde España y el resto de Europa.....	69
4.5.- Eclipses solares vistos como totales y anulares desde España y el resto de Europa a lo largo del siglo XX.....	70

4.6.- Eclipses solares vistos como totales o anulares desde España y el resto de Europa a lo largo del siglo XXI	72
4.7.- El fin de los eclipses totales	74
5- LA CIENCIA DE LOS ECLIPSES	77
5.1.- El Sol, nuestra estrella	77
5.2.- La Luna, nuestro satélite natural	81
5.3.- Estudio de la corona solar: coronógrafos.....	84
5.4.- Tránsitos de Mercurio y Venus	85
5.4.1.- Tránsitos de Mercurio.	86
5.4.2.- Tránsitos de Venus	88
5.4.3.- Tránsitos históricos y la medida de la distancia al Sol	89
5.5.- Tránsitos exoplanetarios	95
5.6.- Fenómenos análogos a los eclipses	99
6.- LOS ECLIPSES EN LA HISTORIA	103
6.1.- Eclipses en la Antigüedad	104
6.1.1.- Eclipses en Egipto y Mesopotamia.....	104
6.1.2.- El eclipse de Tales	105
6.1.3.- El eclipse lunar de Nicias.....	106
6.2.- Eclipses en la Edad Media y en la Edad Moderna.....	106
6.2.1.- Carlomagno y los eclipses	106
6.2.2.- El eclipse de Colón	107
6.2.3.- Edmond Halley y los comienzos de la ciencia ciudadana	108
6.3.- Antonio de Ulloa observa un eclipse desde el mar	109
6.4.- El eclipse de Eddington	111
6.5.- Eclipses en España en los siglos XIX y XX	112
6.5.1.- Los eclipses de 1860 y 1870.....	112
6.5.2.- El eclipse total de Sol de 1900.....	116
6.5.3.- El eclipse total de Sol de 1905.....	118
6.5.4.- El eclipse solar híbrido de 1912	120
7.- FASCINACIÓN POR LOS ECLIPSES	123
7.1.- Representaciones en el arte.....	123
7.2.- Mitos y leyendas	133
7.2.1.- El Sol devorado	133
7.2.2.- Miedo y violencia solar	135
7.2.3.- El eclipse como momento amoroso	136
7.2.4.- Respeto por el cosmos y los dioses	138
PRECAUCIONES PARA OBSERVAR UN ECLIPSE	141
Protege tus ojos	141
Gafas de eclipse y otros filtros.....	142
Observación mediante proyección de la imagen del Sol	144
Astrofotografía	146
Recomendaciones prácticas para la observación	148
Bibliografía	150
Recursos en internet	150

Presentación

Son muchos los aspectos que nos fascinan de los eclipses solares, y muy especialmente de los totales en los que percibimos esos breves instantes de oscuridad que se instalan en la claridad del día: es una noche repentina y efímera que parece sobrenatural y que nos deja en suspenso durante unos instantes, momentos en los que nos sentimos particularmente conectados con el cosmos y sus misterios.

Considerando el fenómeno físico en sí, ante todo, es de destacar la aproximación meramente científica que nos revela los detalles del fenómeno: los secretos de la dinámica Sol-Tierra-Luna con sus largos y complicados ciclos. Los astrónomos han sabido sacar partido de estos eventos celestes no solo para estudiar las capas más externas del Sol o el relieve de la Luna, también para probar una teoría que, en principio, parecía sumamente abstracta: la relatividad general de Einstein.

Pero además del fenómeno físico, los eclipses tienen unas dimensiones históricas y culturales que ilustran las formas tan diversas que tiene el ser humano para aproximarse a la naturaleza e intentar describirla.

En efecto, otra aproximación fascinante a los eclipses nos la proporciona la historia. Personajes muy diversos, de Tales a Colón y de Carlomagno a Antonio de Ulloa, han hablado de los eclipses, nos han comunicado sus impresiones sobre ellos, y han dejado una impronta en el devenir histórico desde la Antigüedad hasta nuestros días.

Por otra parte, el arte siempre ha sido una forma imprescindible de abordar los eclipses. Estos fenómenos han inspirado representaciones artísticas de lo más diversas que recorren la historia de la pintura o de la literatura con obras magníficas: desde el arte rupestre al pop, pasando por artistas de la talla de José de Ribera.

Y finalmente, ¿cómo no rememorar todos esos mitos y leyendas que se han basado en los eclipses para describir historias de dragones o animales celestes dispuestos a comerse al astro rey?

Este magnífico libro, sobre el que tengo la satisfacción de aportar unas palabras de presentación, trata de recoger precisamente todas estas aproximaciones al fenómeno de los eclipses solares de manera polifacética, aunque siempre partiendo del rigor científico que es propio de los astrónomos del Observatorio Astronómico Nacional (OAN), unidad emblemática de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, que nos presentan aquí sus cálculos para la excepcional secuencia de eclipses que serán visibles desde España en 2026 (total), 2027 (total) y 2028 (anular).



Desde la Subsecretaría de Transportes y Movilidad Sostenible, cumplimos así con las competencias del Instituto Geográfico Nacional, a quien corresponde “... el suministro de información oficial en materia de astronomía ...”, no solo con este volumen que presentamos, sino también con la publicación de una página web (eclipses.ign.es) que, además de recoger los cálculos del OAN, para todo el territorio nacional, muestra los lugares idóneos de observación y aporta recomendaciones para realizar una observación segura de esta histórica tríada de eclipses que supondrá un hito en la historia de la astronomía nacional.

Confiamos que estas aportaciones ayuden a que la ciudadanía disfrute de unos espectáculos únicos en condiciones óptimas de observación y de seguridad.

RAFAEL GUERRA POSADAS
Subsecretario de Transportes y Movilidad Sostenible
Presidente del Consejo Superior Geográfico



Prólogo

“No hay nada que haya impresionado la imaginación y excitado la atención y curiosidad de los hombres más vivamente”. Estas palabras dichas en 1923 por el entonces Director del Observatorio Astronómico de Madrid Don Antonio Vela y Herranz (1865-1927) ante la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales se referían a los eclipses. “Pocos fenómenos aventajan a los eclipses en utilidad y facilidades para formar un juicio exacto del progreso científico de la Humanidad ...”, precisó. En efecto, estos fenómenos, que en tiempos antiguos recibían explicaciones disparatadas y eran fuente de miedo, e incluso de pavor, a partir del siglo XIX y, muy especialmente, en el siglo XX fueron una fuente de conocimiento físico y químico de las distintas capas de la extensa atmósfera solar. En estos estudios tuvo una participación muy activa el Real Observatorio Astronómico de Madrid, cuyos astrónomos colaboraron en las observaciones de los eclipses españoles de 1860, 1870, 1900, 1905 y 1912, en las que se desplazaron a España numerosos astrónomos europeos y norteamericanos para su observación y estudio.

La observación de los eclipses no sólo aportó un valiosísimo conocimiento sobre el Sol, sino que permitió, con ocasión de los eclipses de 1919 y 1922, realizar la primera validación observacional de la teoría de la Relatividad General que Albert Einstein (1879-1955) había publicado tan sólo cuatro años antes.

En la actualidad el estudio del Sol se realiza de manera continua desde una serie de observatorios dedicados a ello en todo el mundo y desde varios telescopios espaciales, siendo examinado en todas las longitudes de onda del espectro electromagnético y con técnicas que hacen innecesaria la espera a que se produzca un eclipse total. Sin embargo, el atractivo popular que tiene este fenómeno es posiblemente mayor que nunca, dadas las posibilidades técnicas que se tienen de observarlo, en directo o retransmitido de alguna forma (televisión o internet), y el conocimiento de que se trata de un fenómeno natural, perfectamente explicado e inocuo. Prueba de la expectación que los eclipses provocan lo tenemos en el espectacular incremento en el número de consultas de las páginas web del Observatorio Astronómico Nacional cada vez que se produce un eclipse.

Es por ello que, con ocasión de los tres eclipses solares que serán visibles desde España en 2026, 2027 y 2028, parece oportuno publicar este pequeño volumen que es una actualización y ampliación del folleto que publicamos en 2005 cuando se produjo un eclipse anular también visible desde nuestro país y que fue



preparado por el astrónomo Dr. Pere Planesas (hoy jubilado). Para mí, ha sido una labor muy gratificante el haber revisado los textos de aquel folleto, el redactar algunos nuevos y el coordinar las aportaciones de las doctoras y doctores Javier Alcolea, Pedro Pablo Campo, Miguel Gómez Garrido, Miguel Querejeta, Marina Rodríguez-Baras, María Sánchez, Miguel Santander y Alba Vidal García, todos ellos astrónomos de este Observatorio. La maqueta y la elaboración de muchas de las figuras han corrido a cargo de nuestro compañero José Antonio Bolonio.

Los datos astronómicos de los eclipses han sido extraídos del Anuario del Real Observatorio Astronómico de Madrid para los años 2025 y 2026 y siguientes; proceden, por tanto, de los cálculos propios realizados en el Observatorio. Recordemos que las efemérides astronómicas calculadas en el Real Observatorio vienen publicándose en nuestro ya citado Anuario desde el año 1860.

Con esta publicación confiamos en contribuir al mejor conocimiento de los eclipses solares y al disfrute de la observación segura de estos eclipses que tendrán lugar en los años 2026, 2027 y 2028. Son espectáculos que no debemos perdernos pues como bien decía Séneca: “Cuando el Sol se eclipsa para desaparecer, se ve mejor su grandeza”.

RAFAEL BACHILLER
Director del Observatorio Astronómico Nacional
Instituto Geográfico Nacional



1

TRES ECLIPSES QUE ASOMBRARÁN A ESPAÑA

Denominamos eclipse de Sol al fenómeno por el cual la luz del Sol es total o parcialmente ocultada al interponerse un astro entre el Sol y el observador. En los eclipses de Sol vistos desde la Tierra, el astro que oculta el Sol es la Luna.

Desde el punto de vista del observador, los eclipses de Sol se clasifican en totales, anulares y parciales. El observador dirá que ha visto un eclipse total cuando ve la Luna cubrir enteramente el disco del Sol. Sin embargo, otro observador situado centenares de kilómetros más al norte o más al sur que el primero verá la Luna cubrir solo una parte del Sol, de manera que para él el eclipse será parcial. Hay ocasiones en las que la Luna no llega a cubrir enteramente el Sol desde ningún punto de la Tierra, por lo que para todos los observadores el eclipse es parcial.



Otro tipo común de eclipses es el eclipse anular. Estos se dan cuando el observador ve que el disco de la Luna no llega a cubrir el disco del Sol, aunque sus centros estén bien alineados. Esto es debido a que la Luna se encuentra ese día más lejos de la Tierra que en el caso de un eclipse total, de modo que su disco se ve más pequeño que el del Sol. En tal caso se observa un anillo brillante rodeando el disco lunar.

Aunque es común poder observar un eclipse parcial de Sol cada varios años desde el mismo lugar, no es lo mismo poder ser testigo de un eclipse total o anular. En España, el último eclipse anular visible sucedió en 2005, y el último total se pudo ver en 1959, y solo desde las islas Canarias; desde la península ibérica no se había visto un eclipse total de Sol desde 1912. Esta sequía de eclipses va a terminar próximamente de manera espectacular, pues entre los años 2026 y 2028 habrá dos eclipses totales y uno anular que se podrán ver desde algún punto de nuestra geografía.

El primer eclipse total de Sol que será visible en la península ibérica y Baleares, desde hace más de un siglo tendrá lugar el 12 de agosto de 2026. La franja de totalidad cruzará España de oeste a este y pasará por numerosas capitales de provincia desde A Coruña hasta Palma de Mallorca, incluyendo León, Bilbao, Zaragoza y València. Nuestro país está situado al final de la franja de totalidad, por lo que esta sucederá cuando el Sol se esté poniendo muy cerca del horizonte, siendo conveniente observar el eclipse desde un lugar con buena visibilidad hacia el oeste.

Casi un año después, el 2 de agosto de 2027, otro eclipse total cruzará España. La franja de totalidad atravesará el estrecho de Gibraltar de oeste a este y cubrirá el extremo sur de la Península y el norte de África, incluyendo ciudades como Cádiz, Málaga, Ceuta y Melilla. El eclipse tendrá lugar durante la mañana, y la máxima duración de la totalidad visible desde España corresponderá a Ceuta con 4 minutos y 48 segundos.

Por último, el 26 de enero de 2028, se producirá un eclipse anular cuya franja de anularidad cruzará la Península de sudoeste a noreste justo antes de la puesta de Sol, incluyendo ciudades como Sevilla, Málaga, Murcia y València, donde la fase anular se verá completa. En Palma de Mallorca y Barcelona solo se verá el principio de la fase anular pues el Sol se pondrá antes de que esta termine. Debido a la baja elevación del Sol sobre el horizonte, la observación de este eclipse requerirá una excelente visibilidad en la dirección de la puesta de Sol.

Como para cualquier otro fenómeno astronómico, las condiciones meteorológicas son cruciales para la observación de los



eclipses. La presencia de nubosidad o nieblas puede hacer que estos no sean visibles, especialmente si se producen cerca del horizonte, como ocurre en los eclipses de 2026 y 2028.

A pesar de que España se considera popularmente como un país soleado, la meteorología es compleja, y viene mediada por la orografía, la vegetación, y los vientos dominantes. A continuación se incluyen unos comentarios sobre las condiciones climáticas promedio de las regiones en la franja de totalidad en los días de los eclipses. Esto no debe tomarse como una previsión meteorológica, puesto que eso no puede hacerse a tan largo plazo, sino como una orientación de lo que es más probable que nos encontremos durante esas fechas. La Agencia Estatal de Meteorología (AEMET, <https://www.aemet.es>) hace previsiones meteorológicas precisas con varios días de antelación. Es conveniente consultar dichas previsiones los días previos para saber si la zona desde la que haremos la observación tendrá buenas condiciones de cielo.

Vemos, pues, que disfrutaremos no de una, sino de tres ocasiones muy especiales para observar uno de los espectáculos más impresionantes que nos ofrece la naturaleza. A continuación, damos información detallada sobre cada uno de este trío excepcional de eclipses.



Franjas de totalidad o anularidad de los eclipses de 2026, 2027 y 2028 | OAN.



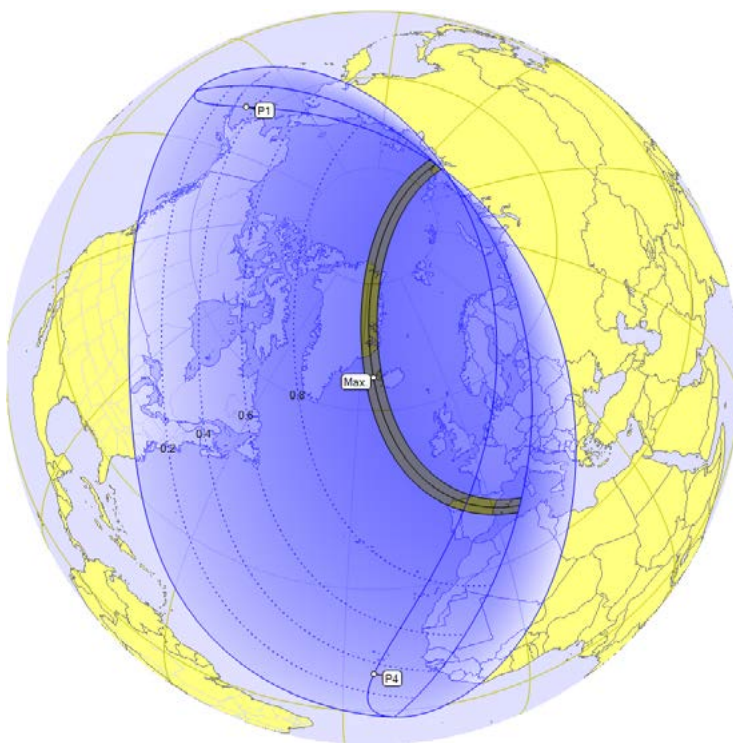
1.1.- El eclipse total del 12 de agosto de 2026

1.1.1.- El eclipse en el mundo

Este eclipse del 12 de agosto de 2026 será visible como parcial en el norte de Norteamérica, gran parte de Europa y el oeste de África. Comenzará a las 17:34 horas (hora oficial en la Península e islas Baleares) en el mar de Bering y terminará a las 21:58 en el océano Atlántico. La duración total del fenómeno será de 264 minutos (algo menos de 4 horas y media).

La franja de totalidad atravesará el océano Ártico, el noreste de Groenlandia y el extremo oeste de Islandia, cruzará el océano Atlántico y se adentrará en la península ibérica cruzándola de oeste a este y pasando por numerosas capitales de provincia desde A Coruña hasta Palma, incluyendo León, Bilbao, Zaragoza y València.

El máximo del eclipse se producirá a las 19:46 (hora oficial en Península y Baleares) cerca de Islandia, siendo la duración máxima de la totalidad de 2 minutos y 18 segundos.



P1.- Primer contacto de la penumbra.
P4.- Último contacto de la penumbra.
Max.- Eclipse máximo
| Heavens-Above.com



1.1.2.- El eclipse en España

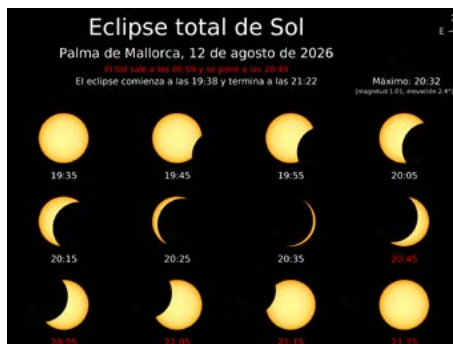
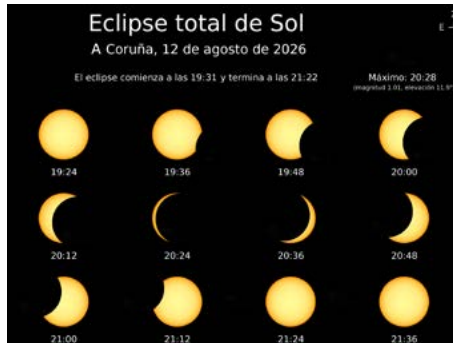
En España, el eclipse se verá en sus últimas fases, pues el fenómeno termina en Baleares, casi en la puesta de sol. Aun así, nuestro país es el mejor lugar del mundo para ver el eclipse, por lo que cabe esperar que hasta nuestro territorio se desplacen numerosos cazadores de eclipses y turistas en general. Se da además la circunstancia de que el eclipse antecede a la noche del máximo de las Perseidas, por lo que habrá la oportunidad de permanecer en el lugar de observación del eclipse para disfrutar de la lluvia de estrellas. Recordemos que los eclipses de sol necesariamente suceden durante el novilunio, por lo que en la noche del 12 al 13 de agosto de 2025, la luna nueva no supondrá ningún estorbo para observar los meteoros.

El eclipse se verá como total en gran parte de la mitad norte peninsular y en Baleares, mientras que en la mitad sur y Canarias se podrá ver como parcial. El primer lugar donde será visible será Galicia. En A Coruña el eclipse comenzará a las 19:31 horas, tendrá su máximo a las 20:28 y finalizará a las 21:22, unos minutos antes de la puesta de sol, siendo la duración de la totalidad de 76 segundos, con el Sol a una altura de 12 grados.

En Burgos el eclipse comenzará a las 19:33 horas, tendrá su máximo a las 20:29 y la puesta de sol se producirá a las 21:20, unos minutos antes de que finalice el eclipse, siendo la duración de la totalidad de 104 segundos, con el Sol a una altura de 8 grados.

En Madrid, el eclipse tan solo se verá parcial. El eclipse comenzará a las 19:37 horas y terminará con el ocaso a las 21:16. La magnitud máxima se alcanzará a las 20:32 a una altura sobre el horizonte de 7,2 grados.

El último lugar donde será visible la totalidad será Baleares. En Palma de Mallorca, el eclipse comenzará a las 19:38 horas, tendrá su máximo a las 20:32, unos minutos antes de la puesta de sol, con el Sol ya muy bajo, a una altura de tan solo 2 grados.

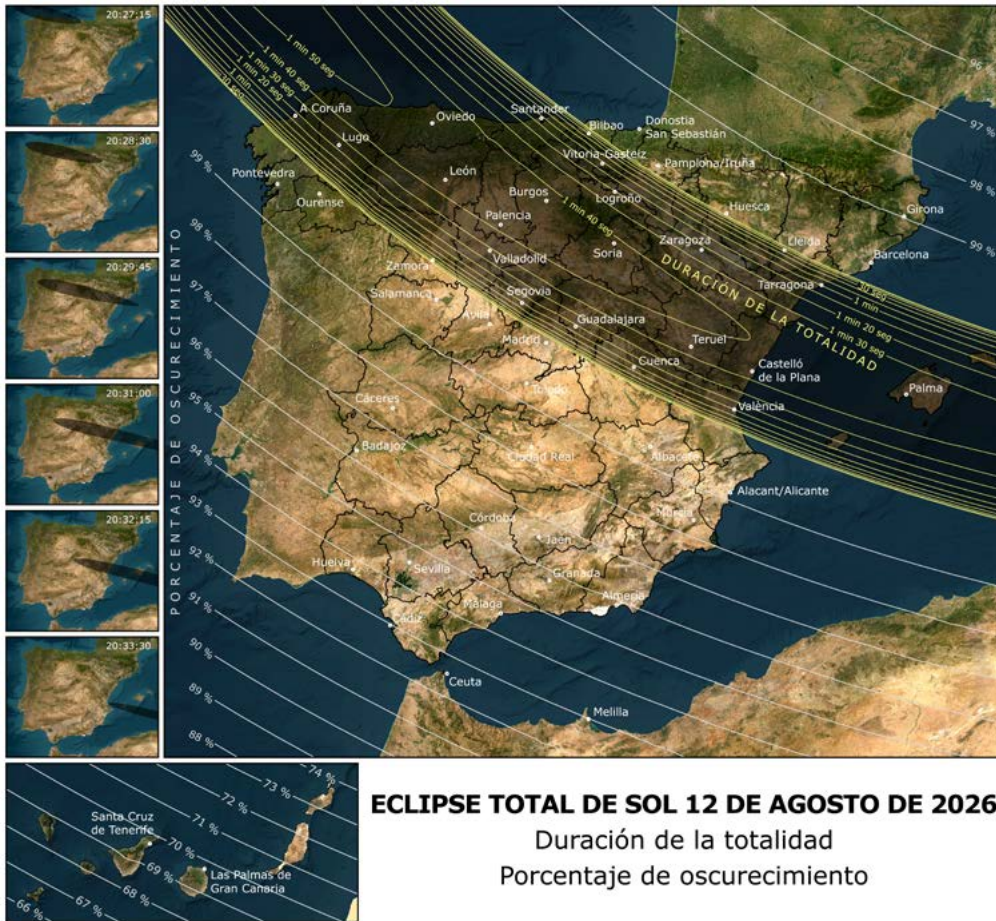


Eclipses de Sol. Los eclipses "españoles" de 2026, 2027 y 2028

La línea de centralidad de la franja de totalidad es el lugar óptimo para la observación, pues es la línea en la que el eclipse tiene una mayor duración. Esta línea pasa muy cerca de Avilés, Oviedo, Aranda de Duero, Soria, Peñíscola y Palma de Mallorca.

Vemos que el eclipse sucede a muy baja elevación en todo el territorio español (más baja cuanto más al este), por lo que, para disfrutar de una visión despejada del fenómeno es muy recomendable buscar un lugar con el horizonte oeste (el lugar por el que se pondrá el Sol) muy despejado de obstáculos como montes, edificios, árboles, etc.

Por otro lado, la baja elevación del eclipse ofrece una oportunidad excelente para obtener fotografías espectaculares, pues será posible captar al Sol eclipsado cerca de monumentos, accidentes del territorio, árboles, etc. Es sin duda una coyuntura que los astrofotógrafos sabrán aprovechar muy bien para deleitarnos con escenas de gran belleza.



1.1.3.- Desarrollo del eclipse en capitales de provincia y ciudades autónomas

Capitales de provincia con eclipse total (hora oficial):

Municipio	Inicio eclipse	Inicio totalidad	Máximo	Fin totalidad	Fin eclipse	Magn.	Alt. Sol	Az. Sol
A Coruña	19:30:51	20:27:35	20:28:13	20:28:51	21:21:54	1,03	12°	279°
Bilbao	19:31:43	20:27:18	20:27:33	20:27:48	Puesta de Sol a las 21:19:05	1,03	8°	283°
Burgos	19:33:17	20:28:20	20:29:12	20:30:04	Puesta de Sol a las 21:20:16	1,03	8°	283°
Castelló de la Plana	19:37:26	20:31:14	20:32:01	20:32:47	Puesta de Sol a las 21:00:55	1,03	4°	286°
Cuenca	19:37:18	20:31:59	20:32:27	20:32:55	Puesta de Sol a las 21:09:28	1,03	6°	284°
Guadalajara	19:36:18	20:31:15	20:31:49	20:32:23	Puesta de Sol a las 21:14:40	1,03	7°	284°
León	19:32:39	20:28:15	20:29:07	20:30:00	21:22:02	1,03	10°	281°
Lleida	19:34:39	20:29:05	20:29:18	20:29:32	Puesta de Sol a las 21:01:30	1,03	5°	285°
Logroño	19:33:08	20:28:03	20:28:44	20:29:24	Puesta de Sol a las 21:15:30	1,03	7°	283°
Lugo	19:31:39	20:28:02	20:28:44	20:29:26	21:22:10	1,03	11°	280°
Oviedo	19:31:15	20:27:00	20:27:54	20:28:48	21:21:00	1,03	10°	281°
Palencia	19:33:48	20:29:03	20:29:54	20:30:45	21:22:29	1,03	9°	282°
Palma	19:37:58	20:31:00	20:31:48	20:32:36	Puesta de Sol a las 20:49:23	1,03	2°	287°
Santander	19:31:17	20:26:52	20:27:23	20:27:55	21:20:03	1,03	9°	282°
Segovia	19:35:42	20:31:03	20:31:32	20:32:01	Puesta de Sol a las 21:19:08	1,03	8°	283°
Soria	19:34:22	20:29:01	20:29:52	20:30:42	Puesta de Sol a las 21:14:08	1,03	7°	284°
Tarragona	19:35:28	20:29:24	20:29:54	20:30:23	Puesta de Sol a las 20:57:58	1,03	4°	286°
Teruel	19:36:50	20:30:59	20:31:46	20:32:33	Puesta de Sol a las 21:05:54	1,03	5°	285°
València	19:38:18	20:32:24	20:32:54	20:33:24	Puesta de Sol a las 21:01:18	1,03	4°	286°
Valladolid	19:34:25	20:29:47	20:30:31	20:31:15	Puesta de Sol a las 21:22:56	1,03	9°	282°
Vitoria-Gasteiz	19:32:27	20:27:38	20:28:09	20:28:41	Puesta de Sol a las 21:17:13	1,03	8°	283°
Zamora	19:34:36	20:30:48	20:30:58	20:31:07	21:23:43	1,03	9°	282°
Zaragoza	19:34:35	20:28:57	20:29:39	20:30:20	Puesta de Sol a las 21:07:35	1,03	6°	285°



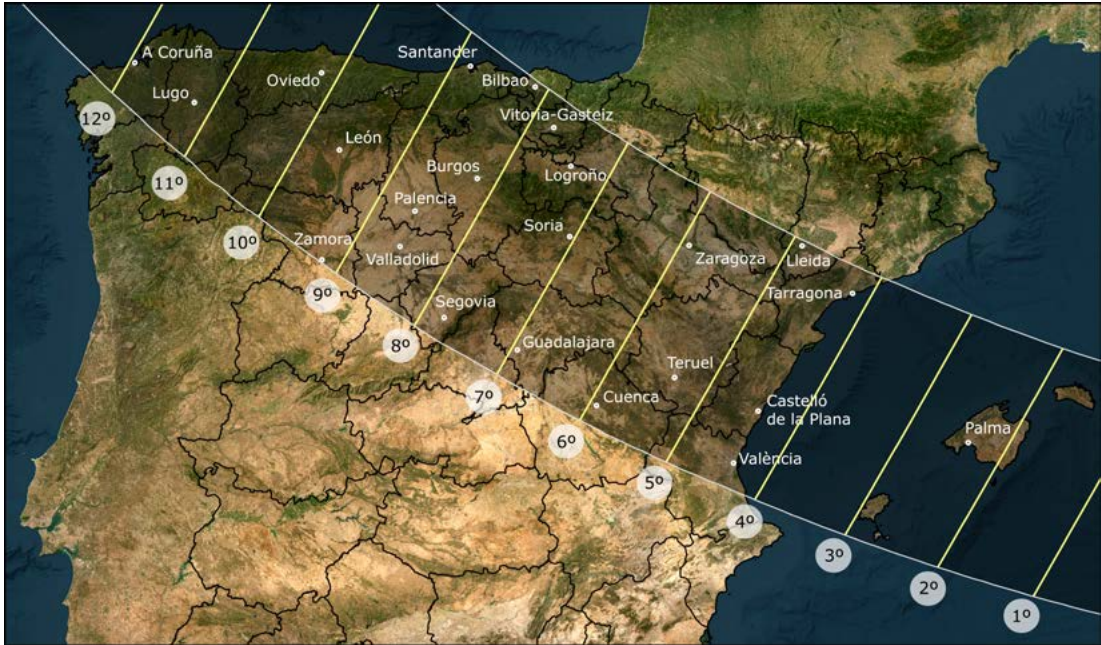
Eclipses de Sol. Los eclipses “españoles” de 2026, 2027 y 2028

Capitales de provincia y ciudades autónomas con eclipse parcial (hora oficial):

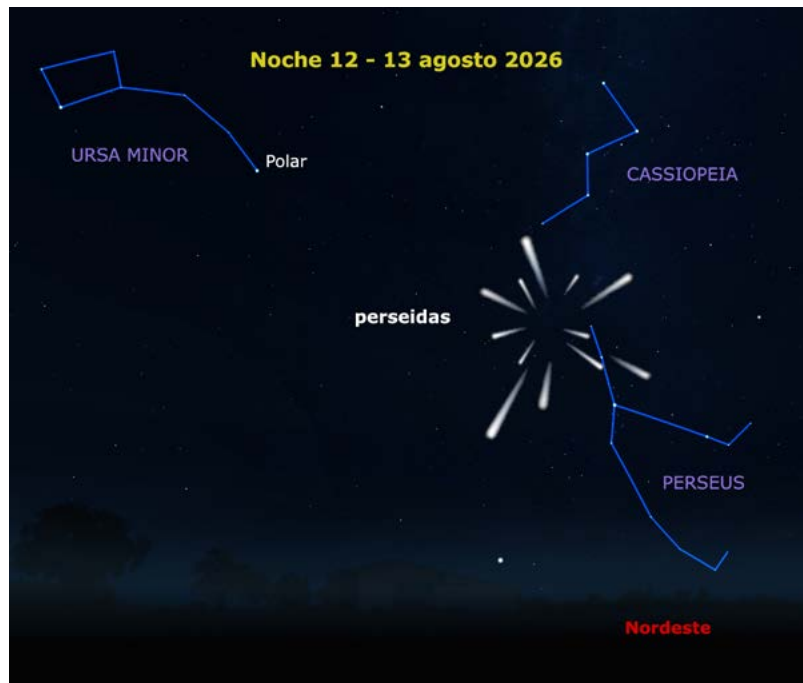
Municipio	Inicio eclipse	Máximo	Fin eclipse	Magn.	Alt. Sol	Az. Sol
Alacant/Alicante	19:40:13	20:34:39	Puesta de Sol a las 20:59:38	0,99	4°	286°
Albacete	19:39:09	20:34:03	Puesta de Sol a las 21:06:19	0,99	5°	285°
Almería	19:42:51	20:37:31	Puesta de Sol a las 21:04:52	0,96	4°	285°
Ávila	19:36:11	20:32:07	Puesta de Sol a las 21:20:51	1,00	8°	283°
Badajoz	19:39:10	20:35:25	Puesta de Sol a las 21:26:33	0,96	9°	282°
Barcelona	19:34:59	20:29:12	Puesta de Sol a las 20:54:49	1,00	4°	286°
Cáceres	19:38:09	20:34:21	Puesta de Sol a las 21:25:16	0,97	9°	282°
Cádiz	19:43:23	20:39:00	Puesta de Sol a las 21:19:35	0,94	7°	283°
Ceuta	19:44:31	20:39:44	Puesta de Sol a las 21:14:36	0,94	6°	284°
Ciudad Real	19:39:09	20:34:36	Puesta de Sol a las 21:14:36	0,98	7°	284°
Córdoba	19:41:03	20:36:32	Puesta de Sol a las 21:15:58	0,96	7°	284°
Donostia/San Sebastián	19:31:40	20:27:15	Puesta de Sol a las 21:15:27	1,00	8°	283°
Girona	19:33:57	20:28:05	Puesta de Sol a las 20:53:27	0,99	4°	287°
Granada	19:42:17	20:37:19	Puesta de Sol a las 21:10:00	0,96	5°	284°
Huelva	19:42:03	20:37:59	Puesta de Sol a las 21:23:32	0,94	8°	283°
Huesca	19:33:45	20:28:46	Puesta de Sol a las 21:06:41	1,00	6°	285°
Jaén	19:41:16	20:36:28	Puesta de Sol a las 21:11:48	0,97	6°	284°
Las Palmas de Gran Canaria	18:58:19	19:53:38	Puesta de Sol a las 20:42:59	0,75	10°	282°
Madrid	19:36:41	20:32:18	Puesta de Sol a las 21:16:20	1,00	7°	283°
Málaga	19:43:04	20:38:14	Puesta de Sol a las 21:12:28	0,95	6°	284°
Melilla	19:45:30	20:39:58	Puesta de Sol a las 21:04:07	0,94	4°	285°
Murcia	19:40:51	20:35:23	Puesta de Sol a las 21:01:34	0,98	4°	286°
Ourense	19:32:50	20:29:54	21:23:17	1,00	11°	280°
Pamplona/Iruña	19:32:34	20:27:59	Puesta de Sol a las 21:13:02	1,00	7°	284°
Pontevedra	19:32:32	20:29:50	21:23:25	0,99	12°	279°
Salamanca	19:35:33	20:31:49	21:24:28	1,00	9°	282°
Santa Cruz de Tenerife	18:57:35	19:53:14	20:44:47	0,75	11°	281°
Sevilla	19:41:52	20:37:35	Puesta de Sol a las 21:19:56	0,95	7°	283°
Toledo	19:37:38	20:33:15	Puesta de Sol a las 21:16:36	0,99	7°	283°



Tres eclipses que asombrarán a España



Altura del Sol, en grados, en el máximo del eclipse en la franja de totalidad | OAN.



Después del eclipse, esa misma noche, podremos deleitarnos con la observación de las perseidas | OAN.

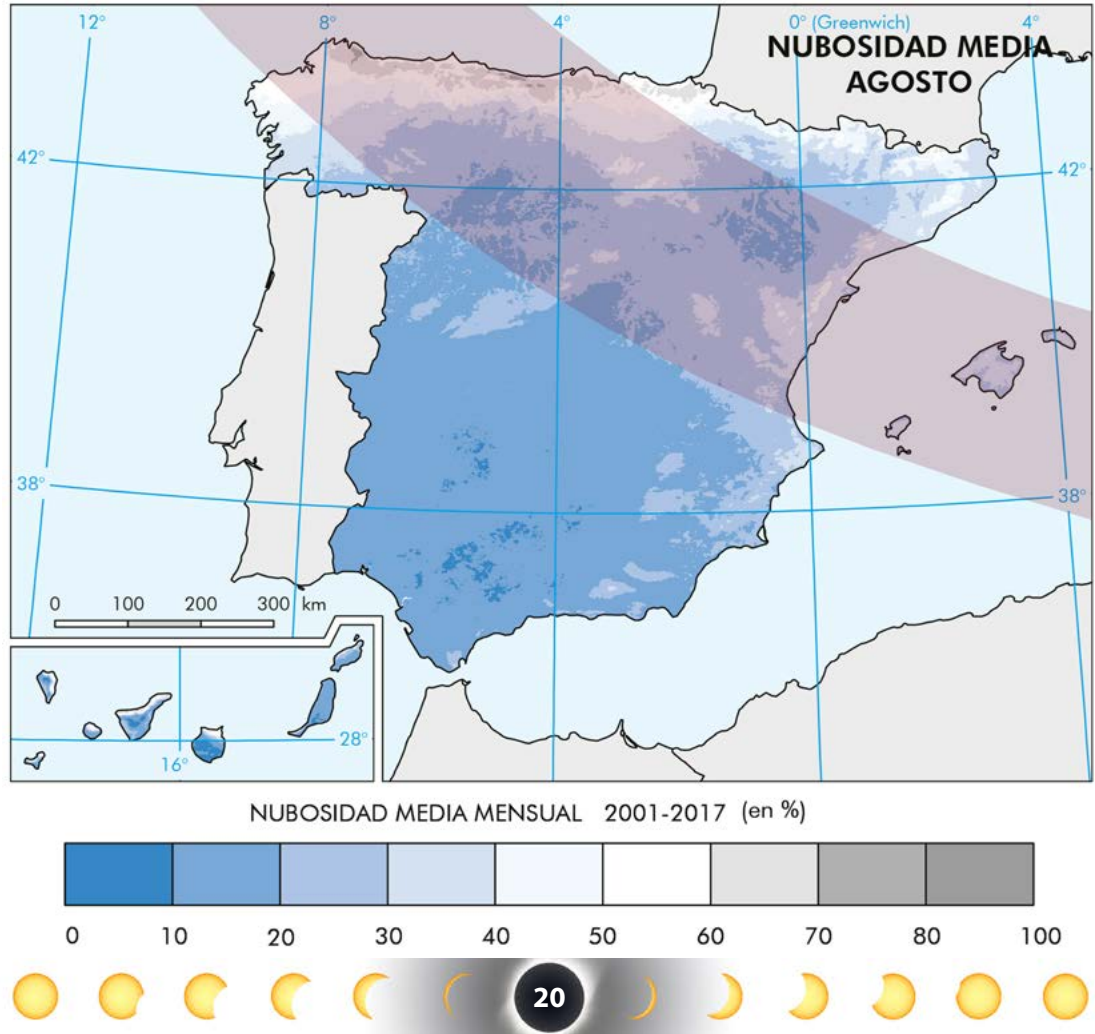


1.1.4.- Meteorología

La franja de totalidad entrará por el noroeste de la Península y se moverá hacia la costa este, cubriendo también las Baleares.

En las zonas de la costa cantábrica tiende a haber más nubosidad. En esto influye la orografía, puesto que el aire húmedo que los vientos del norte traen desde el mar Cantábrico tienden a estancarse en las zonas montañosas de la cordillera Cantábrica. Los sistemas montañosos como la propia cordillera Cantábrica, el sistema Ibérico y el sistema Central suelen producir también nubosidad de convección, debido a que elevan el aire y provocan la condensación de la humedad que transporta al enfriarse éste. A la vista de todo esto, las zonas con la climatología más favorable para ver el eclipse en su totalidad son el norte de la meseta Central y el valle del Ebro.

Nubosidad media para el mes de agosto en el periodo 2001-2017 y franja de totalidad | Atlas Nacional de España (ANE) CC BY 4.0 ign.es



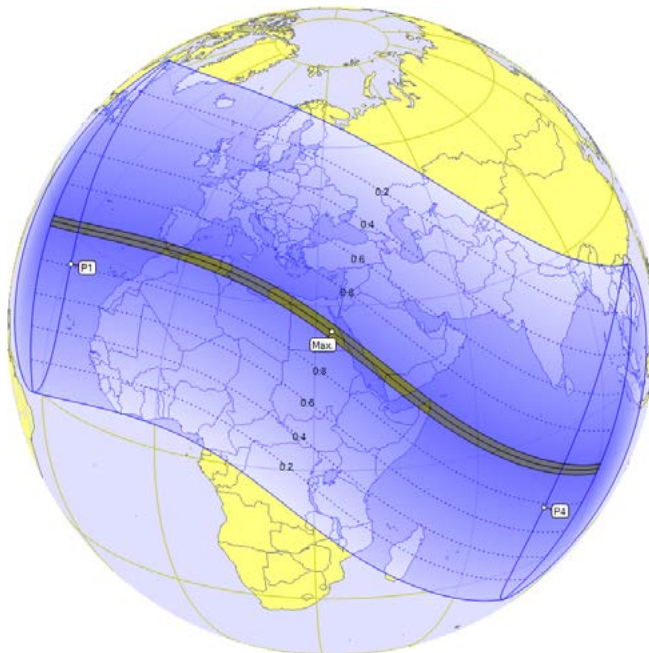
1.2.- El eclipse total del 2 de agosto de 2027

1.2.1.- El eclipse en el mundo

La franja de totalidad del eclipse total del 2 de agosto de 2027 comenzará en el océano Atlántico, tras lo cual cruzará el estrecho de Gibraltar, seguirá la costa norteafricana hasta adentrarse en Egipto, cruzará el mar Rojo y algunas regiones de Arabia Saudí, Yemen y el extremo noreste de Somalia, para finalmente terminar en el océano Índico. Por lo tanto, en Europa la totalidad solo podrá observarse desde nuestro país. La zona de parcialidad, sin embargo, cubrirá prácticamente toda Europa, gran parte de África y el suroeste asiático, incluyendo todo Oriente Medio.

El eclipse comenzará a las 9:30 (hora oficial en Península e islas Baleares) en el Atlántico y terminará a las 14:43 en el Índico, por lo que tendrá una duración total de 313 minutos.

El máximo del eclipse se alcanzará en Egipto a las 12:06 (hora peninsular y de Baleares). En esa localización la duración de la totalidad será de 6 minutos y 23 segundos, lo que hace que este sea uno de los eclipses totales más largos del siglo. Los lugares de la centralidad en Egipto son los mejores del mundo para observar este eclipse.



P1.- Primer contacto de la penumbra.
P4.- Último contacto de la penumbra.
Max.- Eclipse máximo
| Heavens-Above.com



1.2.2.- El eclipse en España

El sur de España es el mejor lugar de Europa desde donde observar este eclipse solar. La zona de totalidad cubrirá las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla, casi toda la provincia de Cádiz, gran parte de la provincia de Málaga y las zonas más meridionales de las provincias de Granada y Almería.

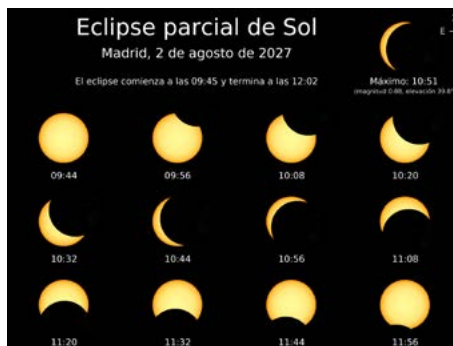
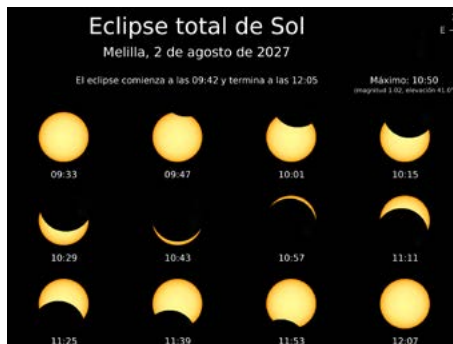
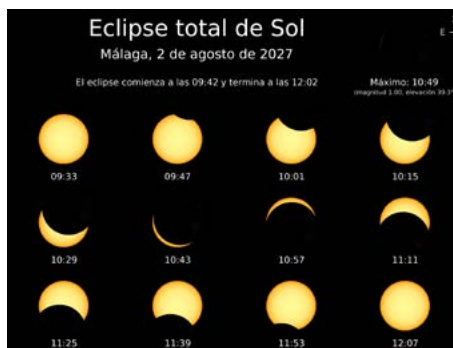
La máxima duración de la totalidad en nuestro país se dará en Ceuta, donde se producirá entre las 10:45 y las 10:50 horas, con una duración total de 4 minutos y 48 segundos.

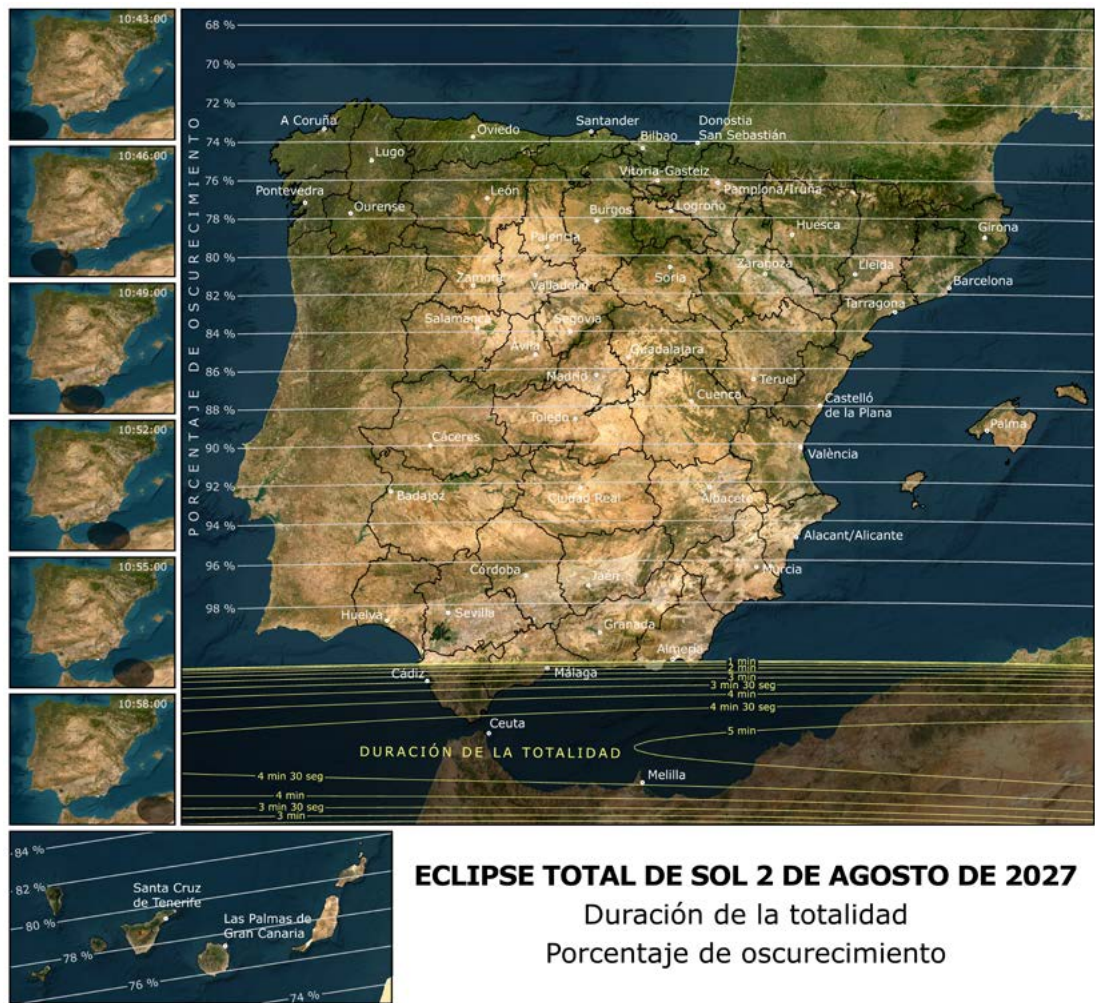
Otras ciudades en franja de totalidad serán Cádiz (iniciando a las 10:45, con duración de 2 minutos y 54 segundos), Málaga (iniciando a las 10:48, con duración de 1 minuto y 48 segundos) y Melilla (iniciando a las 10:48, con duración de 4 minutos y 34 segundos).

Aunque la totalidad se restrinja a las zonas cercanas al estrecho de Gibraltar, el eclipse será visible de forma parcial en todo el país. El porcentaje máximo de oscurecimiento será como mínimo del 70 % en cualquier punto del territorio nacional, desde las zonas más septentrionales hasta las islas Canarias.

En Madrid el eclipse parcial comenzará a las 9:45 y terminará a las 12:02. El máximo sucederá a una elevación de 39,8 grados las 10:51, con una magnitud de 0,88 (oscurecimiento del 85 %).

Como vemos, la fracción del disco solar que será ocultada por la Luna es muy alta en todos los puntos de la geografía nacional. Es por eso que, tras el total de agosto de 2026, este eclipse nos proporciona una oportunidad extraordinaria para disfrutar de un fenómeno astronómico maravilloso desde nuestro país.





1.2.3.- Desarrollo del eclipse en capitales de provincia y ciudades autónomas

Capitales de provincia y ciudades autónomas con eclipse total (hora oficial):

Municipio	Inicio eclipse	Inicio totalidad	Máximo	Fin totalidad	Fin eclipse	Magn.	Alt. Sol	Az. Sol
Cádiz	09:40:37	10:45:16	10:46:43	10:48:10	11:59:27	1,07	37°	95°
Ceuta	09:40:52	10:45:13	10:47:37	10:50:01	12:01:06	1,07	38°	95°
Málaga	09:41:58	10:48:02	10:48:56	10:49:51	12:02:28	1,07	39°	97°
Melilla	09:42:16	10:48:04	10:50:21	10:52:38	12:05:13	1,07	41°	97°



Eclipses de Sol. Los eclipses “españoles” de 2026, 2027 y 2028

Capitales de provincia con eclipse parcial (hora oficial):

Municipio	Inicio eclipse	Máximo	Fin eclipse	Magn.	Alt. Sol	Az. Sol
A Coruña	09:45:57	10:47:56	11:54:59	0,78	35°	99°
Alacant/Alicante	09:46:00	10:54:15	12:08:33	0,95	43°	102°
Albacete	09:45:24	10:52:44	12:06:01	0,93	42°	101°
Almería	09:43:27	10:51:21	12:05:43	1,00	41°	99°
Ávila	09:44:55	10:50:07	12:01:00	0,87	39°	100°
Badajoz	09:41:57	10:46:57	11:58:05	0,93	37°	96°
Barcelona	09:50:45	10:58:23	12:11:07	0,84	45°	108°
Bilbao	09:48:54	10:53:10	12:02:25	0,79	40°	104°
Burgos	09:47:19	10:51:55	12:01:46	0,82	39°	102°
Cáceres	09:42:48	10:47:50	11:58:52	0,91	37°	97°
Castelló de la Plana	09:47:39	10:55:16	12:08:29	0,89	43°	104°
Ciudad Real	09:43:55	10:50:17	12:02:43	0,93	40°	99°
Córdoba	09:42:30	10:48:55	12:01:39	0,96	39°	98°
Cuenca	09:46:07	10:52:45	12:05:07	0,89	41°	102°
Donostia/San Sebastián	09:49:36	10:54:11	12:03:42	0,78	41°	105°
Girona	09:51:54	10:59:20	12:11:40	0,82	46°	109°
Granada	09:42:49	10:50:03	12:03:43	0,99	40°	98°
Guadalajara	09:45:54	10:51:47	12:03:19	0,87	40°	101°
Huelva	09:40:42	10:46:16	11:58:20	0,98	37°	95°
Huesca	09:49:25	10:55:29	12:06:41	0,82	43°	106°
Jaén	09:43:05	10:50:01	12:03:16	0,97	40°	98°
Las Palmas de Gran Canaria	08:33:10	09:34:19	10:42:42	0,81	27°	83°
León	09:46:29	10:50:09	11:59:02	0,81	38°	101°
Lleida	09:49:41	10:56:32	12:08:34	0,84	44°	106°
Logroño	09:48:18	10:53:19	12:03:31	0,81	41°	104°



Municipio	Inicio eclipse	Máximo	Fin eclipse	Magn.	Alt. Sol	Az. Sol
Lugo	09:45:54	10:48:28	11:56:12	0,79	36°	99°
Madrid	09:45:20	10:51:07	12:02:36	0,88	40°	101°
Murcia	09:45:14	10:53:21	12:07:36	0,96	43°	101°
Ourense	09:44:57	10:47:49	11:56:01	0,81	36°	98°
Oviedo	09:47:15	10:50:16	11:58:21	0,78	37°	101°
Palencia	09:46:26	10:50:54	12:00:44	0,83	39°	101°
Palma	09:49:36	10:58:37	12:13:06	0,90	46°	107°
Pamplona/Iruña	09:49:15	10:54:21	12:04:28	0,80	41°	105°
Pontevedra	09:44:41	10:47:10	11:54:57	0,81	35°	98°
Salamanca	09:44:39	10:49:15	11:59:29	0,86	38°	99°
Santa Cruz de Tenerife	08:32:50	09:33:43	10:41:46	0,83	26°	83°
Santander	09:48:35	10:52:20	12:01:04	0,78	39°	103°
Segovia	09:45:35	10:50:51	12:01:44	0,86	39°	101°
Sevilla	09:41:22	10:47:22	11:59:49	0,98	38°	96°
Soria	09:47:31	10:53:00	12:03:50	0,83	41°	103°
Tarragona	09:49:43	10:57:10	12:09:52	0,85	44°	107°
Teruel	09:47:07	10:54:03	12:06:36	0,88	42°	103°
Toledo	09:44:37	10:50:31	12:02:18	0,90	39°	100°
València	09:46:57	10:54:42	12:08:12	0,91	43°	103°
Valladolid	09:45:56	10:50:32	12:00:36	0,84	39°	101°
Vitoria-Gasteiz	09:48:35	10:53:14	12:02:59	0,80	40°	104°
Zamora	09:45:09	10:49:25	11:59:11	0,84	38°	100°
Zaragoza	09:48:33	10:54:46	12:06:16	0,84	42°	105°

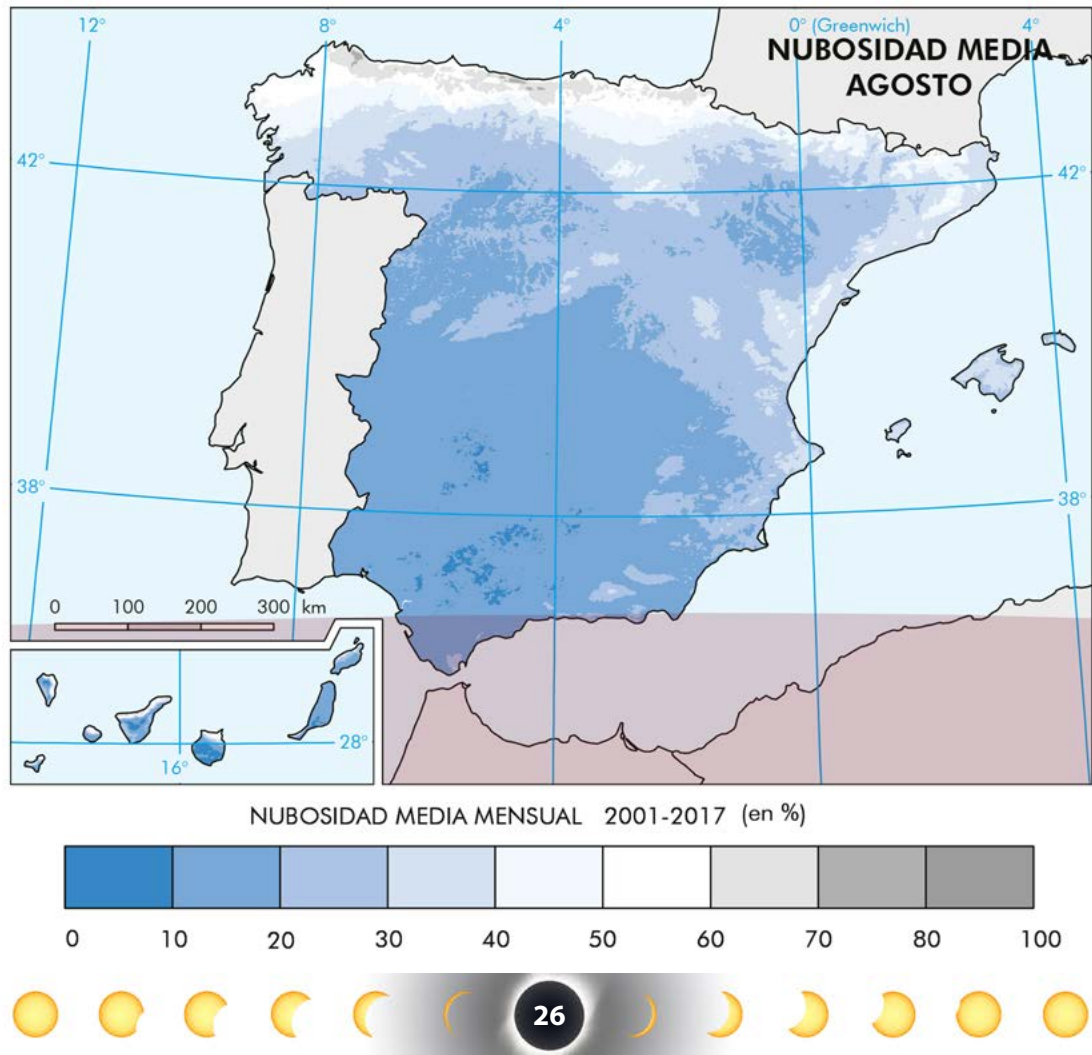
Nota: La hora oficial que aparece en estas tablas se calculó considerando que durante 2027 se sigue realizando el cambio horario, dato aún sin confirmar en el momento de esta publicación.



1.2.4.- Meteorología

La franja de totalidad de este eclipse pasará por el extremo sur de la Península y el norte de África, por lo que en España será visible desde Ceuta y Melilla, gran parte de la provincia de Cádiz, una buena parte de la provincia de Málaga y el sur de las provincias de Granada y Almería. Como se puede ver en la figura, son zonas con baja probabilidad de nubes, siendo ligeramente más elevada en las zonas costeras, debido a la entrada de aire húmedo desde el mar. El máximo del eclipse tendrá lugar cerca de las 11 de la mañana, por lo que el Sol estará bastante alto en el cielo, lo que facilitará su observación.

Nubosidad media para el mes de agosto en el periodo 2001-2017 y franja de totalidad | Atlas Nacional de España (ANE) CC BY 4.0 ign.es



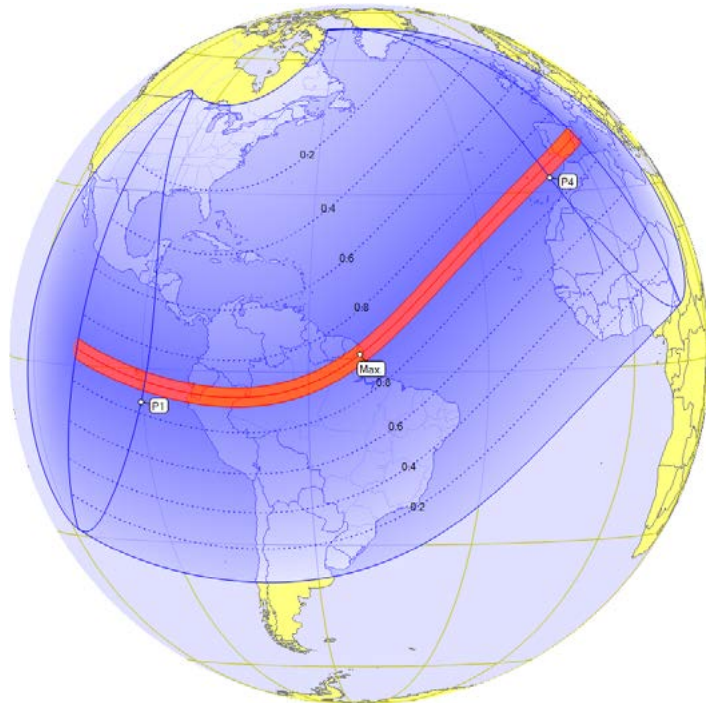
1.3.- El eclipse anular del 26 de enero de 2028

1.3.1.- El eclipse en el mundo

La franja de anularidad del eclipse comenzará en el océano Pacífico, y atravesará después gran parte de América del Sur (Ecuador, Perú, el extremo sur de Colombia, Brasil, Surinam y Guayana Francesa), para adentrarse después en el océano Atlántico antes de llegar a Portugal (entrando primero por las islas Azores) y terminar en España. Por otro lado, la zona de parcialidad cubrirá también América Central, gran parte de América Norte y Sur, la zona sur de Groenlandia, la zona más occidental de Europa y también algunas regiones del norte de África.

El eclipse comenzará a las 13:06 (hora oficial en la Península y Baleares) en el Pacífico y terminará a las 19:08 en España, por lo que tendrá una duración total de 362 minutos.

El máximo del eclipse se alcanzará en Brasil a las 16:07 (hora peninsular española). En esa localización la duración de la anularidad será de 10 minutos y 27 segundos, convirtiendo a este eclipse anular en uno de los más largos de este siglo.



P1.- Primer contacto de la penumbra.
P4.- Último contacto de la penumbra.
Max.- Eclipse máximo
| Heavens-Above.com



1.3.2.- El eclipse en España

En España, la franja de anularidad del eclipse cubrirá aproximadamente la mitad sudeste del territorio nacional. Podrá observarse al atardecer desde casi toda la comunidad de Andalucía, la parte sur de Extremadura, Castilla-La Mancha, algunas zonas de la Comunidad de Madrid, Aragón, Murcia, Comunidad Valenciana, parte de Cataluña y las islas más occidentales de Baleares, pero la baja elevación del Sol dificultará su observación, de hecho, en ciudades como Barcelona o Girona el Sol se ocultará antes de la finalización de la anularidad. Desde el resto del país, el eclipse será visible solo como parcial.

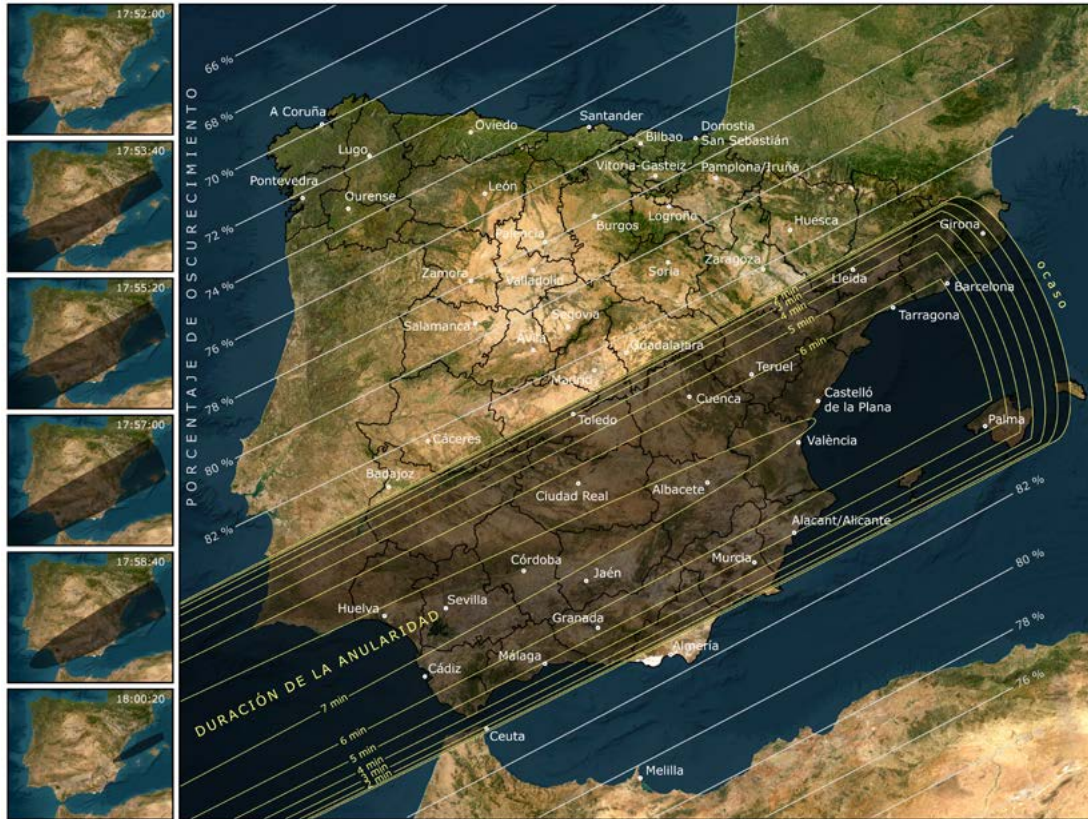
Citamos a continuación algunas de las capitales de provincia desde donde se podrá disfrutar de la anularidad del eclipse, aunque en toda España, excepto Canarias, la puesta de Sol será anterior a la finalización del eclipse parcial. En Sevilla, se iniciará a las 16:34 y tendrá una duración total de 127 minutos. En Córdoba, el eclipse comenzará a las 16:35 y durará 120 minutos.

En Albacete se iniciará a las 16:38, y tendrá una duración de 103 minutos. Finalmente, en València el fenómeno comenzará a las 16:39 y durará 95 minutos. En todas estas ciudades, la duración de la fase anular será de aproximadamente 7 minutos y, como ya hemos mencionado, el ocaso interrumpirá el final del eclipse, que se verá muy bajo sobre el horizonte oeste, por lo que, para su observación, habrá que buscar lugares con esa parte del horizonte bien despejada de montes, árboles, edificios u otros obstáculos.

En Madrid, el eclipse se verá parcial, comenzará a las 16:36 y terminará con el ocaso a las 18:25. El máximo se alcanzará a las 17:55 a una elevación de tan solo 4 grados sobre el horizonte.



Tres eclipses que asombrarán a España



ECLIPSE ANULAR DE SOL 26 DE ENERO DE 2028

Duración de la anularidad
Porcentaje de oscurecimiento

Para la observación del eclipse hay que evitar la existencia de obstáculos en el horizonte (árboles, montes, edificios) en la dirección de la puesta de Sol | OAN.



1.3.3.- Desarrollo del eclipse en capitales de provincia y ciudades autónomas

Capitales de provincia y ciudades autónomas con eclipse anular (hora oficial):

Municipio	Inicio eclipse	Inicio anularidad	Máximo	Fin anularidad	Fin eclipse	Magn.	Alt. Sol	Az. Sol
Alacant/Alicante	16:39:13	17:54:45	17:57:16	17:59:47	Puesta de Sol a las 18:16:53	0,91	3°	244°
Albacete	16:37:55	17:53:10	17:56:41	18:00:13	Puesta de Sol a las 18:20:56	0,91	3°	243°
Barcelona	16:40:12	17:53:22	17:56:28	Puesta de Sol a las 17:59:12	Puesta de Sol a las 17:59:12	0,91	0°	245°
Cádiz	16:34:07	17:52:38	17:55:57	17:59:16	Puesta de Sol a las 18:44:02	0,91	8°	240°
Castelló de la Plana	16:39:06	17:53:14	17:56:43	18:00:11	Puesta de Sol a las 18:11:23	0,91	2°	244°
Ceuta	16:35:12	17:55:45	17:56:29	17:57:13	Puesta de Sol a las 18:41:27	0,91	7°	241°
Ciudad Real	16:36:08	17:52:50	17:56:04	17:59:18	Puesta de Sol a las 18:29:16	0,91	5°	241°
Córdoba	16:35:30	17:52:34	17:56:09	17:59:43	Puesta de Sol a las 18:35:07	0,91	6°	241°
Cuenca	16:37:27	17:53:24	17:56:11	17:58:57	Puesta de Sol a las 18:19:34	0,91	3°	242°
Girona	16:40:24	17:53:38	Puesta de Sol a las 17:55:08	Puesta de Sol a las 17:55:08	Puesta de Sol a las 17:55:08	0,91	-1°	245°
Granada	16:36:44	17:54:06	17:56:47	17:59:27	Puesta de Sol a las 18:31:54	0,91	5°	242°
Huelva	16:33:23	17:51:56	17:55:30	17:59:02	Puesta de Sol a las 18:45:08	0,91	8°	239°
Jaén	16:36:27	17:53:07	17:56:32	17:59:56	Puesta de Sol a las 18:31:24	0,91	5°	241°
Lleida	16:39:05	17:54:27	17:56:04	17:57:42	Puesta de Sol a las 18:04:52	0,91	1°	244°
Málaga	16:36:00	17:54:09	17:56:37	17:59:04	Puesta de Sol a las 18:36:09	0,91	6°	241°
Murcia	16:38:47	17:54:57	17:57:14	17:59:32	Puesta de Sol a las 18:20:16	0,91	3°	243°
Palma	16:41:12	17:54:46	17:57:24	18:00:02	Puesta de Sol a las 18:01:35	0,91	0°	246°
Sevilla	16:34:21	17:52:15	17:55:51	17:59:26	Puesta de Sol a las 18:41:02	0,91	7°	240°
Tarragona	16:39:41	17:53:24	17:56:27	17:59:29	Puesta de Sol a las 18:03:31	0,91	0°	244°
Teruel	16:38:12	17:53:23	17:56:19	17:59:16	Puesta de Sol a las 18:14:51	0,91	2°	243°
Toledo	16:35:55	17:54:16	17:55:42	17:57:08	Puesta de Sol a las 18:27:39	0,91	5°	241°
València	16:38:59	17:53:21	17:56:51	18:00:21	Puesta de Sol a las 18:13:55	0,91	2°	243°

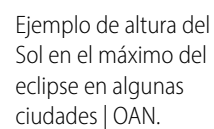
Nota: La hora oficial que aparece en estas tablas se calculó considerando que durante 2028 se sigue realizando el cambio horario, dato aún sin confirmar en el momento de esta publicación.



Capitales de provincia y ciudades autónomas con eclipse parcial (hora oficial):

Municipio	Inicio eclipse	Máximo	Fin eclipse	Magn.	Alt. Sol	Az. Sol
A Coruña	16:32:06	17:52:22	Puesta de Sol a las 18:36:32	0,78	6°	237°
Almería	16:37:52	17:57:13	Puesta de Sol a las 18:28:05	0,90	5°	242°
Ávila	16:35:16	17:55:08	Puesta de Sol a las 18:28:28	0,89	5°	240°
Badajoz	16:33:20	17:54:59	Puesta de Sol a las 18:41:41	0,91	7°	239°
Bilbao	16:36:13	17:54:19	Puesta de Sol a las 18:14:55	0,84	3°	241°
Burgos	16:35:49	17:54:37	Puesta de Sol a las 18:20:23	0,86	3°	241°
Cáceres	16:33:53	17:55:01	Puesta de Sol a las 18:37:56	0,90	7°	239°
Donostia/San Sebastián	16:36:51	17:54:32	Puesta de Sol a las 18:11:00	0,85	2°	242°
Guadalajara	16:36:31	17:55:38	Puesta de Sol a las 18:22:22	0,90	4°	241°
Huesca	16:38:14	17:55:35	Puesta de Sol a las 18:07:41	0,89	1°	243°
Las Palmas de Gran Canaria	15:20:14	16:50:22	18:07:49	0,85	20°	235°
León	16:34:22	17:53:53	Puesta de Sol a las 18:27:11	0,83	5°	239°
Logroño	16:36:43	17:54:54	Puesta de Sol a las 18:15:01	0,86	2°	242°
Lugo	16:32:46	17:52:55	Puesta de Sol a las 18:34:06	0,80	6°	238°
Madrid	16:36:08	17:55:34	Puesta de Sol a las 18:25:01	0,90	4°	241°
Melilla	16:37:45	17:57:26	Puesta de Sol a las 18:33:11	0,87	6°	242°
Ourense	16:32:30	17:53:09	Puesta de Sol a las 18:37:03	0,81	6°	238°
Oviedo	16:34:05	17:53:21	Puesta de Sol a las 18:26:20	0,81	4°	239°
Palencia	16:35:14	17:54:32	Puesta de Sol a las 18:24:32	0,86	4°	240°
Pamplona/Iruña	16:37:12	17:54:55	Puesta de Sol a las 18:10:56	0,86	2°	242°
Pontevedra	16:31:52	17:52:46	Puesta de Sol a las 18:39:56	0,80	7°	237°
Salamanca	16:34:25	17:54:40	Puesta de Sol a las 18:31:36	0,87	5°	239°
Santa Cruz de Tenerife	15:18:56	16:49:49	18:07:52	0,87	20°	234°
Santander	16:35:33	17:53:57	Puesta de Sol a las 18:17:56	0,83	3°	240°
Segovia	16:35:42	17:55:12	Puesta de Sol a las 18:25:29	0,89	4°	241°
Soria	16:36:51	17:55:17	Puesta de Sol a las 18:16:52	0,88	3°	242°
Valladolid	16:35:07	17:54:39	Puesta de Sol a las 18:26:10	0,86	4°	240°
Vitoria-Gasteiz	16:36:29	17:54:38	Puesta de Sol a las 18:14:57	0,85	2°	241°
Zamora	16:34:17	17:54:22	Puesta de Sol a las 18:30:40	0,86	5°	239°
Zaragoza	16:38:01	17:55:44	Puesta de Sol a las 18:10:46	0,90	2°	243°



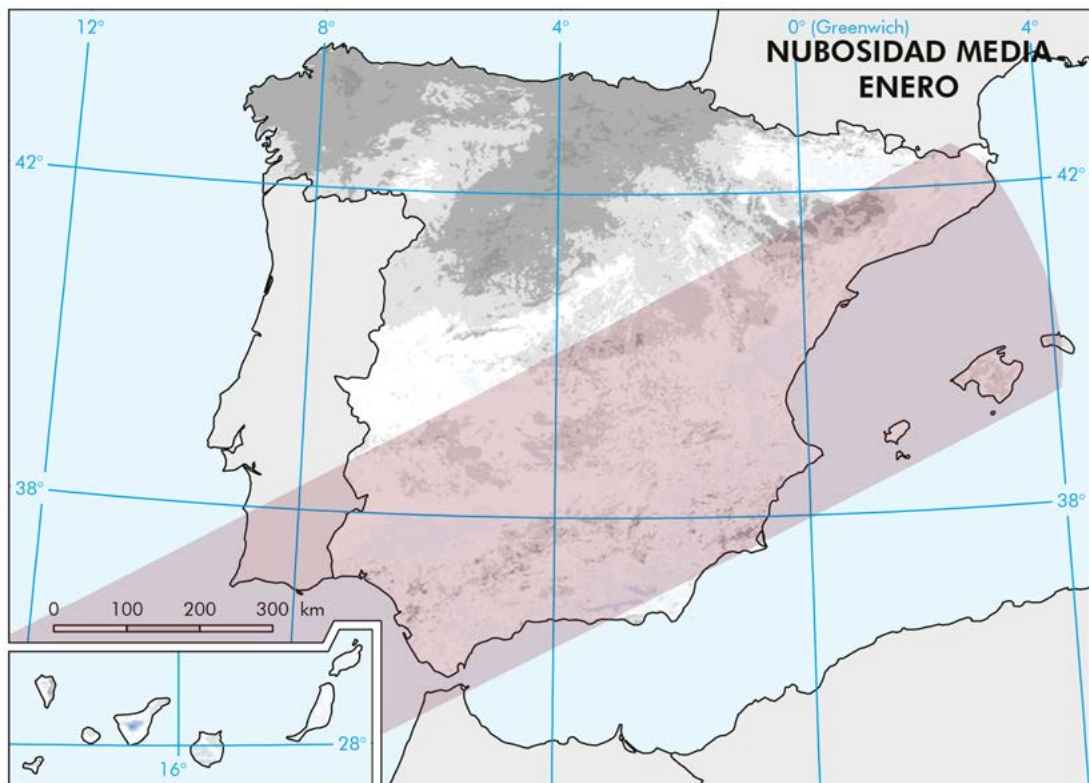


1.3.4.- Meteorología

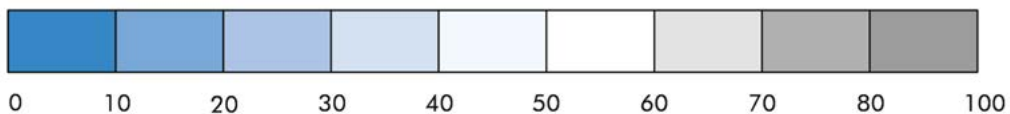
La franja de anularidad de este eclipse cruzará la Península desde el suroeste hacia el noreste, siendo visible también en Illes Balears. Tendrá lugar cerca del horizonte, y en invierno, por lo que las condiciones meteorológicas propias de la estación pueden dificultar su observación.

En la figura se puede ver la cobertura de nubes promedio para la fecha. Se puede ver que, si bien el promedio oscila entre 50 y el 60 % en la mayor parte de la franja, hay zonas más favorables en el valle del Guadalquivir, en las provincias de Huelva, Sevilla, Cádiz y Córdoba. La presencia del Sistema Bético empeora las condiciones en el sudeste de Andalucía. La nubosidad también aumenta al adentrarnos en Castilla-La Mancha, volviendo a disminuir al llegar al Valle del Ebro.

Nubosidad media para el mes de enero en el periodo 2001-2017 y franja de totalidad | Atlas Nacional de España (ANE) CC BY 4.0 ign.es

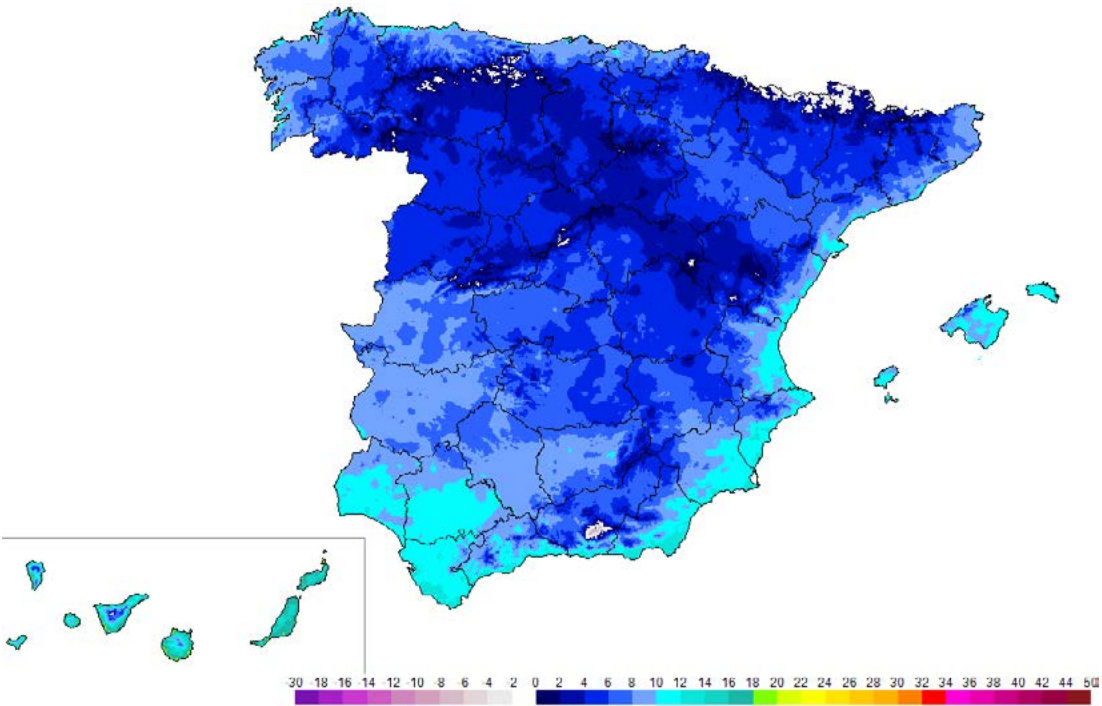


NUBOSIDAD MEDIA MENSUAL 2001-2017 (en %)



Eclipses de Sol. Los eclipses “españoles” de 2026, 2027 y 2028

Dadas las fechas en las que se produce, hay que tener en cuenta también la temperatura, debiendo hacer la observación con ropa de abrigo, y teniendo en cuenta que puede haber zonas con nieve e incluso cerradas al tráfico. En la figura se pueden ver las temperaturas medias para la fecha, donde se aprecia que serán más cálidas en las zonas costeras de la Península, en el valle del Guadalquivir, y en islas Baleares. La temperatura disminuye hacia el interior de la Península y sobre todo en las zonas montañosas del sistema Bético y el sistema Ibérico.



Temperatura promedio
para el día 26 de enero
| AEMET.



2

¿QUÉ ES UN ECLIPSE?

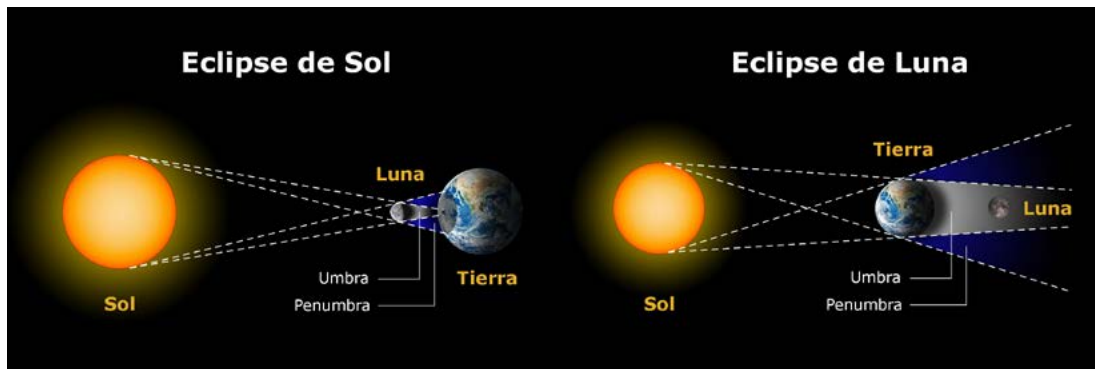
2.1.- ¿Por qué se producen los eclipses?

A la hora de observar un eclipse de Sol y entender bien qué es lo que estamos viendo, lo primero que cabe preguntarse es: ¿qué es un eclipse? Si acudimos al diccionario etimológico veremos que “eclipse” viene del griego *éklepsis*, que significa “desaparición” o “abandono”, lo que permite entender de una forma bastante gráfica las sensaciones que las personas que vivieron antes del desarrollo de la astronomía experimentarían al presenciar semejante prodigio. Ya en términos modernos, al hablar de un eclipse hablamos de un fenómeno astronómico que ocurre cuando el Sol, la Tierra y la Luna se alinean, y el



Eclipses de Sol. Los eclipses “españoles” de 2026, 2027 y 2028

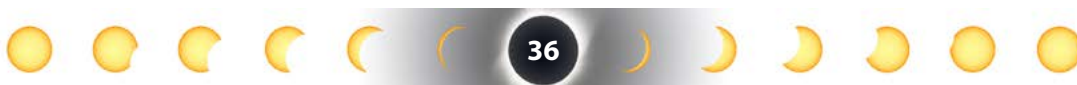
cuerpo que está en medio proyecta su sombra sobre el otro. Las órbitas de los tres impiden que el Sol sea el cuerpo que esté en medio, afortunadamente, pues si tal cosa ocurriera, no solo no habría lugar a eclipse alguno, sino que sería catastrófico para nuestro planeta. Quedan, por tanto, dos posibilidades. Si la Luna se interpone entre el Sol y la Tierra, la sombra de la Luna se proyectará sobre alguna zona de la superficie de la Tierra, y tendremos un eclipse de Sol. Desde esa región estaremos pues a la sombra de la Luna, y veremos el Sol total o parcialmente tapado por esta. Si por el contrario es la Tierra la que se sitúa entre el Sol y la Luna, hablaremos de un eclipse de Luna, porque desde nuestro planeta veremos la Luna oscurecida por estar en la sombra que proyecta la Tierra.

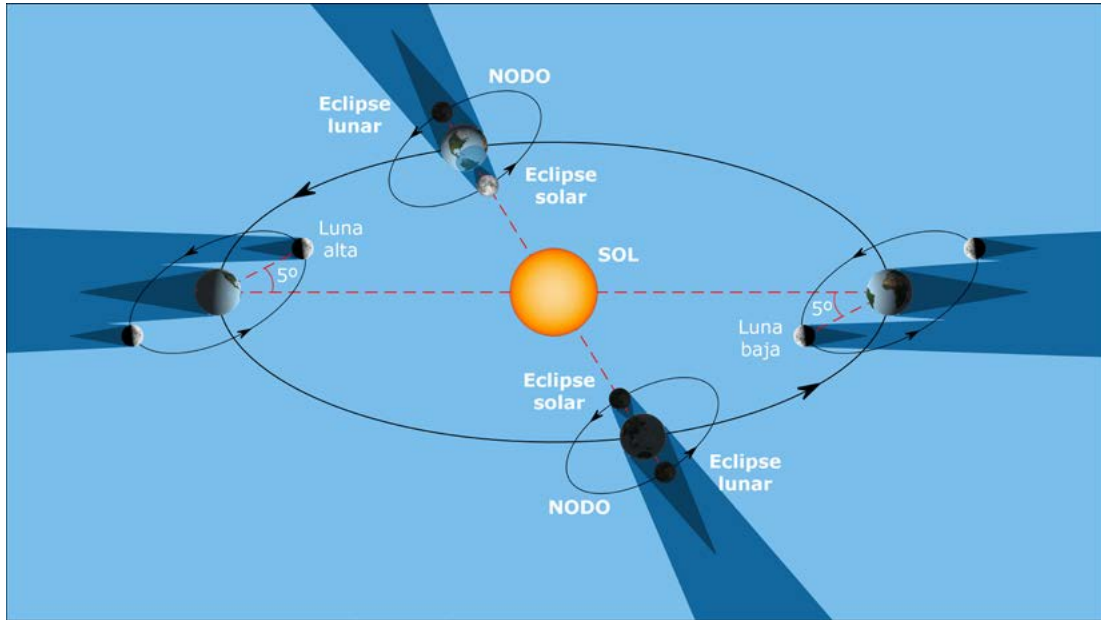


Estas situaciones se comprenden si recordamos que la Tierra está orbitando en torno al Sol, y la Luna, mucho más cerca de la Tierra, está girando en torno a ella, casi en el mismo plano que el de la órbita de la Tierra. Si nos ubicamos en la Tierra mirando hacia el Sol, cuando en su recorrido de 28 días la Luna pasa por “delante” de la Tierra, podemos tener un eclipse de Sol, y cuando pasa por “detrás”, tendríamos un eclipse de Luna.

Considerando esa combinación de movimientos, podríamos pensar entonces que en cada órbita de la Luna debería haber un eclipse solar y otro lunar, según nuestro satélite vaya pasando por sus posiciones a un lado y otro de la Tierra. Sin embargo, esto no es así; los eclipses son mucho menos frecuentes, y esto se debe al siguiente hecho: el plano en el que orbita la Tierra en torno al Sol y el plano en el que orbita la Luna en torno a la Tierra no coinciden exactamente, sino que están levemente inclinados uno respecto a otro, formando un ángulo de 5°, como se muestra en la ilustración adjunta.

Configuración de Sol, Luna y Tierra en un eclipse de Sol y un eclipse de Luna. Ni los tamaños ni las distancias relativas están a escala, ni en esta imagen ni en las que acompañan el resto de esta sección, que tienen un propósito puramente ilustrativo del fenómeno de los eclipses | OAN.





Órbitas de Tierra y Luna, con indicación de los nodos y de las configuraciones donde se pueden producir eclipses de Sol y de Luna | OAN.

Esto hace que en la mayoría de los casos, como en las configuraciones de la derecha y la izquierda de la imagen adjunta, la Luna en su órbita pase por encima o por debajo de la línea que une la Tierra y el Sol, y por tanto no tenga lugar la alineación de los tres cuerpos que genera los eclipses. Esto solo se produce en situaciones como la de arriba o abajo de la imagen, que es cuando la Luna pasa por los nodos, o puntos de intersección entre los planos orbitales de la Luna y de la Tierra. Esto ocurre dos veces a lo largo de la órbita terrestre, con una separación temporal de unos seis meses. Los eclipses, además, suelen suceder de dos en dos: cuando tenemos uno de Sol, es muy común que unas dos semanas antes o después ocurra un eclipse de Luna. En este caso decimos que los dos eclipses se acompañan.

A la vista de lo anterior, podría pensarse que los eclipses deberían ocurrir en las mismas fechas cada año, en las dos ocasiones en que atravesamos la línea de nodos. Sin embargo, no es así, pues las órbitas de la Tierra y la Luna no son constantes ni conmensurables. Aunque se representan como elipses para simplificar, estas trayectorias están sujetas a perturbaciones gravitatorias causadas por el Sol, otros planetas y las fuerzas de marea terrestres. El resultado es que las órbitas cambian sutilmente con el tiempo, y la línea de los nodos, donde los planos orbitales de la Luna y la Tierra se cruzan, sufre un desplazamiento retrógrado.

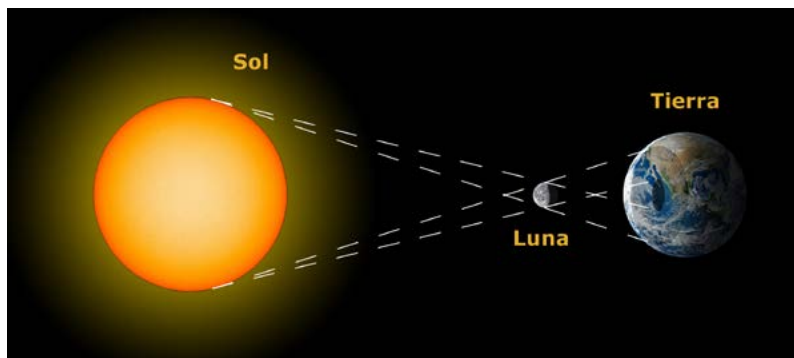
Eclipses de Sol. Los eclipses “españoles” de 2026, 2027 y 2028

Este desplazamiento, que completa un giro completo cada 6.798 días, provoca que el Sol pase por un mismo nodo cada 346 días, lo que se conoce como año eclíptico. En consecuencia, las épocas de eclipses se adelantan aproximadamente 19 días cada año (más detalles en el capítulo 4).

Esto hace que haya al menos dos eclipses de Sol al año. Y en ciertos años, si el primero ocurre a principios de año, es posible que ocurran otras dos épocas de eclipses, permitiendo hasta cinco eclipses solares si las condiciones son favorables, como ocurrió por última vez en 1935 y no volverá a ocurrir hasta 2206. A esto también ayuda el hecho de que la Luna y la Tierra tengan un tamaño considerable en relación a la distancia que los separa, lo que hace que no sea imprescindible que los tres astros estén exactamente alineados para que el eclipse se dé en algún lugar de la Tierra.

2.2.- Eclipses de Sol

Los eclipses de Sol, como exponíamos en la sección anterior, se producen cuando la Luna se interpone entre el Sol y la Tierra y su sombra cae sobre nuestro planeta.



Configuración de Sol, Luna y Tierra en un eclipse de Sol | OAN.

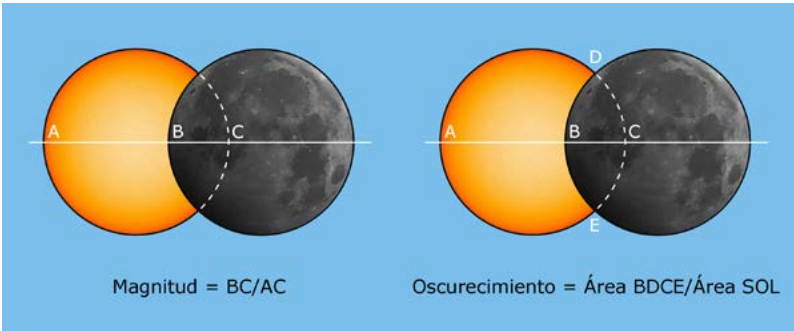
Es importante resaltar que solo desde la zona de la Tierra en la que cae la sombra de la Luna se podrá ver el eclipse de Sol, que será sin embargo inexistente en cualquier otro punto que esté iluminado. Esto difiere de los eclipses de Luna, que cuando se producen son visibles desde zonas más amplias, y hace que observar un eclipse de Sol sea un acontecimiento particularmente excepcional.



2.2.1.- Magnitud y oscurecimiento de un eclipse de Sol

Para indicar en un eclipse solar hasta qué punto la Luna está ocultando al Sol podemos usar diferentes parámetros. Uno de ellos es la magnitud, que nos indica qué fracción del diámetro angular del Sol se está cubriendo. Es una relación entre diámetros (ocultado y total), y no entre áreas. En un eclipse parcial o anular la magnitud siempre estará entre cero y uno, siendo mayor la ocultación cuanto más cerca de uno esté la magnitud. La magnitud puede darse en forma decimal o en porcentaje, indistintamente (por ejemplo, 0,2 o 20 %, sobre un diámetro solar de 1 o 100 %). En un eclipse total la magnitud es el cociente entre el diámetro angular lunar y el solar, y siempre es igual o mayor a uno. Por otro lado, también se puede hablar de oscurecimiento, que nos indica la fracción del área del Sol que está cubierta por el disco lunar. No se da una correspondencia única entre magnitud y oscurecimiento, debido a las variaciones del tamaño angular de la Luna a lo largo de su órbita, que hace que en ciertas configuraciones de eclipse solar la magnitud pueda ser la misma, pero varíe el porcentaje de superficie solar ocultada, y por tanto el oscurecimiento pueda ser diferente.

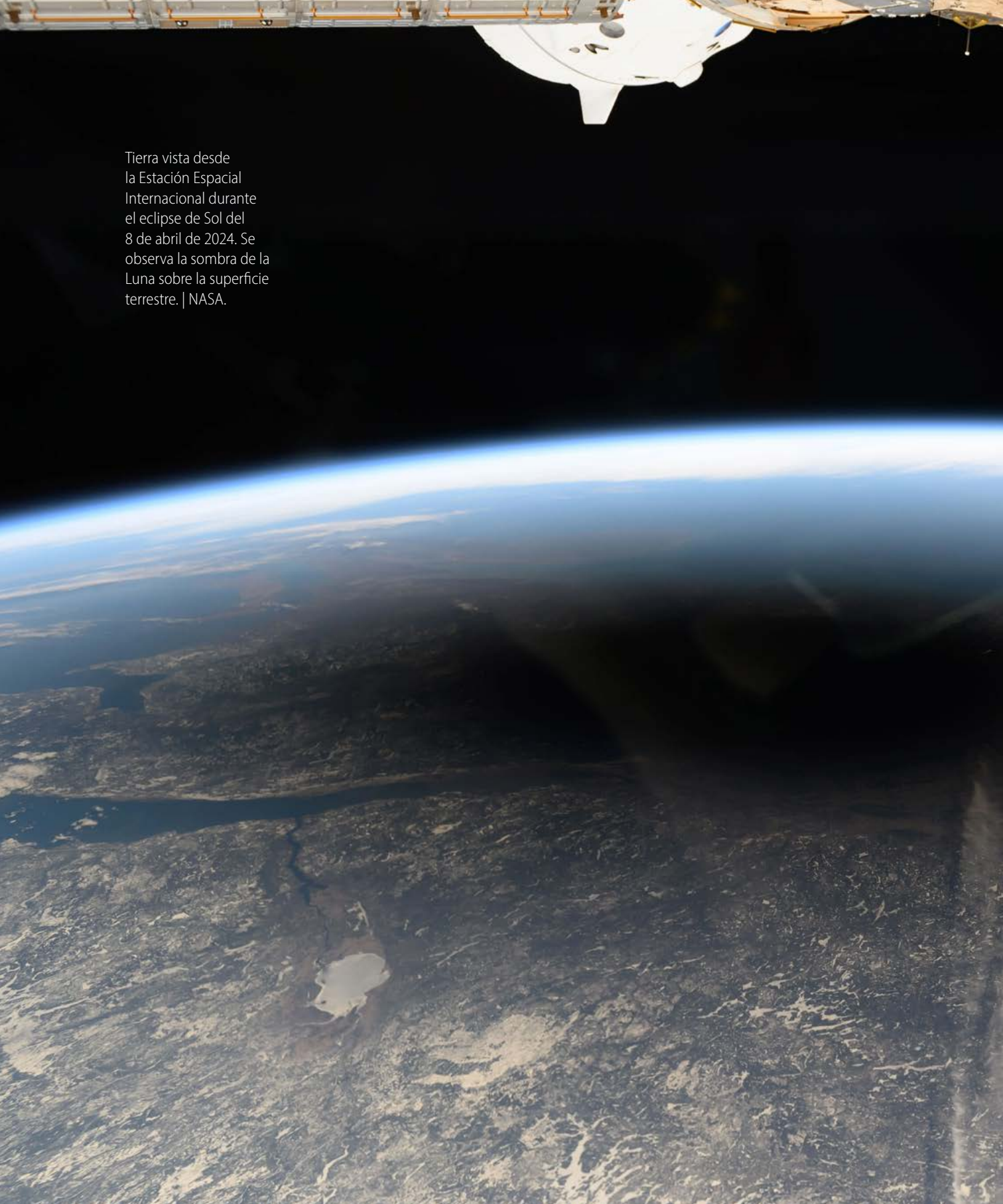
Definiciones de magnitud y oscurecimiento, cantidades utilizadas para describir el nivel de ocultación del Sol en un eclipse | OAN.

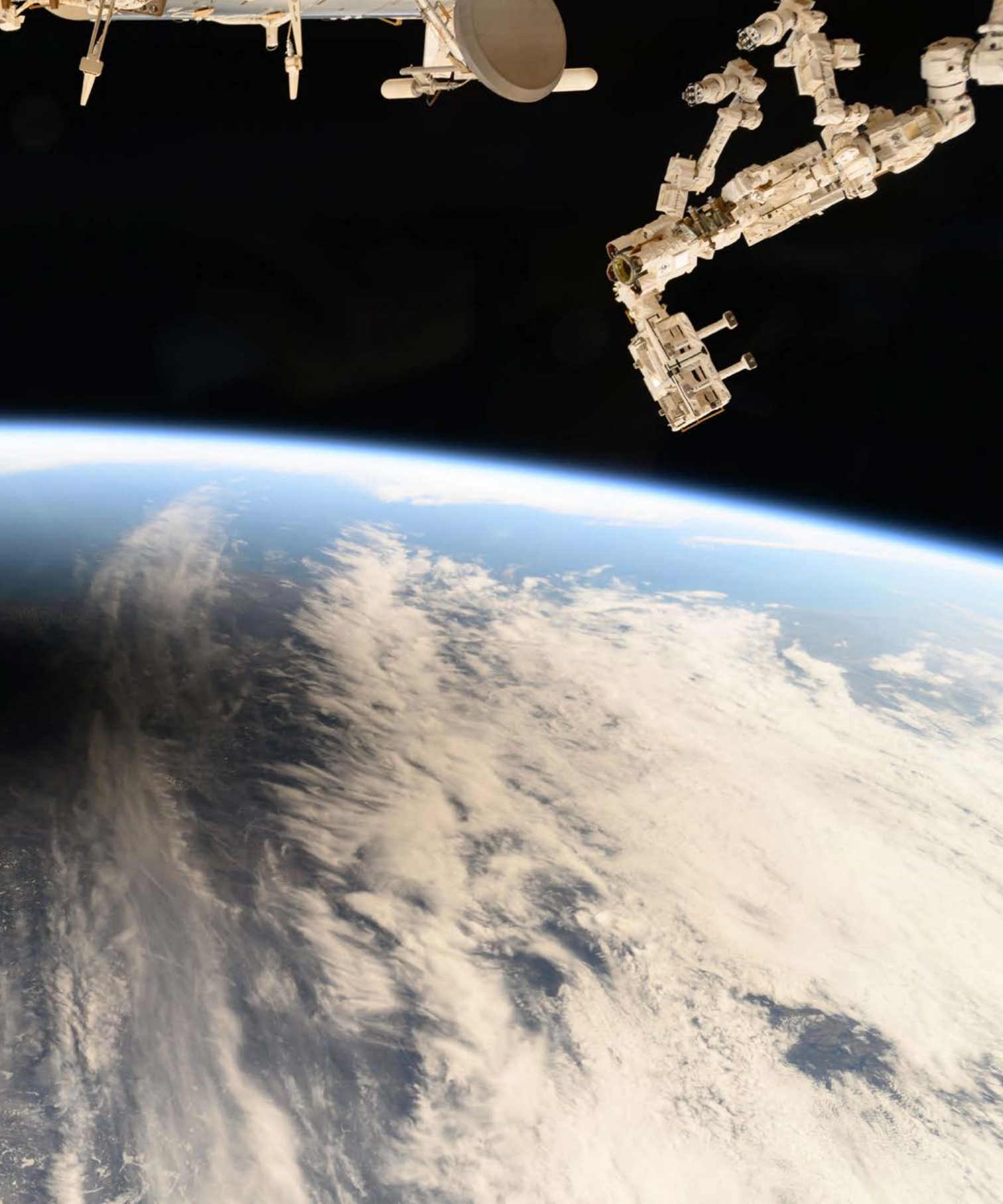


Magnitud	Oscurecimiento
0,1	0,04
0,2	0,10
0,3	0,19
0,4	0,28
0,5	0,39

Magnitud	Oscurecimiento
0,6	0,50
0,7	0,62
0,8	0,75
0,9	0,87
1,0	1,00

Tierra vista desde
la Estación Espacial
Internacional durante
el eclipse de Sol del
8 de abril de 2024. Se
observa la sombra de la
Luna sobre la superficie
terrestre. | NASA.





2.3.- Tipos de eclipses de Sol

El tipo de eclipse de Sol que podamos ver desde una cierta zona de la Tierra va a depender de si la Luna tapa total o parcialmente el disco solar, y de qué manera. Vamos a poder observar tres tipos de eclipses solares: totales, anulares y parciales.



2.3.1.- Eclipse total de Sol

Si nos fijamos de nuevo en la figura del esquema de los eclipses de Sol, podemos distinguir dos zonas en la sombra que proyecta la Luna sobre nuestro planeta: la umbra y la penumbra. Aquella región de la Tierra en la que se proyecte la umbra, que es la parte más profunda y oscura de la sombra y en la que la fuente de luz está completamente bloqueada, va a presenciar un eclipse total de Sol. En este caso, la Luna llegará a tapar completamente nuestra estrella, con el consiguiente efecto de disminución de luminosidad y temperatura, aunque sea pleno día. Observar un eclipse total de Sol es algo excepcional: como se puede ver en el esquema, la zona de proyección de la umbra sobre la Tierra, donde se produce la totalidad, es muy pequeña. Eso sí, debemos aclarar que la rotación de la Tierra ayuda a que la totalidad sea visible en más lugares, al hacer que la umbra trace una franja en forma de arco sobre la superficie del planeta durante el transcurso del eclipse. Esta franja se denomina franja de totalidad del eclipse.

Visibilidad de los tres tipos de eclipse solar | OAN.

Por el contrario, las regiones que estén en la penumbra presentarán un eclipse parcial, en la que nuestro satélite tapaná un cierto porcentaje de la superficie del Sol, pero no la totalidad, por lo que nunca dejarán de recibir radiación solar y, al ser esta tan potente, la disminución de luminosidad no será tan evidente. En el resto del planeta, fuera de umbra y la penumbra de la sombra lunar, el eclipse no será visible.

Configuración de Sol, Luna y Tierra en un eclipse total de Sol | OAN.



Eclipse total de Sol del 8 de abril de 2024 | NASA.



Los eclipses totales de Sol se producen gracias a una situación fortuita de la naturaleza, que se basa en el hecho de que, vistos desde nuestro planeta, la Luna y el Sol tengan un tamaño aparente muy parecido en el cielo. La Luna es, lógicamente, de mucho menor tamaño que el Sol, unas 400 veces más pequeña. Pero también está mucho más cerca de la Tierra, unas 400 veces más cerca. Esta coincidencia de números hace que los veamos como dos círculos de tamaño semejante en el cielo, algo que

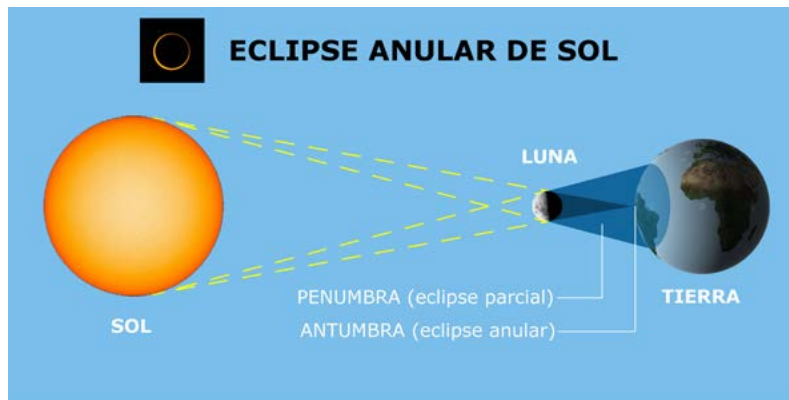
no obedece a causas físicas sino que se da por pura casualidad. Una casualidad que hace posible que, con una configuración adecuada de posiciones, el disco de la Luna llegue a tapan completamente al del Sol. Esta feliz coincidencia lo es aún más si consideramos que no va a darse de forma indefinida en el tiempo. Debido a las fuerzas de marea que existen entre la Tierra y la Luna, nuestro satélite se aleja unos 3,8 centímetros de nosotros cada año. Esto



parece una cantidad irrisoria frente a los 384.400 kilómetros de distancia promedio entre la Tierra y la Luna, pero en el transcurso de los próximos millones de años tendrá un efecto considerable que hará que la Luna esté más lejos, y se vea cada vez más pequeña. Así, en unos 600 millones de años (quizás muchos más, ver capítulo 4), los eclipses totales de Sol dejarán de ser posibles desde la superficie de la Tierra, pues la Luna no podrá ocultar del todo nuestra estrella.

2.3.2.- Eclipse anular de Sol

El eclipse anular de Sol se produce con una configuración de posiciones semejante al eclipse total, en la que la Luna pasa por el nodo de las órbitas, y se produce una alineación casi perfecta de los tres cuerpos, con nuestro satélite interpuesto entre la Tierra y el Sol.



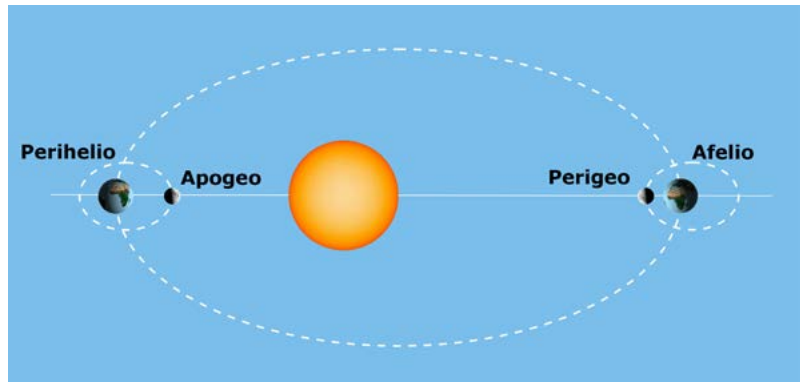
Configuración de Sol, Luna y Tierra en un eclipse anular de Sol | OAN.

Sin embargo, en este caso no se produce una ocultación completa del Sol por parte de nuestro satélite, porque el cono de la umbra de la Luna no toca la superficie de la Tierra. Para comprender esto tenemos que tener en cuenta que las órbitas de la Tierra y de la Luna no son circulares, sino elípticas. Esto hace que la distancia entre los dos cuerpos implicados varíe a lo largo de la órbita. En el caso de la Tierra, la posición orbital en la que nuestro planeta está a la mínima distancia posible al Sol se denomina perihelio, mientras que la de mayor distancia se llama afelio. De manera análoga, en su órbita en torno a la Tierra, la Luna tiene las posiciones de perigeo, para la mínima distancia, y apogeo, para la máxima. Se muestran en el siguiente esquema, en el que es importante tener en cuenta que la elipti-



La excentricidad de las órbitas está exagerada con fines ilustrativos. Las órbitas reales son mucho más cercanas a las circulares (la órbita terrestre tiene en la actualidad una excentricidad de 0,0167, y la órbita lunar de 0,0549).

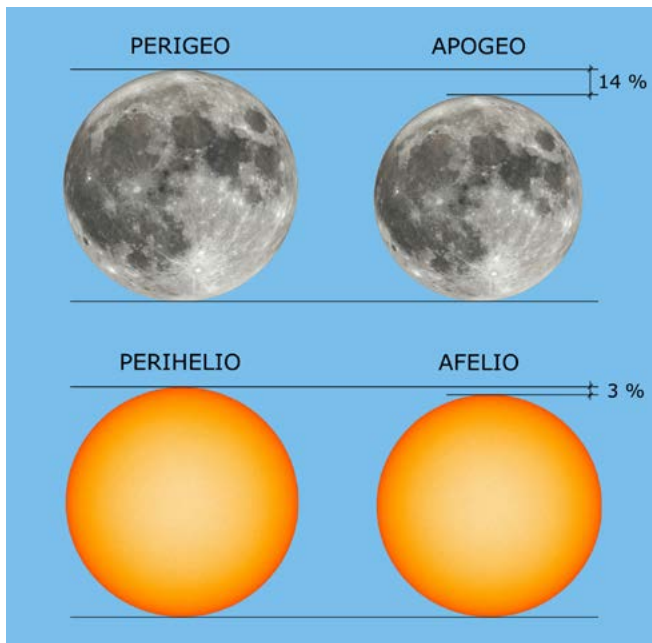
Órbitas elípticas de Tierra y Luna, con posiciones de mayor y menor distancia al cuerpo central. La elipticidad de las órbitas está exagerada con motivos ilustrativos | OAN.



Variaciones de tamaño aparente vistos desde la Tierra de Sol y Luna en función de su posición orbital de mayor y menor distancia al cuerpo central | OAN.

En función de dónde estén la Tierra y la Luna en sus respectivas órbitas (más cerca o más lejos del cuerpo central) veremos variaciones en los tamaños aparentes del Sol y la Luna en el cielo. La variación del tamaño del Sol es relativamente pequeña, del orden del 3 %. La de la Luna, sin embargo, es mayor, con una diferencia del 14 % entre su tamaño máximo, en el perigeo, y el mínimo, en el apogeo.

Como los tamaños aparentes de ambos cuerpos vistos desde la Tierra son tan parecidos, la Luna se verá un poco mayor que el Sol cuando nuestro satélite esté más cerca del perigeo y la Tierra más cerca del afelio, y, por el contrario, el Sol se verá un poco más grande que la Luna cuando la Tierra esté más cerca del perihelio y la Luna esté más cerca del apogeo. Así, cuando se de la alineación entre los tres astros, tendremos un eclipse total de Sol si en esa configuración orbital concreta de posiciones orbitales la Luna tiene un tamaño aparente igual o mayor al del Sol. En el caso contrario, si en ese momento la



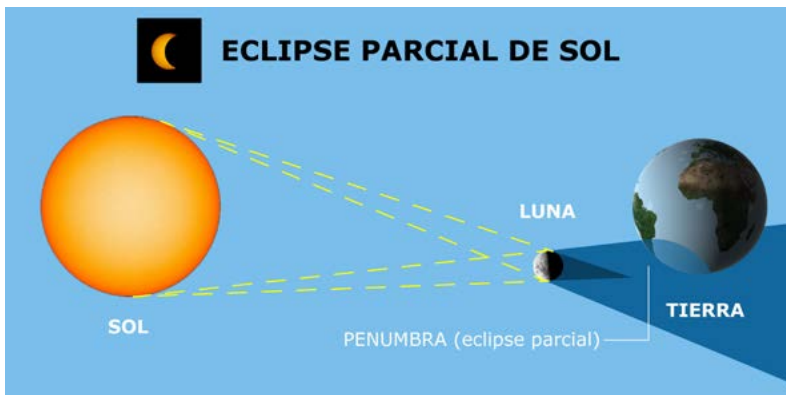
Luna tiene un tamaño aparente más pequeño, no será capaz de tapar totalmente el disco de nuestra estrella, y tendremos un eclipse anular. En estos casos el cono de la umbra finaliza antes de llegar a la superficie de la Tierra, y la región de anularidad (desde donde será visible el eclipse anular) la definirá su prolongación, la antumbra, y la franja que esta trace sobre la superficie de la Tierra debida a su rotación.



Eclipse anular del 20 de mayo de 2012 | NASA/ Bill Dunford.

2.3.3.- Eclipse parcial de Sol

Un eclipse parcial de Sol tiene lugar cuando la Luna tapa solo una fracción de la superficie solar. Esto se puede producir en diferentes situaciones. Una opción será la que se da en un eclipse total de Sol para aquellas regiones de la Tierra que estén situadas en la penumbra del cono de sombra de la Luna. Un caso análogo se dará en los eclipses anulares. Otra posible configuración se produce cuando la Luna no pasa exactamente por el nodo, pero sí de forma próxima por arriba o por debajo, como la situación que se muestra en el esquema adjunto. En este caso la umbra y la antumbra no llegan a proyectarse sobre la Tierra, por lo que no se da eclipse total ni anular, pero la penumbra sí afecta a una parte de la superficie terrestre. Desde esas regiones veremos un eclipse parcial.



Configuración de Sol, Luna y Tierra en una de las posibilidades de los eclipses parciales de Sol | OAN.



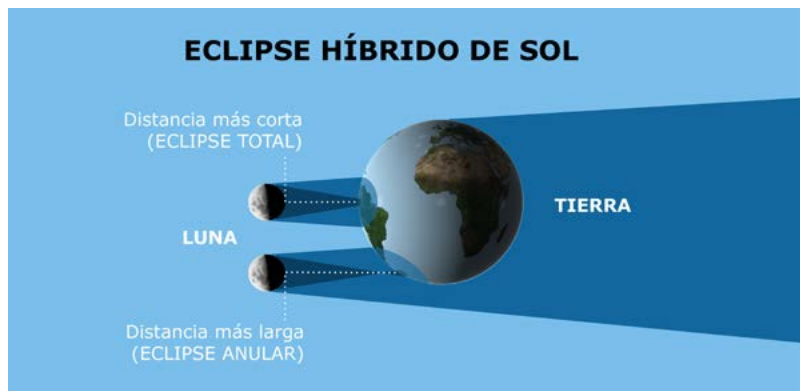
Eclipse parcial de Sol el 10 de junio de 2021, visto desde Arlington, Virginia, EEUU. | NASA/ Bill Ingals.



2.3.4.- Eclipse solar híbrido

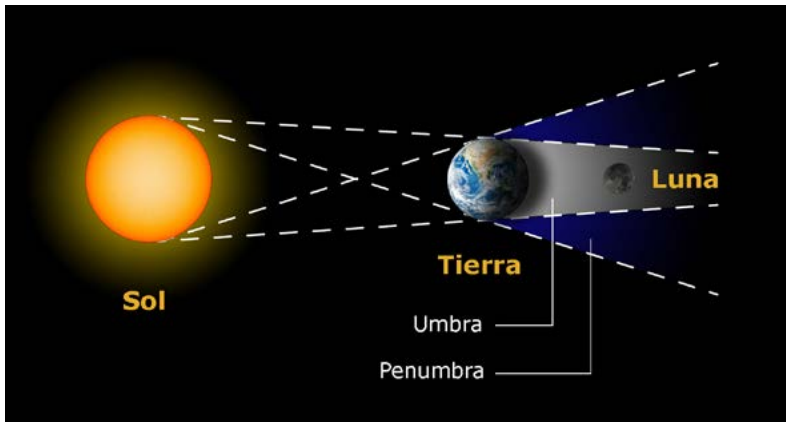
El denominado eclipse solar híbrido no es un tipo en sí mismo, sino una combinación de dos. Se da cuando la distancia a la que está la Luna en ese momento, el recorrido que hace y la curvatura de la Tierra producen que en parte de la Tierra el eclipse solar se vea como total, y en otra región se vea como anular. En este caso podemos tener que el eclipse comience como anular, a lo largo de su recorrido se convierta en total, y después retorne a anular. Podemos tener también solo dos de las fases, anular-total o total-anular. También se denominan eclipses anulares-totales. Menos de un 5 % del total de los eclipses de Sol son híbridos.

Configuración de Sol, Luna y Tierra en un eclipse híbrido. A lo largo del recorrido del eclipse este pasa de anular a total, y/o a la inversa | OAN.



2.4.- Eclipses de Luna

Aunque este volumen se centre en eclipses de Sol, por completitud vamos a describir de forma general los eclipses lunares y sus tipos. Los eclipses de Luna tienen lugar cuando nuestro satélite pasa por la sombra que proyecta la Tierra debido a la iluminación del Sol. Esto implica que siempre se producen con luna llena. Como ocurre con los eclipses solares, solo se producirán cuando el satélite pase por o cerca de los nodos, es decir, por los puntos en los que su órbita cruza el plano orbital de la Tierra. A diferencia de los eclipses solares, que solo se pueden observar desde aquellas regiones de la superficie terrestre en las que se proyecta la sombra de la Luna, los eclipses lunares son visibles desde cualquier lugar del mundo donde sea de noche en el momento del eclipse. Esto hace que, aunque sean igualmente probables que los eclipses de Sol, desde una determinada localización sea mucho más frecuente observar un eclipse lunar que uno solar.



Configuración de Sol, Luna y Tierra en un eclipse de Luna | OAN.

2.5.- Tipos de eclipses de Luna

Podemos considerar dos regiones en la sombra que proyecta la Tierra: la umbra, más densa, en la que no llega radiación solar directa, y la penumbra, en la que la radiación solar solo es bloqueada parcialmente. Los tipos de eclipse lunar van a depender de la zona de la sombra de nuestro planeta por la que pase la Luna.



2.5.1.- Eclipse total de Luna

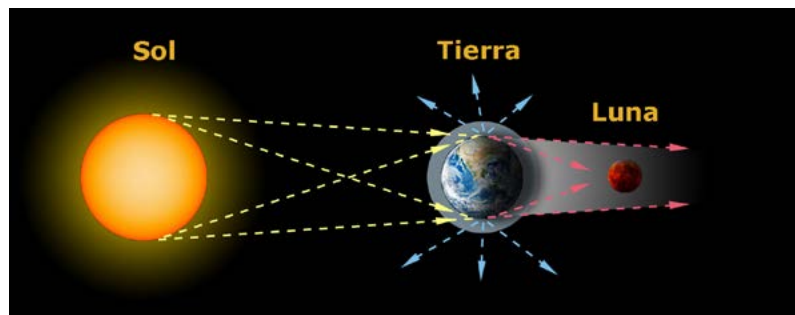
El eclipse lunar total tiene lugar cuando la Luna entra completamente en la umbra de la Tierra. Es la configuración que se muestra en el esquema de la sección 3.4. En este caso el planeta evita que la Luna reciba radiación directa del Sol. Ahora bien, dado que la Luna no emite luz propia sino que refleja la que le llega, podríamos pensar que durante un eclipse lunar total nuestro satélite no debería verse en absoluto. Sin embargo, no es así: si bien su brillo disminuye drásticamente, la Luna puede verse teñida de un característico color rojizo durante los eclipses totales.



Luna durante un eclipse lunar total | NASA.

La causante de este hecho tan peculiar no es otra que nuestra atmósfera. Durante un eclipse lunar total nuestro satélite sí está recibiendo una cierta cantidad de luz solar, de aquella que pasa por los bordes de la Tierra y es dispersada por el aire que nos rodea. La dispersión atmosférica de la luz con longitudes de onda más corta (azules y violetas) es muy eficiente, por lo que buena parte de esta se pierde en el espacio (y da lugar, de paso, al color azul del cielo). Sin embargo, la dispersión de la luz con longitudes de onda más largas (colores rojos y naranjas) es mucho menos eficiente, y por tanto esta luz mantiene en mayor proporción una dirección igual o semejante a la inicial. Esto produce que la Luna reciba un mayor porcentaje de luz roja filtrada por nuestra atmósfera, lo

que le da su color eclipsado característico. Cuanta más nubosidad haya en la atmósfera terrestre durante el eclipse, más rojizo se tornará nuestro satélite.

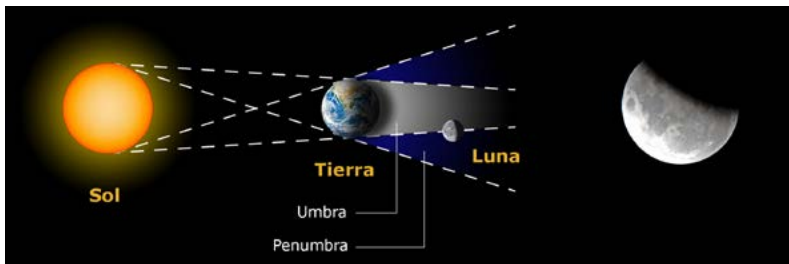


Efecto de la atmósfera terrestre en la luz que recibe la Luna durante un eclipse lunar total.



2.5.2.- Eclipse parcial de Luna

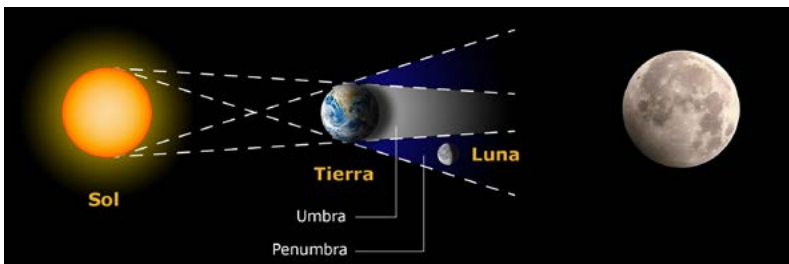
El eclipse parcial de Luna se produce cuando solo una parte de la Luna entra en la umbra, mientras el resto se mantiene en la penumbra. En este tipo de eclipse se produce una disminución general de la luminosidad lunar, y se puede ver el fragmento oscurecido que está en la umbra. Es interesante fijarse en que la curva de la sombra que vemos es el borde de la sombra de nuestro planeta, y tiene una curvatura diferente a la línea de luz y sombra que vemos cuando tenemos a la Luna en fase creciente o menguante. Aquí el efecto del enrojecimiento de la luz por la atmósfera terrestre es mucho menos perceptible, debido a la intensa luminosidad que tiene la superficie lunar que no está en la umbra.



Configuración de Sol, Luna y Tierra en un eclipse parcial de Luna | OAN.

2.5.3.- Eclipse penumbral de Luna

Este tipo de eclipse tiene lugar cuando la Luna entra en la penumbra de la Tierra, pero no toca la umbra. Se produce un sutil oscurecimiento de la superficie lunar, que será más marcado cuanto mayor sea el porcentaje de nuestro satélite que está en la penumbra. Si este porcentaje es bajo, el eclipse puede ser muy poco perceptible a simple vista. Se puede producir un eclipse penumbral total, en el que la Luna al completo está en la penumbra sin introducirse en la umbra. Pero son muy infrecuentes, debido a que el ancho de la zona penumbral es solo ligeramente más grande que el diámetro de la Luna.



Configuración de Sol, Luna y Tierra en un eclipse penumbral de Luna | OAN.





3

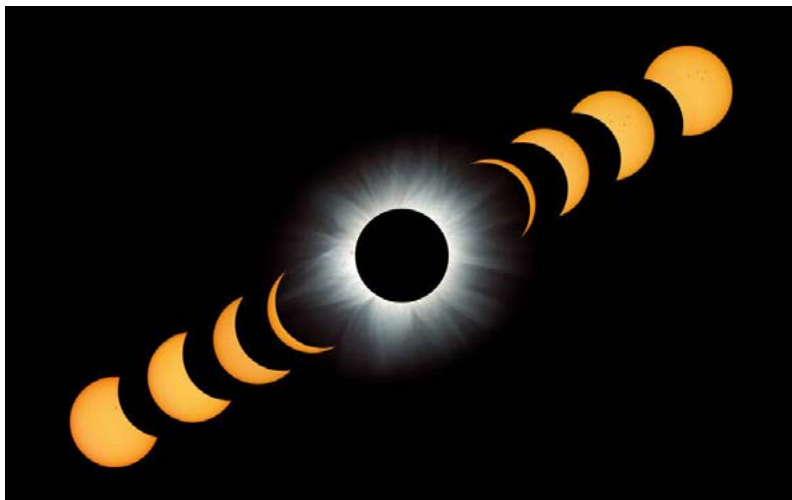
¿QUÉ SE VE EN UN ECLIPSE SOLAR TOTAL?

3.1. La totalidad en el Sol

Un eclipse solar total es uno de los espectáculos más impresionantes que puede ofrecernos la naturaleza, y en los próximos años vamos a tener la fortuna de presenciar dos de ellos, además de uno anular. Pero ¿qué vamos a ver cuando estemos ante uno de estos fenómenos? En un eclipse total tendremos una secuencia progresiva, en la que el disco lunar irá tapando poco a poco el disco solar, hasta cubrirlo completamente. Tras unos pocos segundos o minutos de totalidad, observaremos luego el proceso inverso: la Luna se irá desplazando y descubriendo el Sol, hasta que dejen de superponerse y volvamos a observar el disco solar completo.



Eclipses de Sol. Los eclipses “españoles” de 2026, 2027 y 2028



Secuencia completa de un eclipse total de Sol
| Fred Espenak.

Podemos ir siguiendo la secuencia del eclipse paso a paso, y ver lo que nos depara cada una de sus fases. En primer lugar tendremos lo que llamamos el primer contacto (de un total de cuatro instantes que llamaremos así a lo largo de todo el fenómeno), que se producirá en el momento en el que el disco lunar “toque” y empiece a superponerse al del Sol. No existe contacto real, la palabra se refiere a nuestra percepción al observar los dos discos en el cielo. Hasta que no se produce el primer contacto la Luna, aunque esté al lado del Sol, va a ser totalmente imperceptible para nosotros como observadores. Es una Luna en fase nueva, de la que solo vemos la cara en sombra, y la luminosidad del Sol es tan intensa que no percibimos nada de este cuerpo hasta que su presencia se hace patente en el eclipse.



Fase parcial de un eclipse de Sol | NASA.



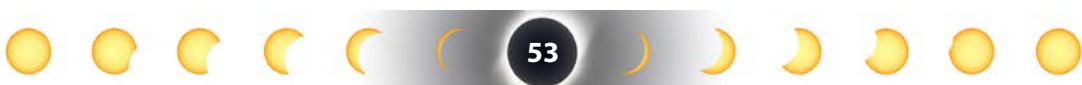
A partir del primer contacto empezará la primera fase de eclipse parcial, en la que la Luna irá ocultando progresivamente un mayor porcentaje de la superficie del Sol. Esto durará unas decenas de minutos. Es muy importante resaltar que durante el eclipse parcial, aunque la luz solar pueda ir decreciendo progresivamente, nunca se puede mirar el Sol de forma directa o sin la protección adecuada (más información al final de este volumen). La disminución de la luz solar que se produce en un eclipse parcial con un alto oscurecimiento puede hacer que nos confiemos porque mirar al Sol no resulta tan molesto, pero la radiación que emite aunque sea una pequeña parte de la superficie del Sol ya es peligrosa para nuestra visión.

La Luna irá cubriendo el Sol cada vez más, hasta que ya lo haya ocultado casi por completo. Los instantes finales de la parcialidad nos van a traer algunos detalles interesantes. Cuando la Luna ya se ha interpuesto casi completamente ante disco solar, solo nos quedará un filo de luz del Sol en el borde de su disco. Unos segundos antes de la ocultación total tendremos un efecto denominado “anillo de diamantes”. Ya se podrá ver un brillo tenue alrededor del resto del disco Sol-Luna eclipsados, y quedará ese fragmento final de luz solar directa en una pequeña zona, por lo que podrá recordarnos a un anillo que tiene engarzado un diamante de gran brillo.

Efecto de “anillo de diamantes” justo antes de la ocultación completa | ESA.



Apenas unos segundos después, justo antes de la ocultación total, tendremos aún unos pequeños fragmentos de luz solar, que además ya no serán una línea continua, sino que parecerán una cadena de cuentas de luz. Se llaman perlas de Bailey, llamadas así



en honor al astrónomo británico Francis Baily, que las describió por primera vez en el eclipse de Sol de 1836. Estas canicas de luz se producen porque la Luna no es una esfera lisa, sino que tiene relieve, como montañas, cráteres y valles. La última luz intensa del Sol que recibimos es la que se filtra a través de los huecos de este relieve en el borde del disco lunar. Además de producir un bonito efecto visual, estas cuentas de luz han tenido un importante valor científico para el estudio de la topografía de la Luna. Como ahora conocemos bien la orografía lunar, podemos prever con antelación cómo se van a ver las perlas de Baily de un eclipse solar concreto.



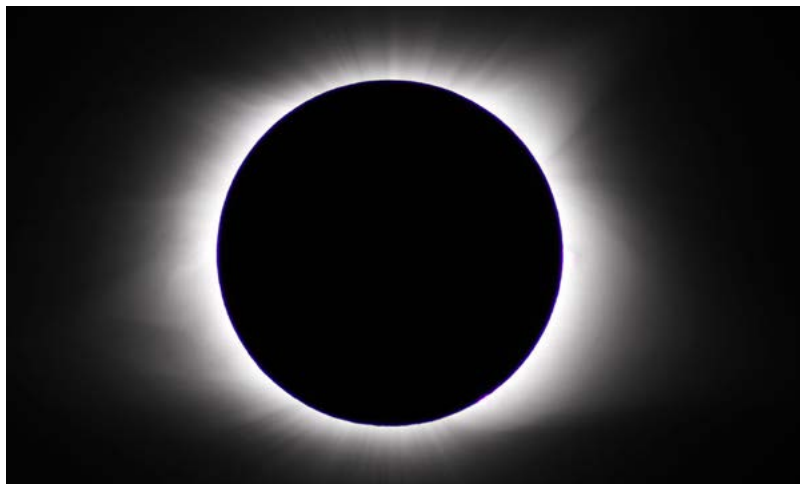
Perlas de Baily en el eclipse solar del 21 de agosto de 2017. | ESA / M.P. Ayucar.

Y ahora sí, llega la totalidad. La Luna oculta completamente al Sol, situación que durará entre unos segundos y unos pocos minutos, según el eclipse y la ubicación de la persona que observa en la franja de totalidad correspondiente. Durante esta fase lo que veremos será un círculo oscuro, que es realmente la cara en sombra de la Luna, y alrededor un halo de luz tenue. Esta es la única fase de un eclipse solar en la que podemos mirar al Sol sin gafas de eclipse o protección homologada, pero hay que tener mucha precaución para no hacerlo hasta estar seguros de que la ocultación es completa, y dejar de hacerlo antes de que finalice.

¿Qué estamos viendo en la fase de totalidad? Para entenderlo es necesario considerar nuestra estrella en su totalidad y recordar que, tal como se explica más en detalle en el capítulo “La ciencia de los eclipses”, el Sol es una gran esfera de gas, compuesta fundamentalmente de hidrógeno y helio. La capa que consideramos la superficie del Sol se denomina fotosfera,

y es la que emite la mayor parte de la luminosidad que observamos habitualmente. Pero por encima de ella hay dos capas más, la cromosfera y la corona, que constituyen lo que podemos denominar la atmósfera exterior del Sol. Las regiones rojizas o rosáceas que vemos en imágenes como las del anillo de diamantes o las perlas de Baily pertenecen a la cromosfera, y se deben a la emisión del hidrógeno en esta capa. Por su parte, el halo de luz que vemos en torno al disco duro en el eclipse total corresponde a la emisión de la corona solar. La corona emite de una forma tan tenue, debido a su baja densidad, que en condiciones normales es imposible verla, porque su brillo es imperceptible en comparación con el de la fotosfera. Esto, sin embargo, cambia en unos momentos muy especiales, que son los de la totalidad de un eclipse solar. En este caso la Luna bloquea toda la emisión de la fotosfera, y a cambio el brillo de la corona se hace patente en un espectacular halo.

Los eclipses solares totales son una gran ocasión para ver y estudiar la emisión de la misteriosa corona, pero también sirven para ver otros fenómenos que tienen lugar en las capas más externas del Sol. Estamos hablando de las erupciones o fulguraciones solares, grandes explosiones que se producen en algunos puntos de la atmósfera solar cuando se liberan grandes cantidades de energía por fenómenos magnéticos del Sol, y que también se explican de forma más detallada en el capítulo “La ciencia de los eclipses”. Los eclipses solares totales son la única oportunidad natural que tenemos de ver directamente, con telescopios y cámaras adecuadas, la estructura en arco o las emisiones que producen estos impresionantes fenómenos atmosféricos del Sol.



Fase de totalidad en el eclipse del 21 de agosto de 2017 | ESA / M.P. Ayucar.



Observatorio de la Universidad de
Eclipse de 30 Agosto 1905

nº 2



12^h 1^m 39^s

H. R.

nº 3



12^h 9^m 5^s

nº 10



Momento despues de la totalidad



13^h 50^m 32^s

Valladolid

Hora de Greenwich

nº 4



12^h 57^m 46^s

nº 5



12^h 59^m 39^s

nº 11



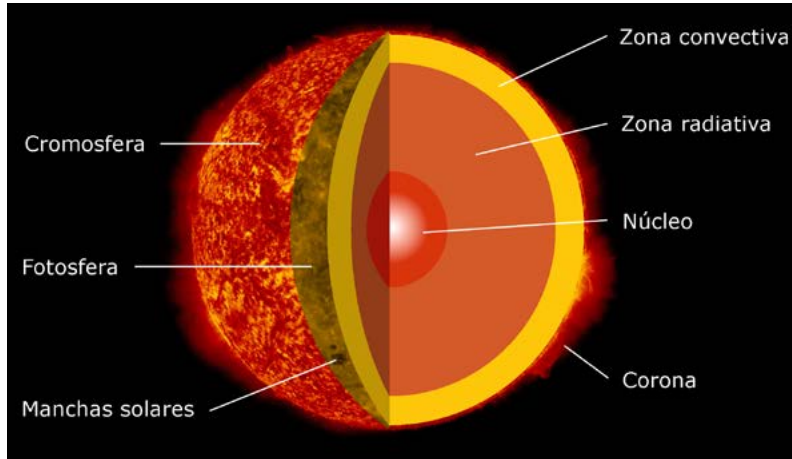
14^h 14^m 9^s

nº 13



No hay eclipse 14^h 27^m 4^s

Eclipses de Sol. Los eclipses “españoles” de 2026, 2027 y 2028

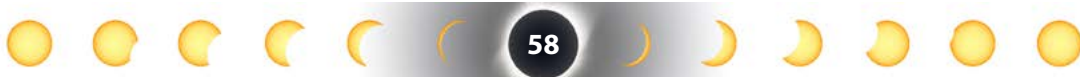


Esquema general de la estructura del Sol | OAN.

La fase de totalidad durará unos segundos o unos pocos minutos. Cuando llegue a su final tendremos el llamado tercer contacto, es decir, el instante en el que el disco lunar, en su desplazamiento, comience a descubrir el disco del Sol. A partir de ahí podremos vivir a la inversa todo el proceso que nos llevó a la totalidad: observaremos de nuevo las perlas de Baily y el anillo de diamante, con la emisión rosada de la cromosfera, y después presenciaremos toda la fase parcial, en la que la Luna irá progresivamente dejando de ocultar el Sol. El eclipse terminará con el cuarto contacto, el último instante en el que veremos a la Luna y al Sol superponerse en el cielo. Tras ese momento la Luna, que nos habrá regalado este increíble espectáculo, volverá a ser invisible para nosotros en el cielo, y el Sol brillará redondo y pleno con toda su fuerza.



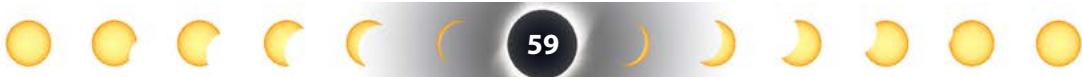
Eclipse total de Sol del año 1919. Placa de vidrio de Eddington y Crommelin, procesada con técnicas modernas | ESO/Landessternwarte Heidelberg-Königstuhl / F. W. Dyson, A. S. Eddington, & C. Davidson.



3.2. La totalidad en la Tierra

Hemos descrito qué podremos ver en un eclipse total al observar el Sol (con la debida protección para nuestra visión), pero el espectáculo no va a estar solo en nuestra estrella, sino también a nuestro alrededor. Durante la parcialidad la intensidad de la luz solar seguirá siendo muy alta, así que seguiremos estando a pleno día, pero merecerá la pena observar por ejemplo la diferencia en las sombras que produce la luz del Sol al pasar entre las hojas de los árboles. El momento más impactante se producirá con el inicio de la totalidad, cuando tendrá lugar una disminución muy brusca de la luz del Sol. No será exactamente como noche cerrada, pero sí como un atardecer muy tardío, ya cerca de hacerse de noche. También percibiremos un descenso muy brusco de la temperatura, todo en cuestión de unos cuantos segundos. Donde antes brillaba el Sol ahora veremos el disco oscuro de la Luna, rodeado por el halo de la corona solar, y en el resto del cielo veremos aparecer algunas de las estrellas más brillantes, que hasta ese momento eran invisibles debido a la luz del día.

Este cambio brusco de luminosidad y temperatura en un momento en el que no corresponde, porque no es la caída de la noche, nos sorprenderá no solo a las personas, sino también a los animales. Ya en 1239 un monje italiano registró que durante un eclipse total, “todos los animales y pájaros estaban aterrorizados, y las bestias salvajes podrían atraparse fácilmente”. En épocas más recientes hay todo tipo de testimonios de astrónomos y de observadores de eclipses que hablan de vacas que vuelven a los establos, de pájaros que empiezan a cantar o a volar con frenesí justo antes de la totalidad y luego permanecen en silencio durante la misma, de grillos que se ponen a cantar, ranas que se ponen a croar, murciélagos que salen de sus cuevas, arañas que destruyen sus telas, e incluso ballenas que aumentan la frecuencia de sus saltos en el mar. Más allá de estos testimonios personales es difícil establecer de forma precisa cómo reaccionan, porque los eclipses solares totales son demasiado infrecuentes y ocurren en lugares muy diversos de la Tierra como para poder hacer observaciones sistemáticas y detectar patrones de comportamiento comprobados. Pero sí parece claro que los animales perciben estos cambios bruscos de luminosidad y temperaturas en un momento que no coincide con sus ciclos habituales diurnos y nocturnos, y que reaccionan ante ello. Por lo tanto, al observar un eclipse total también es muy interesante prestar atención, por ejemplo, a cómo reaccionan los pájaros u otros animales a nuestro alrededor.

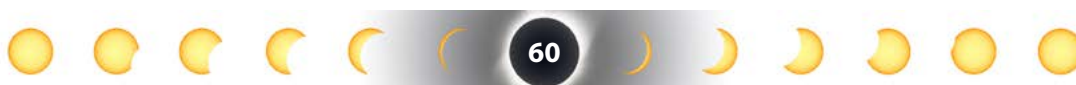


Eclipses de Sol. Los eclipses “españoles” de 2026, 2027 y 2028



El último espectáculo en un eclipse solar total, más allá del cielo, del entorno o de los animales, seremos las propias personas. Quienes lo han vivido hablan de un momento sobrecogedor, donde alcanzas conciencia sobre tu propia insignificancia en el universo al mismo tiempo que te sientes testigo y parte de un fenómeno que supera todos los límites de tu experiencia cotidiana. Algunas de las imágenes más bellas de un eclipse son las del asombro, deleitación y felicidad de las personas que lo están observando. Así que durante un eclipse total es importante entender lo que se está viendo, pero más importante es vivirlo, porque probablemente es una experiencia que se recordará toda la vida.

Imagen compuesta que muestra la progresión de un eclipse solar total en el cielo de Oregón, Estados Unidos, el de agosto de 2017 | NASA / Aubrey Gemignani.



Eclipse solar parcial al amanecer tras el faro de Delaware en la playa de Lewes, el 10 de junio de 2021 | NASA / Aubrey Gemignani.

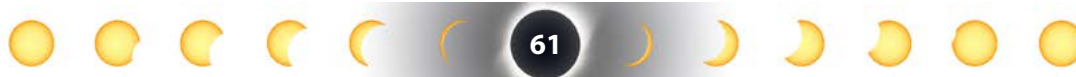
4

CICLOS Y ESTADÍSTICAS DE LOS ECLIPSES

4.1.- Número de eclipses por año

Dado que los eclipses se producen cuando los nodos de la órbita de la Luna están alineados con el Sol (ver capítulo 2), estos se van a producir agrupados en lo que se conoce como estaciones de eclipses. Estas estaciones están separadas por aproximadamente 173,3 días, por lo que cada año habrá dos o, muy raramente, tres estaciones de eclipses. Cuando la primera estación ocurre en el inicio del año, habrá una tercera, incompleta, al final. Un año de eclipses comprende dos estaciones de eclipses, es decir 346,6 días.

Normalmente un eclipse de Sol y uno de Luna se acompañan, es decir uno se produce media lunación después del otro. Esto hace que en un año se produzcan entre 4 y 7 eclipses, incluyendo los de Sol y los de Luna, con al menos dos eclipses de cada tipo.



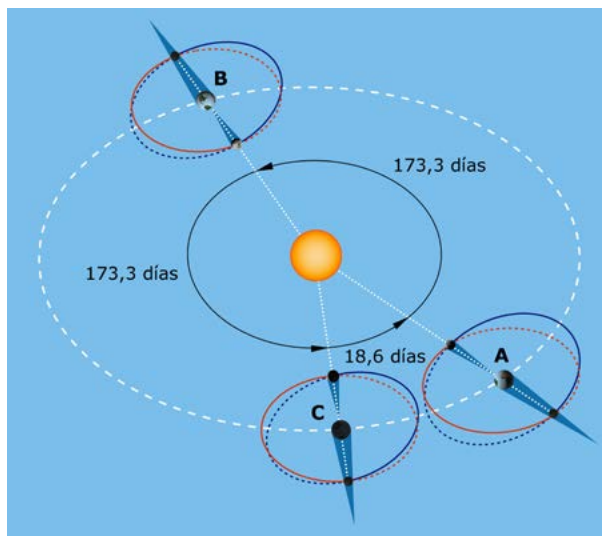
A lo largo de este siglo se producirán 223 eclipses solares, 68 de ellos serán totales, 72 anulares, 7 mixtos (anular/total) y 76 de penumbra (parciales). Asimismo, habrá 230 eclipses lunares, 85 de ellos totales, 58 parciales y 87 penumbrales.

4.2.- Ciclo saros

Cuando se ven las fechas en las que se van produciendo los eclipses de año en año, se podría pensar que no tienen ninguna periodicidad, pero esto no es así. Para que puedan ocurrir eclipses es necesario que el Sol y la Luna se encuentren cerca de unas posiciones determinadas con respecto a la Tierra. El Sol, por ejemplo, debe estar cerca de la línea de los nodos de la órbita de la Luna con respecto a la Tierra. La Luna, por su parte, además de estar cerca de uno de los nodos, debe estar en fase nueva para que pueda haber un eclipse de Sol, o en fase llena para que sea factible un eclipse de Luna.

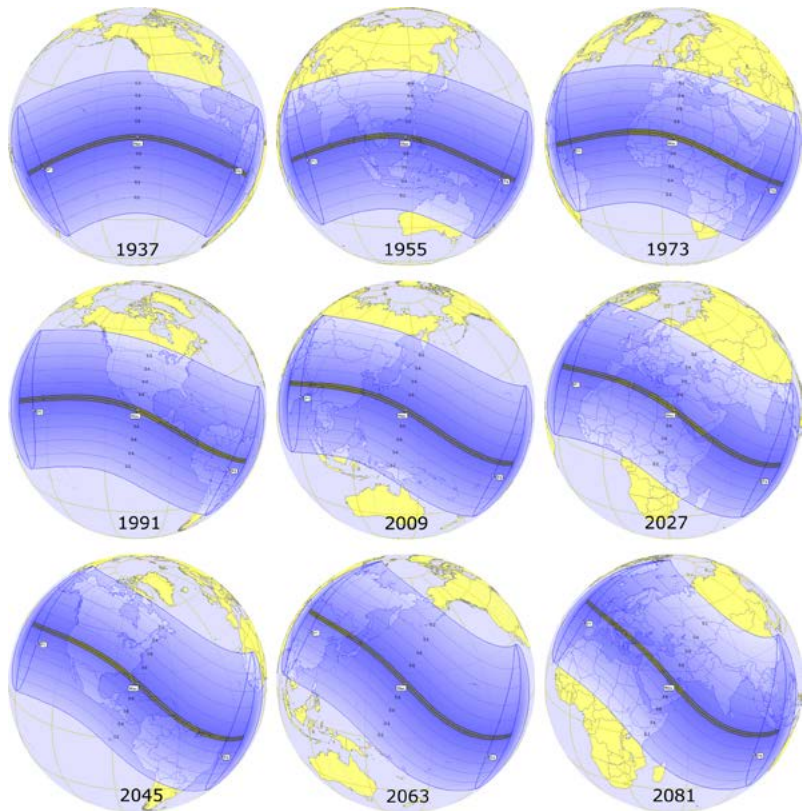
Estas posiciones se repiten de forma periódica, aunque sus períodos son distintos. El tiempo que transcurre entre dos lunas llenas consecutivas, que se denomina mes sinódico o lunación, es de aproximadamente 29,5 días. Un año de eclipses, como hemos visto, dura 346,6 días. Con estos dos valores podemos comprobar que 223 lunaciones se corresponden prácticamente con 19 años de eclipses, por lo que tras ese intervalo de tiempo, llamado saros, la Luna y el Sol estarán aproximadamente en la misma posición con respecto a la Tierra, con la Luna en la misma fase. Además, al transcurrir 223 lunaciones, la Luna vuelve a situarse a una distancia muy similar de la Tierra en su órbita elíptica, lo que hace que su tamaño aparente en el cielo sea muy parecido. Por todo esto, tras ese intervalo de tiempo, se va a producir un eclipse en las mismas condiciones. Esto no quiere decir que se vaya a ver desde la Tierra de la misma manera, puesto que un saros equivale a 18,03 años trópicos (la base del calendario civil), o a 6585,32 días. Ese tercio de día extra de duración hace que la superficie de la Tierra no tenga la misma posición y el nuevo eclipse se vea desde una zona diferente de la superficie de nuestro planeta. A continuación se incluye una tabla con los cálculos más detallados.

Comparación entre la duración del año de eclipses (desde la posición A hasta C), con el año sidéreo (una vuelta completa). El desplazamiento de la línea de los nodos en sentido opuesto al movimiento de traslación de la Tierra causa el desfase de 18,6 días | OAN.



Periodo	Duración	Saros
Lunación	29,53059 días	1 saros = 223 lunaciones = 6585,32135 días
Año de eclipses	346,62008 días	1 saros = 18,99867 años de eclipse
Año trópico	365,24219 días	1 saros = 18,03001 años trópicos

Eclipses del saros 136 desde 1937 hasta 2081. Se puede observar el desplazamiento de la visibilidad del eclipse sobre la superficie de la Tierra de aproximadamente un tercio de día, y la evolución de la geometría de los eclipses | Heavens-Above.com /OAN.



Aunque después de un saros tendremos un eclipse casi en las mismas condiciones, no va a ser exactamente igual, puesto que la línea de los nodos sufre un movimiento de precesión en sentido opuesto al del movimiento orbital de la Luna. Por eso se han definido lo que se conoce como series de saros, que son eclipses separados por un saros, y que comienzan por un eclipse parcial. Se eligió la serie que comenzó con el eclipse del 4 de junio de 2873 a. C. como la serie 1 de los eclipses de Sol. Las series impares de eclipses de Sol se inician cuando el Sol entra en el nodo ascendente

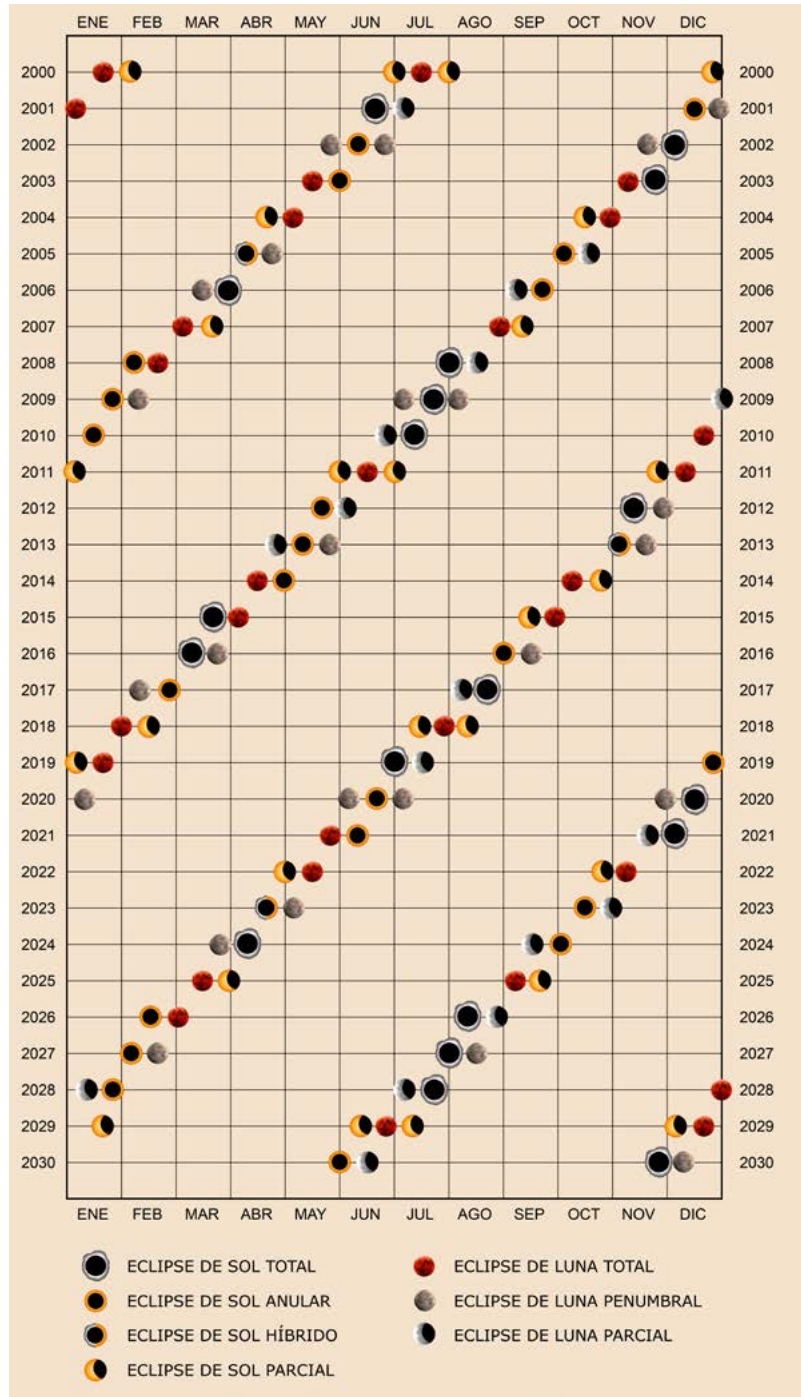
y los eclipses sucesivos se van desplazando hacia el sur, pasando a ser totales o anulares, y finalmente de nuevo parciales cuando el Sol se empieza a alejar del nodo, hasta que ya no es posible que se produzcan eclipses. Las series pares se dan en el nodo descendente y se mueven hacia el norte. Para las series lunares es al revés. Actualmente están activas las series solares 117 a 156, y las series lunares 110 a 150.

El saros ya era conocido desde la Antigüedad, con registros que se remontan al imperio Caldeo, y que continúan en la época de la antigua Grecia. Otras civilizaciones también fueron capaces de predecir eclipses, por lo que debían tener un conocimiento preciso de los movimientos aparentes del Sol y de la Luna. Se sabe que esto ocurría en culturas precolombinas como los mayas o los mexicas, en el imperio chino, y en la India.

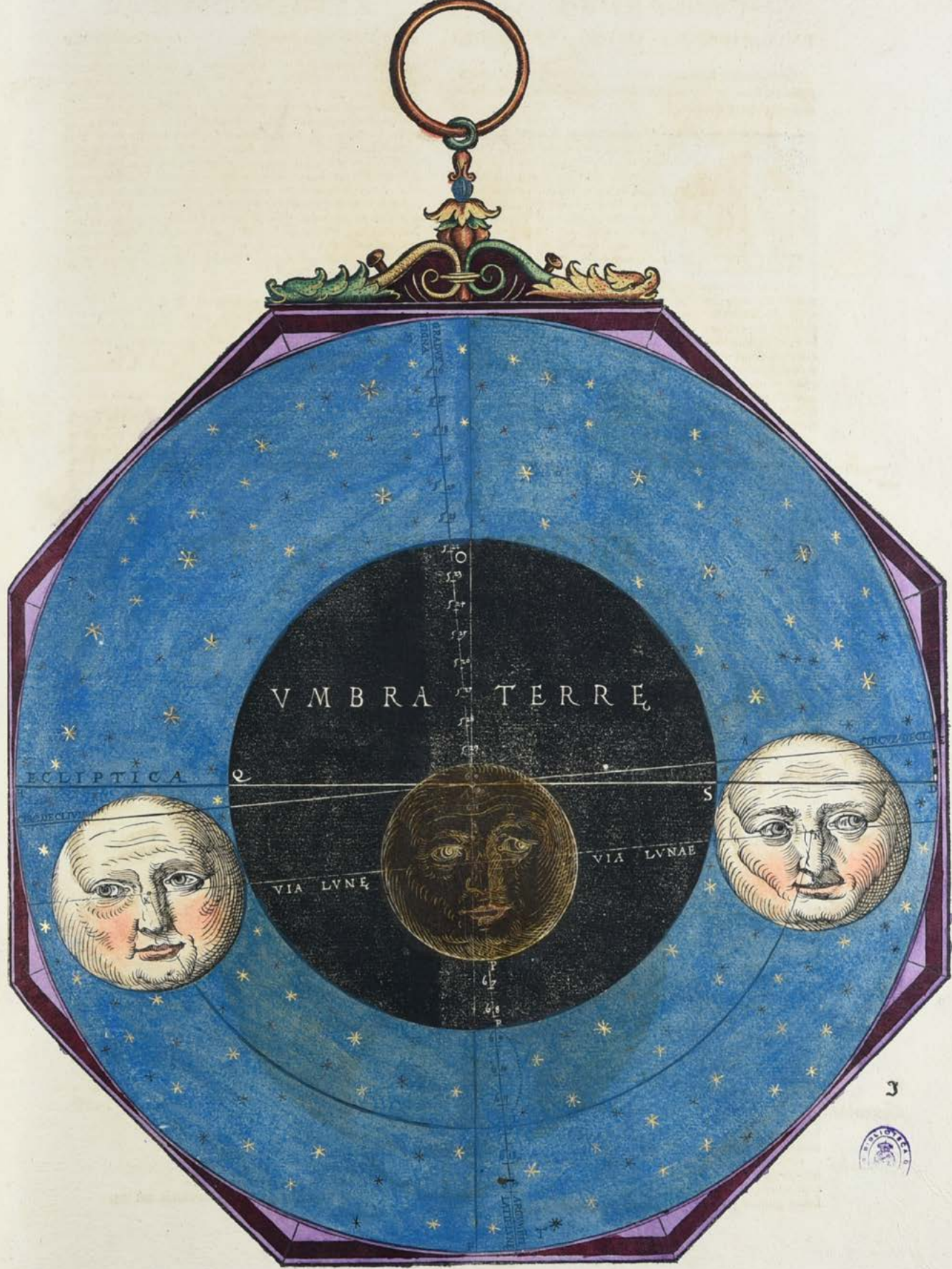
El término saros en sí (en griego *σάρος*) fue introducido por Edmond Halley en el siglo XVII, basándose en un texto bizantino titulado Suda. En este texto se aludía a un periodo de 222 lunaciones, un mes más corto que el dado por Halley, y que partía de los escritos de Eusebio de Cesarea, quien a su vez citaba a un autor babilonio llamado Berosus. Más tarde, en el siglo XVIII, Guillaume Le Gentil señaló la discrepancia entre ambos periodos, pero el uso del término saros se extendió y es prevalente en la actualidad.

Además del saros, había otros ciclos conocidos en la Antigüedad que permitían predecir los eclipses con mayor o menor exactitud:

- El *octaeteris* era un periodo de ocho años solares conocido en la antigua Grecia. Después de estos ocho años, la misma fase de la Luna vuelve a ocurrir dentro de uno o dos días. Fue descubierto por Cleostrato, quien le asignó una duración de 2923,5 días.
- El *ciclo metónico* fue introducido por Metón de Atenas, y duraba 6940 días. Esta duración es muy similar a la de 235 lunaciones (6939,7 días), y a la de 19 años trópicos (6939,6 días).
- El *ciclo calípico* fue una mejora propuesta del ciclo metónico por Calipo de Cícico. Se obtenía tomando cuatro ciclos metónicos y restando un día, obteniendo un período de 27759 días, que se corresponde a aproximadamente 76 años y 940 lunaciones.
- Hiparco de Nicea introdujo asimismo un ciclo más largo y más exacto, que duraba 126007 días más una hora, y se correspondía con 4267 meses sinódicos y 345 años.
- El *ciclo exeligmos* se corresponde con 3 saros, y tiene la ventaja de que los eclipses se vuelven a ver casi en la misma localización. Se conoce, al menos, desde el año 100 a. C.



Eclipses de Sol y de Luna entre 2000 y 2030. Cada agrupamiento de dos o tres eclipses se corresponde con una estación de eclipses | OAN.



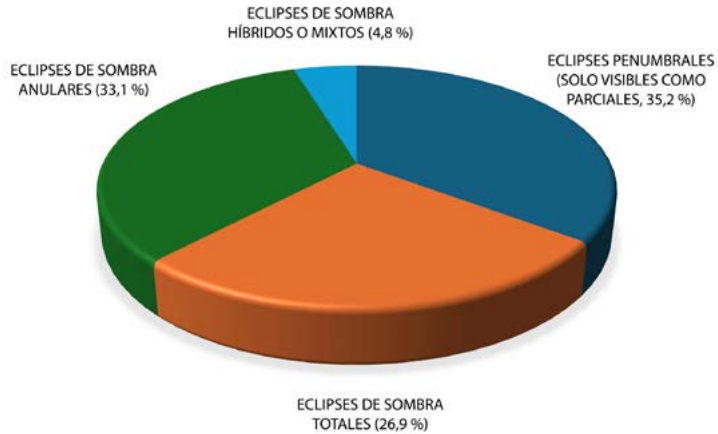
Discos móviles
 («volvelles»), que
 permitían calcular la
 ocurrencia de eclipses.
 «Astronomicum
 Caesarium» de Petrus
 Apianus (1540) | Madrid,
 Biblioteca Nacional de
 España.



4.3.- Estadísticas

En el *Canon of Solar Eclipses*, de Hermann Muckey Jean Meeus (segunda edición, 1992), se dan datos acerca de todos los eclipses solares desde el año -2003 (2004 a. C.) al año 2526. En este periodo, el primero se produjo el 27 de febrero de -2003 (2004 a. C.) y el último tendrá lugar el 7 de octubre de +2526. En este periodo de 4530 años se producirán un total de 10 774 eclipses de Sol, a una media de 2,37 eclipses por año. De ellos, 6979 (65 %) llegarán a verse como totales o anulares en algún lugar de la Tierra.

- Eclipses penumbrales (solo visibles como parciales):
3795 (35,2 %)
- Eclipses de sombra (visibles como totales o anulares desde algún lugar de la Tierra):
6979 (64,8 %)
 - Totales: 2895 (26,9 %)
 - Anulares: 3572 (33,1 %)
 - Mixtos (anular/total): 512 (4,8 %)



Las estadísticas por siglo reflejan los siguientes valores:

Siglos	Años	Eclipses de sombra	Eclipses penumbrales	Número total de eclipses
XIX	1801 a 1900	155	87	242
XX	1901 a 2000	150	78	228
XXI	2001 a 2100	147	77	224
XXII	2101 a 2200	151	84	235
XXIII	2201 a 2300	156	92	248
XXIV	2301 a 2400	160	88	248
XXV	2401 a 2500	153	84	237

Ello arroja un número medio de eclipses por siglo de 237 ± 10 , con un número medio de eclipses centrales de 152 ± 6 . En promedio se da un eclipse total cada 1,6 años. Sin embargo la probabilidad de ver su fase de totalidad en un lugar dado de la Tierra es muy baja: la anchura típica de la franja de totalidad es de unos 200 km y su longitud típica es de 12.000 km, por lo que la franja de totalidad cubre típicamente una fracción 1/200 de la superficie terrestre. Estadísticamente se puede decir que se necesitan unos 200 eclipses para cubrir toda la Tierra y, dado que se producen uno cada 1,6 años, en un lugar determinado se verá la totalidad cada ~300 años. De ahí el interés en desplazarse para ver un eclipse total cuando ocurre relativamente cerca.

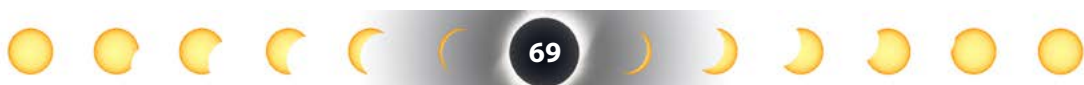
4.4.- Eclipses de Sol visibles como totales o anulares desde España y el resto de Europa

El siglo XIX se despidió con un par de eclipses totales de Sol. La franja de totalidad del eclipse del 28 de mayo de 1900 cruzó la península ibérica y concentró en España multitud de astrónomos de todo el mundo.

Durante los siglos XX y XXI habrá un total de 452 eclipses de Sol. *Grosso modo* se puede decir que un tercio de estos son eclipses de penumbra, por lo que son vistos como parciales, y el resto son de sombra, por lo que son vistos como totales o anulares en una franja de la superficie terrestre, mientras que en las zonas circundantes son vistos como parciales. Esto es lo que ocurrió con el eclipse del 11 de agosto de 1999: este es un eclipse que fue visto como total en una banda que se extendía por el centro de Europa, Turquía y suroeste asiático, mientras que fue visto como parcial en extensas regiones que rodeaban tal franja, como fue el caso de España.

A lo largo del siglo XX ha habido 12 eclipses de Sol visibles como totales en algún lugar de Europa y 6 visibles como anulares. Este siglo se despidió en el año 2000 con cuatro eclipses parciales de Sol, dos de ellos en un mismo mes: 1 y 31 de julio; el último se dio en el día de Navidad.

En el siglo XXI se podrán contemplar desde algún lugar de Europa 10 eclipses totales y 12 anulares.



4.5.- Eclipses solares vistos como totales y anulares desde España y el resto de Europa a lo largo del siglo XX

- 11 de noviembre de 1901, anular, comienzo del eclipse visible desde Sicilia y Chipre, el máximo se produjo sobre el océano Índico.
- 30 de agosto de 1905, total, máximo del eclipse en España, único país europeo que cruzó.
- 17 de abril de 1912, máximo del eclipse frente a las costas de Portugal, cruzó el noroeste de la península ibérica, parte de Centroeuropa y Rusia. En algunas zonas se vio como anular.
- 21 de agosto de 1914, total, máximo del eclipse en Rusia, tras cruzar la península escandinava.
- 8 de abril de 1921, anular, pasó por el norte de las islas británicas y alcanzó su máximo al norte de la península escandinava.
- 29 de junio de 1927, total, cruzó Inglaterra y la península escandinava, con máximo en el océano Ártico.
- 19 de junio de 1936, total, visible en el sur de Grecia, su máximo se dio en Siberia central.
- 21 de septiembre de 1941, total, se inició en el Cáucaso, con máximo en China.
- 9 de julio de 1945, total, máximo en el océano Ártico, cruzó la península escandinava, Finlandia y Rusia.
- 30 de junio de 1954, total, tuvo su máximo frente a las costas noruegas, pasó por Noruega, Suecia, los países bálticos, Bielorrusia y Ucrania.
- 30 de abril de 1957, anular, máximo en el océano Ártico y visible desde algunas zonas del norte de Rusia.
- 2 de octubre de 1959, total, atravesó las islas Canarias, con máximo en Mali.
- 15 de febrero de 1961, total, cruzó Francia, Italia y los Balcanes, con máximo en Rusia, al norte del mar Muerto.
- 20 de mayo de 1966, anular, pasó por el sur de Grecia y el Cáucaso, con máximo en Turquía.
- 22 de septiembre de 1968, total, tuvo su máximo en Rusia.
- 29 de abril de 1976, anular, alcanzó el máximo en el mar Mediterráneo, pasando por el sur de Grecia y Chipre.
- 22 de julio de 1990, total, se inició en Finlandia y rozó el norte de Rusia, máximo en Siberia.
- 11 de agosto de 1999, total, atravesó el centro de Europa, alcanzando su máximo en Rumanía.



Eclipses solares vistos como totales desde España y el resto de Europa en el siglo XX | timeanddate.com/OAN.



Eclipses solares vistos como anulares desde España y el resto de Europa en el siglo XX | timeanddate.com/OAN.



4.6.- Eclipses solares vistos como totales o anulares desde España y el resto de Europa a lo largo del siglo XXI

- 31 de mayo de 2003, anular, se pudo observar desde el norte de las islas británicas y desde Islandia, donde ocurrió el máximo.
- 3 de octubre de 2005, anular, atravesó España y el norte de Portugal, alcanzando el máximo en Sudán.
- 20 de marzo de 2015, total, visible desde las islas Feroe, a cuyo norte se produjo el máximo, y Svalbard.
- 12 de agosto de 2026, total, tendrá su máximo en el oeste de Islandia, y posteriormente atravesará el norte de España.
- 2 de agosto de 2027, la totalidad pasará por el sur de España y el norte de África, con el máximo en Egipto.
- 26 de enero de 2028, anular, tendrá su máximo en la Guayana Francesa, y atravesará España y el sur de Portugal.
- 1 de junio de 2030, anular, pasará por Grecia, Bulgaria, Ucrania y Rusia, y alcanzará su máximo sobre este último país.
- 21 de junio de 2039, anular, el máximo se producirá en el Ártico, y será visible desde Groenlandia, la península escandinava, los países bálticos, Rusia y Bielorrusia.
- 11 de junio de 2048, anular, tendrá su máximo sobre el océano al este de Islandia, desde donde se podrá observar, para luego moverse hacia el este de Europa.

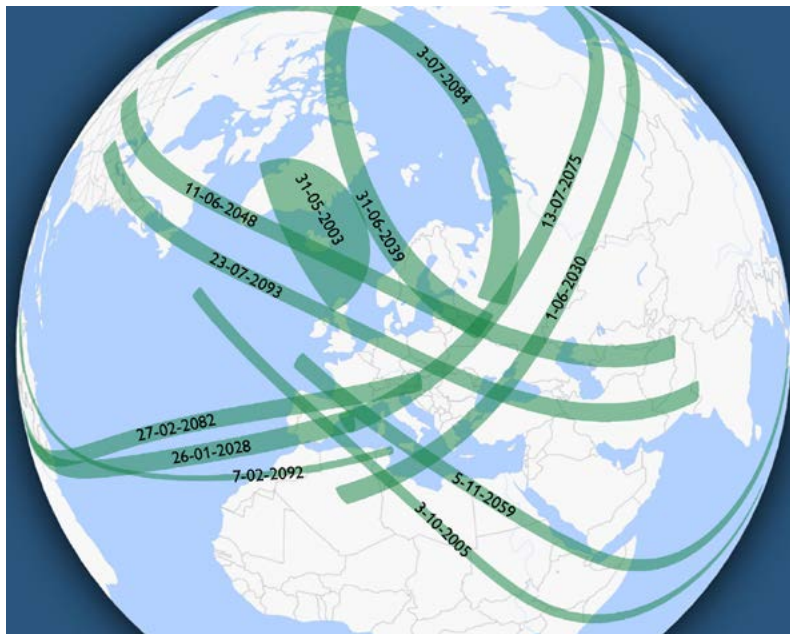


Eclipses solares vistos como totales desde España y el resto de Europa en el siglo XXI | timeanddate.com/OAN.



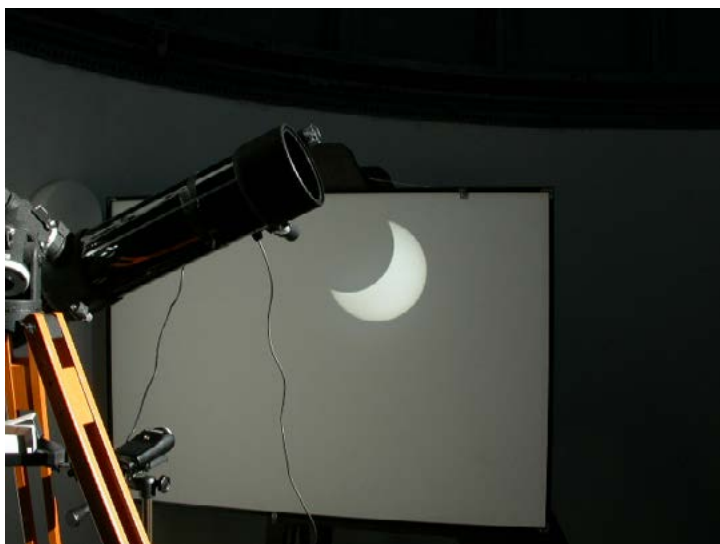
- 12 de septiembre de 2053, total, de nuevo cruzará el sur de España y el norte de África, y alcanzará su máximo en Arabia.
- 5 de noviembre de 2059, anular, atravesará el sur de Francia, Córcega, Cerdeña y Sicilia, y el máximo se producirá en Somalia.
- 20 de abril de 2061, total, pasará por las islas Svalbard, y tendrá su máximo en el norte de Rusia.
- 13 de julio de 2075, anular, comenzará viéndose desde partes de Cataluña y Baleares, se moverá por el sur y el este de Europa, y alcanzará su máximo en Rusia.
- 11 de mayo de 2078, total, el máximo tendrá lugar en el golfo de México, y será visible en algunos puntos de las islas Canarias.
- 3 de septiembre de 2081, total, atravesará el centro de Europa, con máximo en la península arábiga.
- 27 de febrero de 2082, anular, alcanzará su máximo sobre el océano Atlántico y pasará por el norte de la península ibérica, Francia, y el centro y sur de Europa.
- 3 de julio de 2084, anular, comenzará en el norte de Rusia y tendrá su máximo sobre el océano Ártico.
- 21 de abril de 2088, total, el máximo se producirá al sur de Sicilia, pasando luego por Grecia.
- 23 de septiembre de 2090, total, el máximo será al sur de Groenlandia, y se verá en las islas británicas y Francia.
- 7 de febrero de 2092, anular, tendrá su máximo en el océano

Eclipses solares vistos como anulares desde España y el resto de Europa en el siglo XXI | timeanddate.com/OAN.



- Atlántico y pasará por las islas Canarias.
- 23 de julio de 2093, anular, atravesará las islas británicas, a cuyo este se producirá el máximo, para luego moverse hacia el centro y este de Europa.
- 11 de mayo de 2097, total, máximo en Alaska, cruzará las islas Svalbard y tocará Noruega y Rusia.

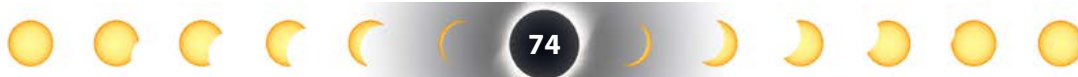




Astrónomos del
Observatorio
Astronómico de Madrid
durante la observación
del eclipse anular del
3 de octubre de 2005
| OAN.

4.7.- El fin de los eclipses totales

El hecho de poder observar eclipses solares totales desde la superficie de la Tierra se debe a que la Luna y el Sol tienen aproximadamente el mismo tamaño aparente en el cielo, como se ha visto en el capítulo 2. Mientras el diámetro aparente de la Luna en el cielo sea mayor o igual que el del Sol en algún momento, esta podrá tapar completamente el disco solar cuando los eclipses coincidan en esas posiciones.



Esto no será siempre así. Ya en el siglo XVII Edmond Halley se dio cuenta de que había una discrepancia entre los registros de eclipses antiguos y los instantes en los que él calculaba que debían haber sucedido basándose en los valores contemporáneos de la duración del día y de la lunación, con lo que concluyó que el movimiento medio de la Luna aparentemente se estaba acelerando. Hoy sabemos que lo que está ocurriendo en realidad es que la duración del día se está alargando, al mismo tiempo que la Luna se está alejando de nuestro planeta. Pero, ¿por qué se produce esto? La respuesta, por extraño que pueda parecer, está en las mareas.

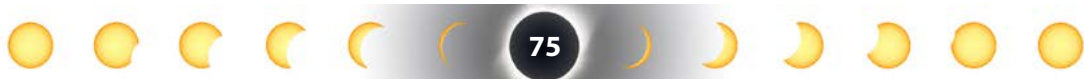
Las mareas se producen de hecho por la influencia gravitatoria sobre nuestro planeta de nuestro satélite y, en menor medida, del Sol. La fuerza de atracción gravitatoria disminuye con el cuadrado de la distancia, por lo que para un cuerpo extenso como es la Tierra, la intensidad de esa fuerza es mayor en la parte de la Tierra más próxima al objeto que ejerce su atracción, y menor en la parte más alejada. En el caso de la Luna, esto se observa como un abultamiento de la parte fluida de la superficie de nuestro planeta, esto es, los mares y la atmósfera, en la dirección en la que se encuentra nuestro satélite.



Efecto de la Luna sobre las mareas | OAN.

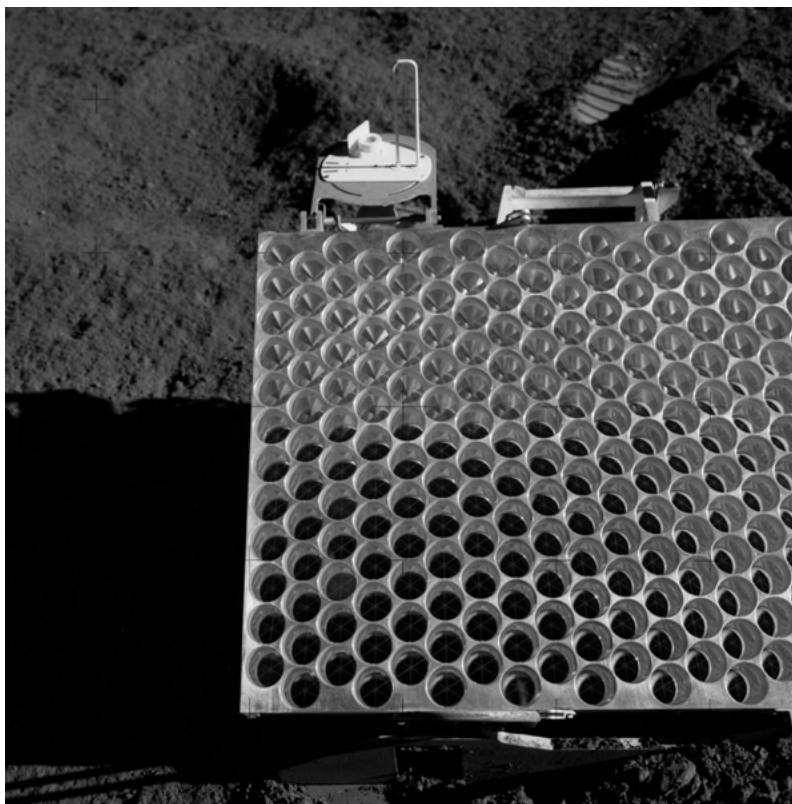
Este abultamiento va siguiendo a la Luna, lo que produce una fricción con la superficie sólida de nuestro planeta. Esto se traduce en un frenado de la rotación de nuestro planeta, aumentando la duración del día. Debido a la conservación del momento angular, el movimiento orbital de nuestro satélite sufre una aceleración, lo que hace que este se vaya alejando de nuestro planeta.

Al alejarse, el tamaño aparente de la Luna es cada vez menor, con lo que llegará el momento en el que no sea suficiente para tapar completamente el disco solar en ningún punto de su órbita, y los



Eclipses de Sol. Los eclipses “españoles” de 2026, 2027 y 2028

eclipses totales de Sol ya no serán posibles. Por suerte no hay que temer que esto se produzca a corto plazo, ya que este proceso es muy lento. Gracias a los espejos dejados en la Luna por las misiones Apollo podemos medir con precisión la distancia a nuestro satélite, disparando láseres contra ellos y midiendo el tiempo que tardan en volver. Las mediciones actuales dan un ritmo de alejamiento actual de unos 3,8 cm por año.



Espejos dejados en la superficie de la Luna por la misión Apollo 15 | NASA.

Si esta tasa de separación se mantuviese en el tiempo, lo cual es poco probable, todavía nos quedarían unos 600 millones de años en los que podríamos disfrutar de este fenómeno. Sin embargo, al irse alejando la Luna de nuestro planeta, la intensidad de las mareas disminuirá, al igual que la fricción que producen, por lo que el ritmo de alejamiento será cada vez menor, y los cálculos indican que se podrán observar eclipses totales durante más de 1000 millones de años.

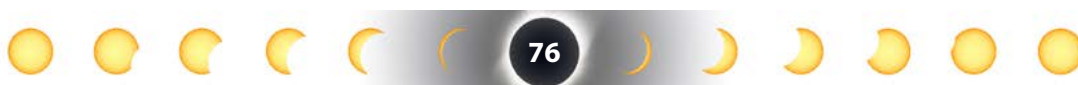


Imagen artística de la misión Solar Orbiter de la ESA que realizará observaciones del Sol desde diferentes órbitas excéntricas, llegando a una distancia mínima al Sol de 60 radios solares | ESA.

5

LA CIENCIA DE LOS ECLIPSES

5.1.- El Sol, nuestra estrella

El Sol es nuestra estrella, ubicada en el centro del sistema solar. En el contexto de nuestra galaxia, la Vía Láctea, el Sol es una estrella completamente estándar: tiene una masa baja-intermedia respecto al rango de masas estelares posibles, está en la etapa de su vida que denominamos secuencia principal, que es la etapa más larga y estable de la vida de las estrellas, y en el sistema de clasificación estelar espectral es de tipo G2V, con luminosidad y temperatura intermedias. Es decir, hay miles de millones de estrellas como la nuestra distribuidas por la Vía Láctea, y muchas más si consideramos otras galaxias. Y sin embargo en nuestro entorno inmediato el papel del Sol es esencial: su formación generó la existencia de todo el sistema solar, su masa actual supone el 99,86 % de la masa



Eclipses de Sol. Los eclipses “españoles” de 2026, 2027 y 2028

total del sistema planetario, es su principal foco de atracción gravitatoria y con ello mantiene unido todo el sistema, y es con mucha diferencia su principal fuente de energía. Es el objeto más brillante de nuestro cielo, con una magnitud de $-26,74$, lo que hace que muy pocos objetos o eventos astronómicos puedan ser visibles durante el día, cuando él está visible.

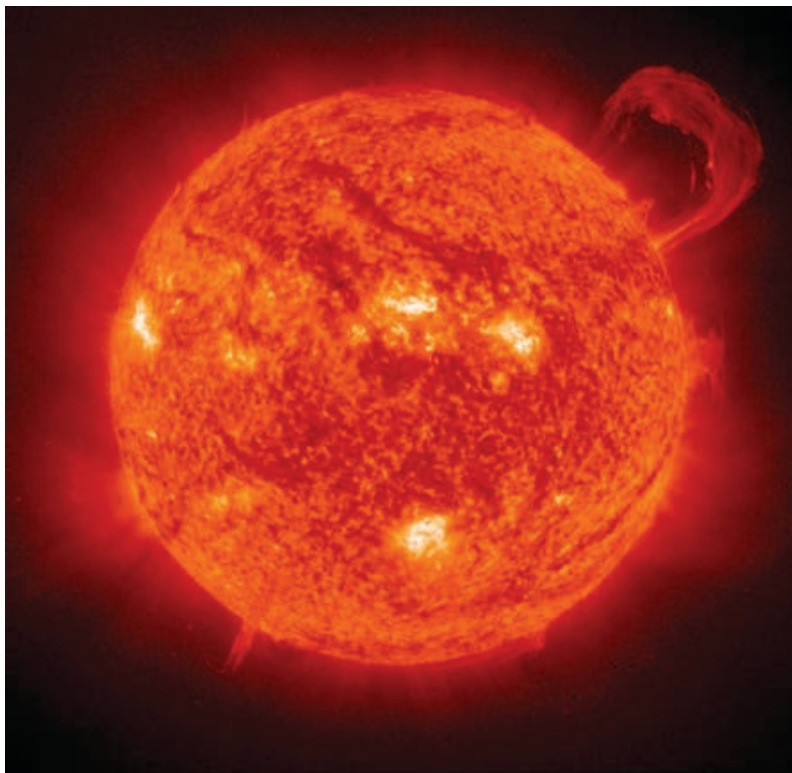
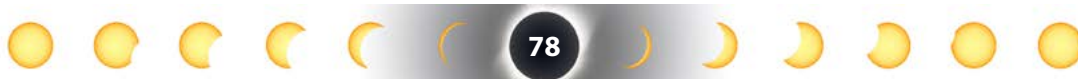


Imagen del Sol en ultravioleta tomada el 14 de septiembre de 1999 por el satélite SOHO | SOHO (ESA&NASA).

Nuestra estrella tiene un tamaño intermedio, con un radio de unos 700 000 km, y por lo tanto mucho menor que estrellas supergigantes como Rigel (radio de más de 70 veces el radio del Sol) o Antares (radio de ~ 680 veces el radio del Sol). Pero en comparación con la Tierra es muy masivo, ya que necesitaríamos 330.000 Tierras para igualar la masa del Sol, y un total de 1,3 millones de Tierras para rellenar todo su volumen. En cuanto a distancias, se encuentra a unos 150 millones de kilómetros de nuestro planeta, lo que hace que la luz que emite tarde unos ocho minutos en alcanzarnos.

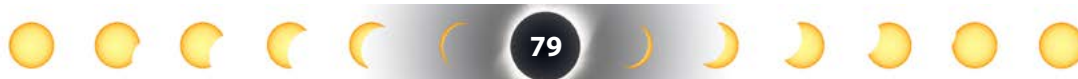
El Sol es una gran esfera de gas, compuesta en un 74,9 % de hidrógeno y un 23,8 % de helio, mientras que los elementos



más pesados suponen menos de un 2 % del total. Su estructura comprende diferentes regiones o capas. En el centro tenemos el núcleo, la zona más caliente, a más de 15 millones de grados Celsius, que es donde se producen las reacciones de fusión nuclear que transforman el hidrógeno en helio, y que generan la energía del Sol. La energía liberada por estas reacciones nucleares es la que mantiene a la estrella en equilibrio frente al colapso gravitatorio. Alrededor del núcleo solar están la zona radiativa y la convectiva, separadas por la zona de transición de la tacoclina. Estas capas transportan la energía que se genera en el núcleo hasta las capas más externas, y de ahí es radiada al espacio. Un fotón producido en el núcleo solar tarda unos 170.000 años en llegar a la zona superior de la capa convectiva.

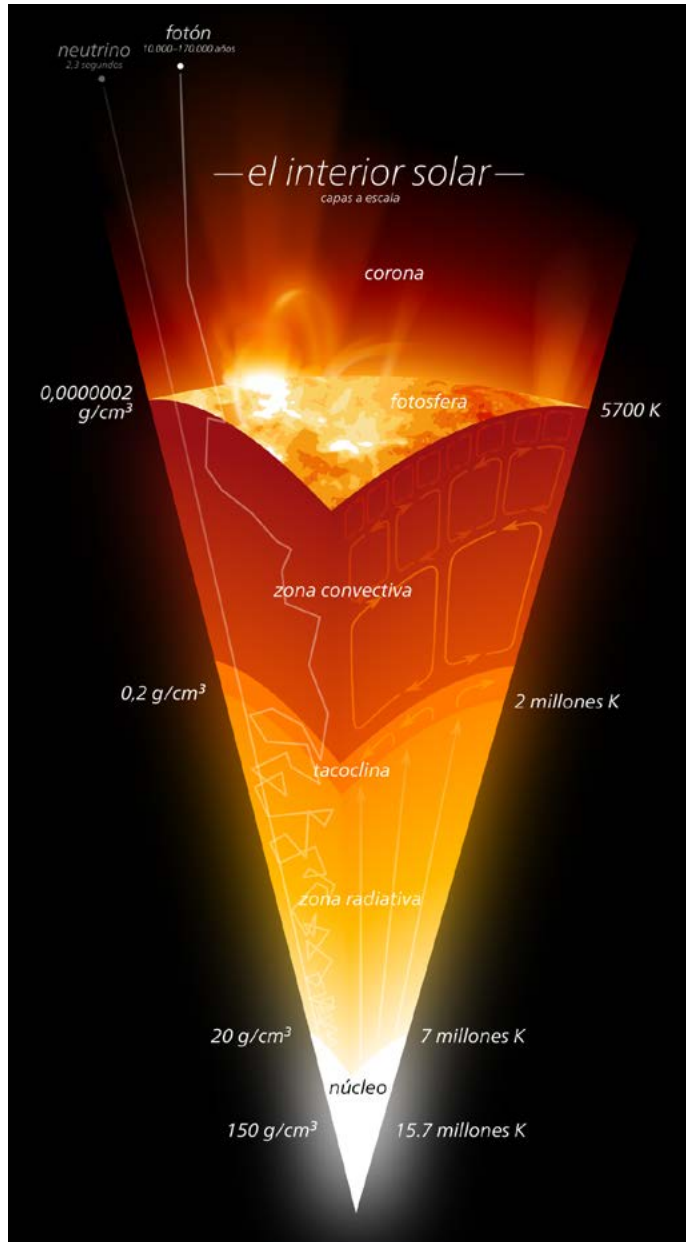
Por encima de la zona convectiva tenemos la fotosfera, a una temperatura de unos 5500 grados Celsius, y por tanto mucho más fría que el núcleo solar. Esta es la capa que consideramos como la superficie del Sol, aunque no es análoga a la superficie terrestre, ya que en este caso estamos hablando de gas. Se considera la superficie porque es la capa que emite la mayor parte de la luz visible del Sol, y por tanto la que vemos desde la Tierra con nuestros ojos (de nuevo conviene resaltar la importancia de no mirar nunca al Sol de forma directa, por el daño que puede generar en nuestra visión). El Sol es ópticamente opaco hacia el interior de la fotosfera, y por eso no podemos ver las capas internas.

Por encima de la fotosfera tenemos las dos capas que constituyen lo que llamamos la atmósfera solar, que son transparentes para nosotros: la cromosfera y la corona. La cromosfera es una capa delgada, con un grosor estimado de “solo” entre 3000 y 5000 kilómetros, compuesta por gases de baja presión. Por su parte, la corona es la capa más externa del Sol, formada por plasma de baja densidad que se extiende hasta millones de kilómetros en el espacio exterior. Está además muy caliente, con temperaturas que superan el millón de grados, y por tanto muy por encima de la temperatura de la fotosfera. Este enorme incremento de la temperatura hacia el exterior del Sol, que no puede responder a mecanismos térmicos, es uno de los mayores misterios que esconde aún nuestra estrella, y es un fenómeno en investigación. El material de la cromosfera y la corona es muy poco denso y por ello normalmente no podemos percibir la luz visible que emiten, porque es mucho más tenue que la de la brillante fotosfera. La excepción a esto la constituyen precisamente los eclipses totales de Sol.



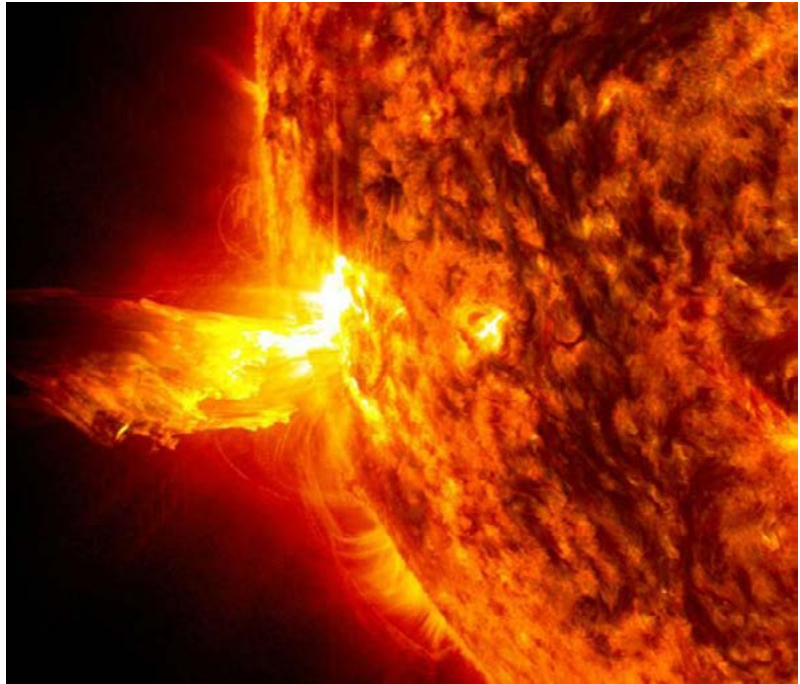
El Sol mantiene una importante actividad magnética, que genera intensos fenómenos en su superficie y sus capas atmosféricas. Estamos hablando de las erupciones o fulguraciones solares, grandes explosiones que se producen en algunos puntos de la atmósfera solar cuando se liberan grandes cantidades de energía debido a procesos de reordenación local relacionados con el campo magnético del Sol. En las fulguraciones se emite una gran cantidad de radiación al espacio. A menudo pueden estar acompañadas de eyecciones de masa coronal, en las que también se emiten partículas cargadas de la atmósfera solar, es decir, plasma. Parte de este material vuelve a caer al Sol, y eso genera estructuras en forma de arco que se ven en la superficie, mientras que otra parte se pierde en el espacio.

La radiación y el plasma emitidos por las fulguraciones y las eyecciones de masa coronal llegan a la Tierra y, aunque contamos con la protección de nuestro propio campo magnético, notamos sus efectos: pueden perjudicar a satélites o aviones a gran altitud, y generan las hermosas auroras boreales o australes que podemos ver cerca de los polos. El campo magnético solar varía en el tiempo, lo que produce ciclos casi periódicos de actividad solar de unos 11 años, que se reflejan en el número de manchas solares visibles en promedio sobre su superficie.



Esquema de la estructura del Sol, indicando capas y algunos de sus parámetros físicos.

Erupción solar en ultravioleta extremo, visto por el Solar Dynamics Observatory | NASA/SDO.



5.2 - La Luna, nuestro satélite natural

La Luna es el único satélite natural que tiene la Tierra. Se trata de un cuerpo rocoso, sin hidrosfera, atmósfera o campo magnético. La ausencia de atmósfera y de actividad tectónica produce su característico mapa de cráteres en superficie, causados por el impacto de diversos cuerpos a lo largo de su historia. También destacan los mares lunares, grandes explanadas de lava solidificada.

El sistema Tierra-Luna es un dúo excepcional debido a la relación de tamaños, ya que la Luna tiene un diámetro del orden de la cuarta parte del de la Tierra. Esto hace que sea uno de los mayores satélites naturales del sistema solar con respecto al tamaño del cuerpo en torno al que gira, solo superado por Caronte, el satélite principal de Plutón. Esta atípica relación de tamaños puede estar relacionada con el origen de la Luna, que se considera debido a los restos producidos por una colisión entre la Tierra y otro cuerpo de gran tamaño en las primeras fases de la formación del sistema solar. En tamaño absoluto la Luna es el quinto satélite más grande de nuestro sistema, tras Ganímedes, Titán, Calisto e Ío.





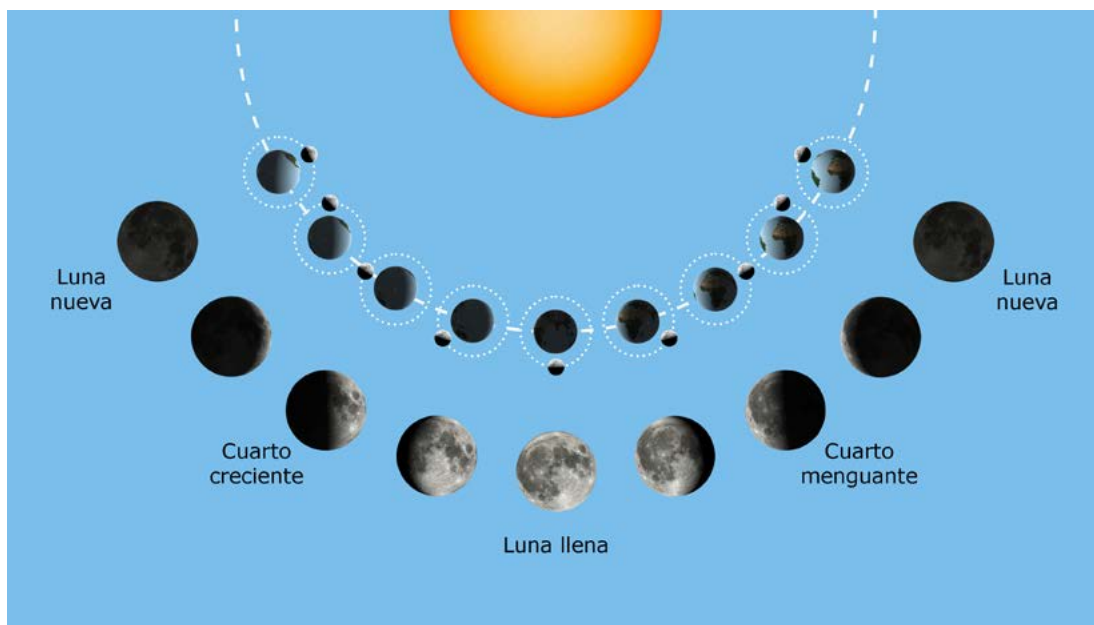
Luna casi en plenilunio,
vista desde la Tierra
| Luc Viatour.

Nuestro satélite está a una distancia media de la Tierra de unos 384 400 km, aunque la distancia real varía a lo largo de su órbita, ya que esta es ligeramente elíptica. Esto genera también una variación en su tamaño aparente en nuestro cielo. La Luna tarda 27 días, 7 horas y 43 minutos en completar una órbita exacta en torno a la Tierra (revolución sideral), pero transcurren 29 días, 12 horas y 44 minutos en situarse de la misma manera respecto al par Tierra-Sol (revolución sinódica), ya que en este caso hay que tener en cuenta el movimiento de traslación de la propia Tierra.

A lo largo del tiempo las fuerzas de marea existentes entre la Tierra y la Luna han producido la sincronización entre el periodo orbital de la Luna en torno a la Tierra y su periodo de rotación, por lo que el satélite siempre nos muestra la misma cara. En función de su posición en torno a la Tierra y a la iluminación que nuestro satélite recibe del Sol se producen las fases de la Luna, que describen si la vemos completamente iluminada (plenilunio o luna llena), solo parcialmente (luna creciente o



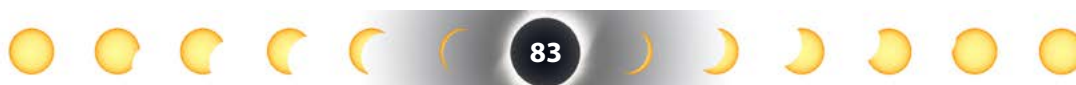
decreciente, según de qué manera esté progresando la porción iluminada), o sin iluminación y por tanto difícilmente perceptible (novilunio o luna nueva). Estas fases lunares han sido utilizadas en múltiples casos a lo largo de la historia de la humanidad para la medida del tiempo.



Fases de la Luna, que se producen en función de su posición a lo largo de su órbita en torno a la Tierra y nuestra percepción acerca de la iluminación que recibe del Sol | OAN.

La Luna ejerce un papel decisivo en las condiciones existentes en la Tierra: es la principal causa de las mareas (con una influencia significativa pero considerablemente menor del Sol) y su presencia estabiliza el eje de rotación de la Tierra, evitando con ello bruscos cambios estacionales. Las fuerzas de marea existentes entre Tierra y Luna producen además un efecto de ralentización en la rotación de la Tierra, alargando el día terrestre unos 17 microsegundos cada año, y un alejamiento de la Luna, cuya distancia a nuestro planeta aumenta en unos 3,8 centímetros al año.

Como hemos reiterado a lo largo de este volumen, son los alineamientos de Sol, Tierra y Luna los que producen los eclipses de Luna (cuando la Tierra se interpone entre los otros dos) y de Sol (cuando es la Luna la que se interpone y proyecta su sombra sobre la Tierra). El hecho de que desde la Tierra el tamaño angular aparente de la Luna y el Sol sean semejantes permite que algunos de los eclipses de Sol puedan ser totales, con un oscurecimiento completo de la superficie del astro.

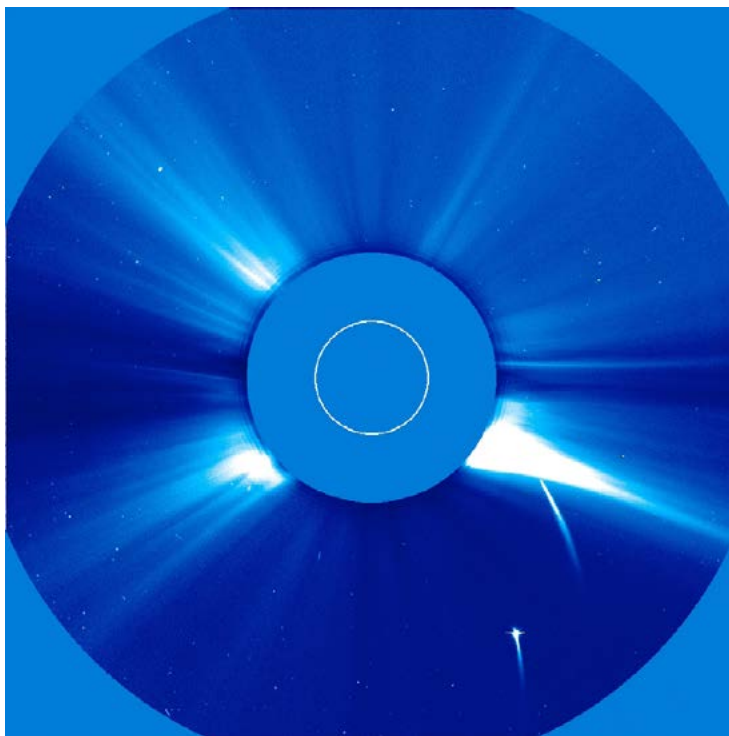


5.3.- Estudio de la corona solar: coronógrafos.

La luminosidad de la corona solar es una millonésima parte de la del Sol en su totalidad, por lo que habitualmente nos es imposible percibir de forma directa el brillo de esta capa de nuestra estrella. Esto solo podía hacerse durante los eclipses totales de Sol, en los que el disco lunar nos oculta el resto de la emisión del astro. Para superar esta limitación, el astrónomo francés Bernard Lyot inventó en 1931 un dispositivo, llamado coronógrafo, que simula un eclipse de Sol, bloqueando artificialmente la luz proveniente de la fotosfera y con ello permitiendo distinguir la contribución de la corona. El coronógrafo se puede acoplar a un telescopio, y su principal elemento es un disco opaco que oculta la imagen del Sol formada por otra lente.

La mayoría de coronógrafos se usan para el estudio de la corona solar, pero se han desarrollado también instrumentos que se basan en el mismo principio, llamados coronógrafos estelares, destinados a la observación de objetos débilmente iluminados cerca de una estrella u otra fuente de luz de alta intensidad. Es el caso de los que se utilizan para buscar planetas extrasolares o discos circumestelares alrededor de estrellas cercanas, o en el estudio de galaxias que albergan quasars o núcleos galácticos activos. Ejemplos de observatorios que incluyen coronógrafos son los telescopios espaciales Hubble (en particular en uno de sus instrumentos en el infrarrojo cercano llamado NICMOS) y Webb (en sus instrumentos en el infrarrojo cercano y medio NIRCам y MIRI). Estos instrumentos tienen además el beneficio añadido de estar situados fuera de la atmósfera terrestre, por lo que son más eficientes que los que se encuentran en los observatorios de la Tierra.

Imagen del Sol obtenida con coronógrafo por el satélite SOHO. Se pueden observar dos cometas que se acercan al Sol, además de las intensas emisiones de la atmósfera solar | SOHO (ESA & NASA).



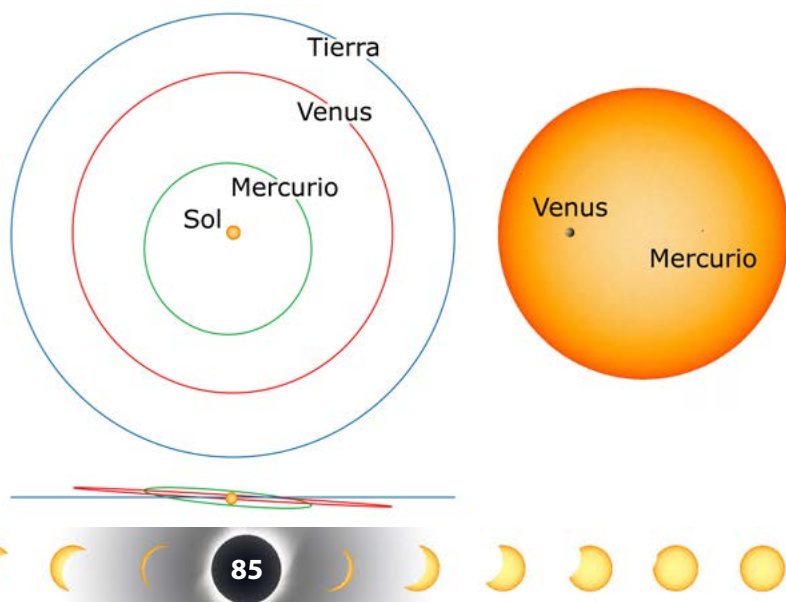
5.4.- Tránsitos de Mercurio y Venus

Los tránsitos ocurren cuando un planeta con una órbita interior (o más cercano al Sol) se alinea con otro con una órbita exterior (o más alejado) y el Sol. Se puede pensar, por tanto, que son unos tipos especiales de eclipses. En el caso de la Tierra, los tránsitos se dan con los planetas interiores, esto es, Mercurio y Venus, que vemos aparecer delante del Sol. Los tránsitos son fenómenos mucho menos frecuentes que los eclipses de Sol, ya que la Luna, al estar más cerca de la Tierra que Mercurio o Venus, tiene un período sinódico (período orbital observado desde la Tierra) mucho menor que el de dichos planetas.

Análogamente a lo que ocurre con los eclipses de Sol y Luna, los tránsitos solo ocurren cuando el planeta más interior se encuentra en su conjunción inferior, es decir, alineado entre el Sol y la Tierra. Para ello debe estar muy cerca de uno de los nodos de su órbita, que son los dos puntos en los que su órbita cruza el plano de la órbita terrestre, pues solo en este caso se produce el alineamiento casi perfecto de los tres astros.

La ligera inclinación que tiene la órbita de cada uno de los planetas con respecto de la de los demás, hace que la alineación de los astros sea poco probable. Esta ligera inclinación es suficiente para que en la mayoría de ocasiones no se vea el planeta interior pasar por delante del disco solar, sino por encima o por debajo de él. En el caso particular de Mercurio y Venus, la inclinación de la órbita de Mercurio con respecto de la de la Tierra es de $7,0^\circ$, mientras que la de Venus es de $3,4^\circ$.

Órbitas de Mercurio
Venus y la Tierra,
tamaños aparentes
de Mercurio y Venus
comparados con el
Sol y la vista de perfil
de las órbitas de Mercurio y
Venus con respecto a la
de la Tierra | OAN.



A pesar de que la inclinación de la órbita de Venus (más de 3°) es menor que la de Mercurio (algo mayor a 7°), la menor distancia de Venus a la Tierra en sus cruces con el Sol hace que en la actualidad pase hasta casi 9° por encima o por debajo del disco solar, mientras que en el caso de Mercurio esta distancia angular no llega a 5° . Recordemos que el Sol tiene poco más de medio grado de diámetro angular ($32'$) visto desde la Tierra.

La diferencia del número de conjunciones inferiores por siglo de estos dos planetas viene dada por el periodo sinódico (tiempo transcurrido desde que un objeto reaparece en el mismo punto respecto al Sol y la Tierra) de ambos. Mercurio, al encontrarse más cerca del Sol, tiene un menor periodo de 116 días, y 315 conjunciones por siglo. Venus, en cambio, con un mayor periodo de 584 días, no tiene más que 62 o 63. Considerando únicamente estos dos factores, se puede estimar que la frecuencia de los tránsitos de Venus es diez veces menor que la de Mercurio.

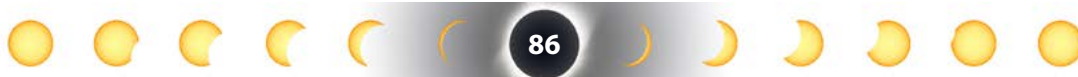
En 1631 ocurrió una rara situación, que volvió a darse en 1769 y no volverá a ocurrir hasta finales de 2611. Se trata de un tránsito de ambos planetas en el mismo año. Sin embargo, en un mismo día no pueden ocurrir ambos tránsitos ya que la orientación de la línea de los nodos de Mercurio y la de Venus no coinciden actualmente.

5.4.1.- Tránsitos de Mercurio

Los nodos de la órbita de Mercurio son alrededor del 10 de noviembre (ascendente) y del 8 de mayo (descendente). Los tránsitos, por tanto, suelen ser en torno a estas fechas, dándose con mayor frecuencia los que ocurren en noviembre. El nodo ascendente ocurre cuando un planeta cruza el plano de la eclíptica de abajo hacia arriba. El nodo descendente ocurre en la posición opuesta, cuando se cruza el plano de la eclíptica de arriba hacia abajo.

Otra característica que distingue ambos tránsitos es la duración del mismo cuando el planeta pasa por el centro del Sol. Debido a que el tránsito ascendente ocurre cuando Mercurio está más cerca del Sol, éste se mueve más rápido, reduciendo la duración respecto a los tránsitos descendentes, que ocurren cuando el planeta está más lejos del Sol. La diferencia entre ambas duraciones puede ser algo mayor a las 2 horas: en mayo pueden llegar a las casi ocho horas frente a las cinco y media de noviembre.

En el siglo actual habrá un total de 14 tránsitos, cinco en mayo y nueve en noviembre. De ellos, cinco son visibles completos desde todo el territorio español, en seis es visible solo una parte del tránsito o es visible parcialmente en algunas regiones del territorio,



y cuatro no son visibles. El último se produjo el 11 de noviembre de 2019 y el próximo, completo si nos desplazamos a las islas Baleares, ocurrirá el 13 de noviembre de 2032 y el siguiente completo desde todo el territorio no será hasta el 7 de mayo de 2049.

Las observaciones de los tránsitos de Mercurio realizadas durante el siglo XIX revelaron pequeñas discrepancias con las efemérides calculadas, lo que condujo al descubrimiento del anómalo avance del perihelio de Mercurio, que arrastraba el resto de la órbita también. Extrapolando las observaciones disponibles, se concluyó que el perihelio y la órbita de Mercurio completan un giro alrededor del Sol aproximadamente cada 227 000 años, más o menos. Los cálculos teóricos mediante el uso de la ley de Newton, sin embargo, predecían un giro de 240 000 años. Un pequeño error que, sin embargo, revelaba una discrepancia entre las observaciones y la teoría de gravitación de Newton que en vano se intentaron explicar mediante la búsqueda de otros planetas o cinturones de asteroides que pudieran causar este comportamiento. No fue hasta noviembre de 1915 cuando el físico Albert Einstein lo pudo justificar, con la que probablemente fue su mayor satisfacción científica, mediante la teoría que estaba desarrollando conocida como teoría general de la relatividad, constituyendo el primero de los fenómenos que se explicó mediante la misma. Como veremos en detalle en el capítulo siguiente, en el eclipse de Eddington de 1919 se pudieron medir igualmente desplazamientos de las trayectorias de las estrellas en el momento del eclipse de acuerdo con las predicciones de esta teoría.



Diversas actividades realizadas en el Observatorio Astronómico Nacional con motivo del tránsito de Mercurio del 11 de noviembre de 2019 | OAN.



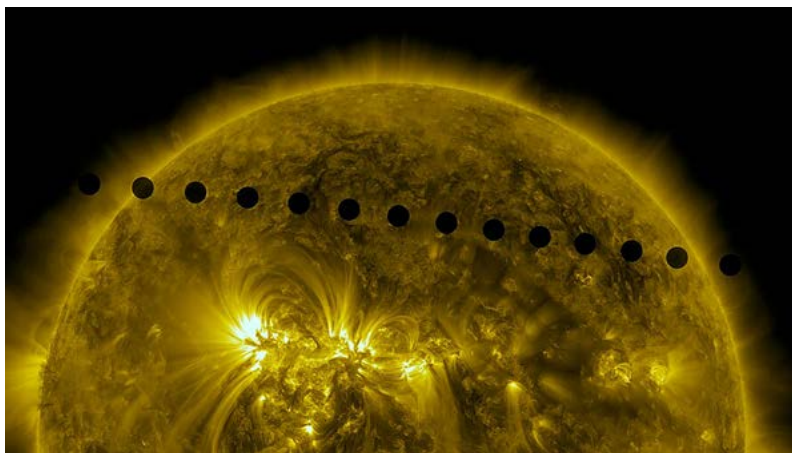
5.4.2.- Tránsitos de Venus

Los tránsitos de Venus son unos fenómenos muy poco frecuentes, ocurriendo de media dos veces un periodo algo superior a un siglo. Suelen darse por pares separados de ocho años, aunque también pueden ser individuales. Actualmente se alternan separaciones de 105.5 y 121.5 años entre los pares de intervalos.

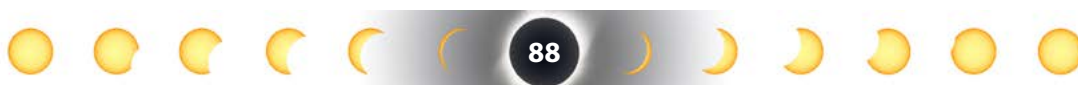
El último par de tránsitos de Venus ocurrió el 8 de junio de 2004 y el 5 de junio de 2012. El primero fue visible en todas sus fases desde todo el territorio peninsular pero el segundo terminaba al amanecer en el este peninsular, por lo que apenas fue visible. El próximo par de tránsitos tendrá lugar los días 11 de diciembre de 2117 y 8 de diciembre de 2125. El primero no será visible en el estado español y el segundo será visible en su inicio al atardecer.

Los nodos de la órbita de Venus son actualmente en la primera mitad de junio (descendente) y primera mitad de diciembre (ascendente) y apenas hay diferencia entre la frecuencia de los que se dan en uno u otro nodo. Los tránsitos del nodo ascendente son ligeramente menos probables debido a que Venus se encuentra más cerca de la Tierra y más lejos del Sol, ocurriendo que a veces en estas fechas se produzca un único tránsito y no en un par. Excluyendo los casos en los que Venus roza el disco solar sin pasar la totalidad de su proyección por delante del Sol, se producirán 46 entre los años -2000 y 6000 tránsitos en el nodo ascendente y 51 en el descendente.

La duración del tránsito puede ser desde 14 minutos a más de una hora. En el nodo ascendente, la duración máxima de un tránsito central es de algo más de ocho horas. La inclinación de la trayectoria de Venus sobre el disco del Sol es de unos 9° .



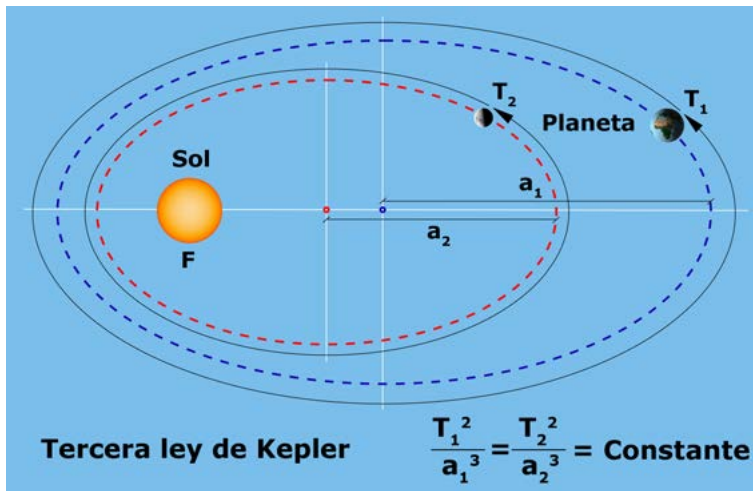
Secuencia del tránsito de Venus del 2012 capturado por el Observatorio Dinámico Solar | NASA.



5.4.3.- Tránsitos históricos y la medida de la distancia al Sol

Al igual que a lo largo de la historia los eclipses han sido fuente de diverso aprendizaje científico, la observación y medida de los tránsitos ha sido también una herramienta utilizada para medir la distancia y tamaños de distintos objetos del sistema solar.

Los primeros intentos de medida del tamaño de la Tierra se las debemos a Eratóstenes de Cirene (año 240 a. C.), que mediante la diferencia de tamaño de la sombra que observó en un mismo día en Alejandría y otra ciudad donde sabía que en ese día no había sombra situada en el trópico de Cáncer, estimó el tamaño de la circunferencia de la Tierra. Aristarco de Samos, un contemporáneo de Eratóstenes, propuso métodos geométricos de las posiciones relativas de la Luna, el Sol y la Tierra en distintos momentos de la fase lunar para medir las distancias y tamaños relativos de estos objetos. Aristarco obtuvo erróneamente que la distancia al Sol era tan sólo 19 veces mayor que la distancia a la Luna, lo que llevó durante siglos a los astrónomos a obtener un valor erróneo de la distancia al Sol, ya que todos aceptaron el resultado de Aristarco como válido.



Tercera ley de Kepler
| OAN.

En el siglo XVII, el astrónomo Johannes Kepler introdujo la relación entre el periodo de traslación de cada planeta alrededor del Sol con el tamaño de su órbita en su tercera ley, según la cual el cuadrado del periodo es proporcional al cubo del tamaño de la órbita. En aquella época se desconocía la existencia de los planetas del sistema solar más alejados del Sol que Saturno. Sin embargo, se

conocían los periodos de los planetas hasta Saturno, con lo que, gracias a la tercera ley de Kepler, para deducir el resto de tamaños de órbitas bastaba con conocer el tamaño de una sola órbita, por ejemplo determinando la distancia al Sol. Además, Kepler llegó a la conclusión de que el método propuesto por Aristarco no era lo suficientemente preciso y que la distancia al Sol tenía que ser, al menos, 3 veces mayor de lo que se había supuesto.

LA PRIMERA COLABORACIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL

El 30 de abril de 1760, **Joseph-Nicolas Delisle** se dirigió a sus colegas de la Academia de Ciencias de París para que recogieran el guante que **Edmond Halley** había arrojado en 1716 y activaran la colaboración internacional para observar el tránsito de Venus que se produciría el 6 de junio de 1761, que permitiría calcular la distancia entre la Tierra y el Sol.

Preparó este mapa, para facilitar la observación del tránsito, en el que dibujó las zonas en que sería visible. La zona azul corresponde a aquellos lugares donde solo es visible la entrada de Venus y una parte de su curso a través del disco solar, en la zona amarilla se observa parte del recorrido y la salida del planeta, en el área de color rojo se observa la totalidad del fenómeno y en el resto, no es observable. Las rutas comerciales y coloniales de los países europeos que se extendían por todo el globo permitirían viajar a los lugares más remotos, a pesar de la guerra de los Siete Años con Gran Bretaña y Francia enfrentados.

Francia envió a Le Gentil a Puducherry (India), a Pingré a isla Rodrigues y a Chappe a Tobolsk (Siberia). Los ingleses enviaron una expedición a la isla de Santa Elena dirigida por Maskelyne y un segundo equipo con Mason y Dixon a Sumatra.

Los científicos de toda Europa, más cerca de casa, se prepararon para el esperado día: en Múnich, Varsovia, Roma, Viena, Ámsterdam y otras ciudades europeas revisaron sus instrumentos, ajustaron sus relojes y esperaron a Venus.



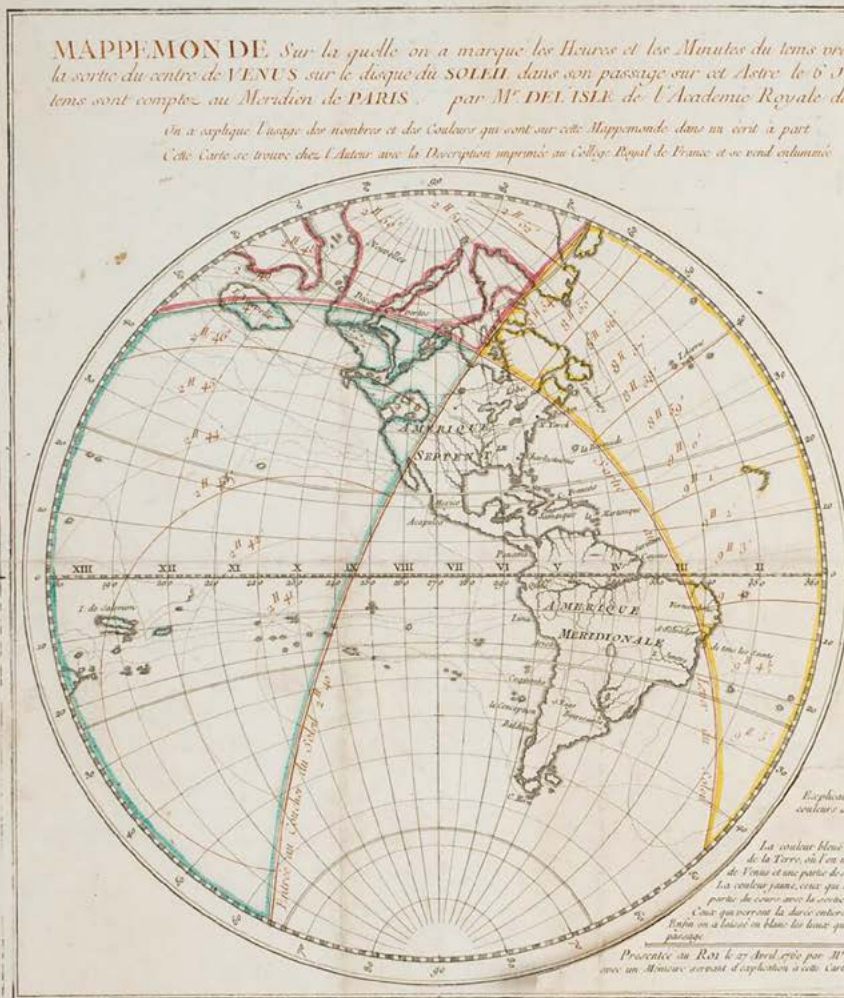
1.- NEVIL MASKELYNE

Partió de Inglaterra rumbo a la isla de Santa Elena en enero de 1761 acompañado de varios buques armados que navegaban rumbo a las Indias Occidentales. Llegaba a Jamestown (único puerto de la isla) el 6 de abril.

Le resultó difícil encontrar un lugar adecuado para su observatorio: los valles tenían mejor

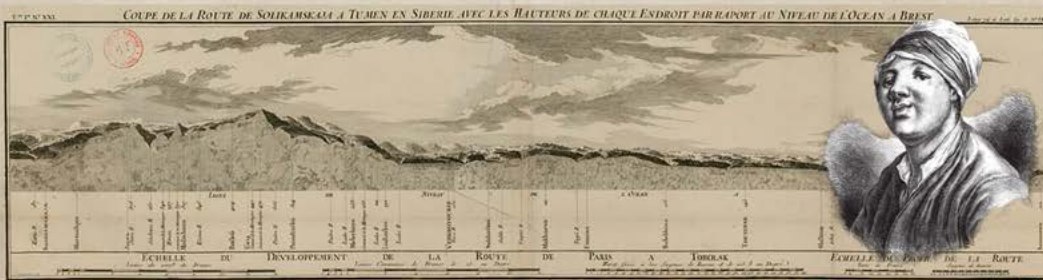
acceso pero los montes circundantes impedían la observación y las zonas más elevadas estaban continuamente cubiertas por la niebla (los mismos problemas que tuvo Halley al observar aquí el tránsito de Mercurio en 1677).

Observó Venus de forma intermitente por la nubosidad y el «efecto de la gota negra» en el comienzo de la salida de Venus del disco solar hizo dudar de su grado de exactitud. Aprovechó su viaje a Santa Elena para desarrollar un método de cálculo de la longitud llamado método de la distancia lunar.



2- CHARLES MASON Y JEREMIAH DIXON

Fueron elegidos por la Royal Society para ir a Bencoolen (Sumatra) para observar el tránsito. Zarparon el 6 de enero de 1761 y cuatro días después su barco fue atacado por una fragata francesa y tuvieron que regresar. Quisieron cancelar la expedición pero la Royal Society no se lo admitió. En su segundo viaje no habrían llegado a tiempo a Sumatra (además Bencoolen había caído en manos francesas), por lo que hicieron escala en Ciudad del Cabo (Sudáfrica), donde instalaron su equipo en una pequeña estructura circular cubierta con una lona y con un techo cónico que podía abrirse a cualquier parte del cielo. Sabían que no verían la entrada de Venus porque sucedería antes del amanecer, pero obtuvieron mediciones precisas del comienzo y final de la salida del planeta del disco solar. Fue la única observación exitosa en el hemisferio sur.



3.- JEAN BAPTISTE CHAPPE D'AUTEROCHE

Inició su viaje a Tobolsk (Siberia) a finales de noviembre de 1760, pero el último barco que sale de Holanda hacia San Petersburgo ya había zarpado. Decide viajar con todo su equipo por tierra. Sale de Brest para pasar por Estrasburgo, Múnich, Viena, Varso-

via y, por fin, San Petersburgo, donde consigue autorización para continuar hacia Siberia, en trineo y a través de rutas fluviales congeladas, hasta llegar a Tobolsk el 10 de abril (en la imagen, una de las 5 láminas con la sección transversal de los caminos que Chappe tenía que recorrer). Pudo observar el eclipse lunar del 18 de mayo, lo que le permitió calcular la longitud de Tobolsk. Aquella primavera trajo inundaciones y los campesinos de la zona le acusaron de ser el causante con sus extraños aparatos. Tuvo que ser protegido por un grupo de cosacos para observar el tránsito del 6 de junio. Pudo observarlo convencido de la exactitud de sus observaciones. Su viaje había merecido la pena.

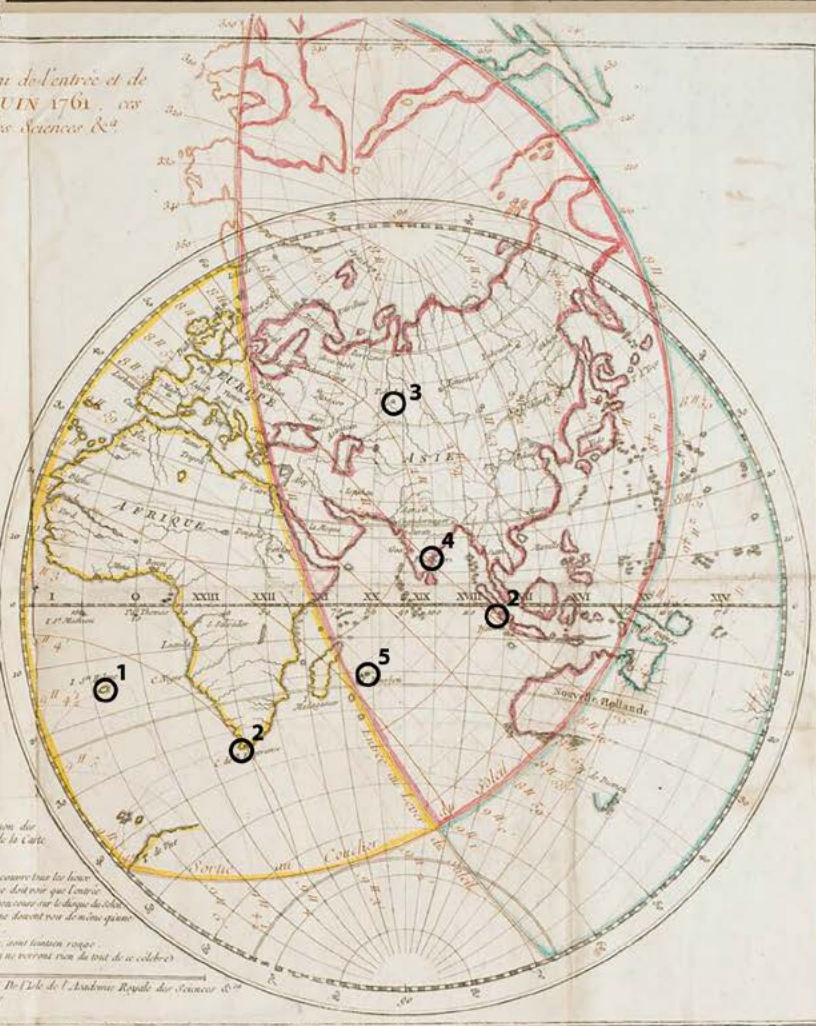
4.- GUILLAUME LE GENTIL

Organizó una expedición que salió de Francia hacia Puducherry (India), colonia francesa en la época. A punto de llegar, Puducherry había caído en manos inglesas, por lo que tuvo que huir hasta isla Mauricio (entonces, Île de France). El 6 de junio de 1761 se produjo el tránsito de Venus mientras Le Gentil estaba navegando.



Pudo observarlo, pero la falta de estabilidad y la imprecisión de su posición hicieron que sus datos fueran inutilizables.

Decidió permanecer en la región hasta el siguiente tránsito (1769), y se trasladó de nuevo a Puducherry una vez terminada la guerra. El día del tránsito el cielo estaba cubierto y tampoco pudo conseguir su objetivo.



5.- ALEXANDRE GUY PINGRÉ

La expedición del canónigo Pingré fue enviada por la Real Academia de Ciencias de Francia para observar el tránsito desde la isla de Rodrigues, cerca de Madagascar. Partió de Lorient el 9 de enero de 1761 tras semanas de espera por las disputas por el exceso de equipaje (telescopio, cuadrantes, gran reloj de péndulo...) del astrónomo. Después de rodear el cabo de Buena Esperanza divisaron un barco de suministro francés que había sido atacado por los británicos. El barco de Pingré tuvo que acompañarlo y protegerlo hasta Mauricio, por lo que el retraso se acumulaba y peligraba su llegada a Rodrigues en plazo. Por fin, el 28 de mayo, a solo nueve días del tránsito, Pingré pisaba la isla. Con muy poco tiempo para los preparativos, observó el fenómeno al aire libre sin poder construir un mínimo observatorio. El astrónomo pudo ver Venus ocasionalmente a través de pequeños claros, admitiendo que sus mediciones se hicieron «apresuradamente a causa de las nubes».

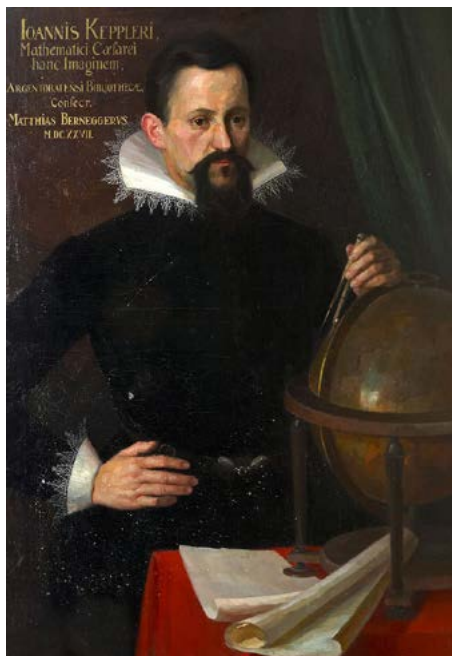


Kepler inició el método que hacía uso de los tránsitos para medir el tamaño relativo de los planetas con respecto al Sol, pero debido a errores de cálculo de sus efemérides, el primer cálculo siguiendo este método lo realizaron otros dos astrónomos que determinaron que el tamaño angular de Mercurio es cien veces menor que el del Sol y que el de Venus es veinticinco veces menor, valor muy parecido al obtenido por Galileo directamente con un telescopio.

En el mismo siglo, Edmund Halley intentó determinar la distancia a Mercurio combinando sus medidas y las obtenidas por otro astrónomo durante el tránsito de Mercurio del 7 de noviembre de 1677, pero sin éxito. Defendió durante décadas que el mejor método para medir la distancia al Sol era mediante tales medidas durante los tránsitos y que era más conveniente realizarlas durante un tránsito de Venus, para facilitar la medida de ángulos y la observación del planeta en el disco solar.

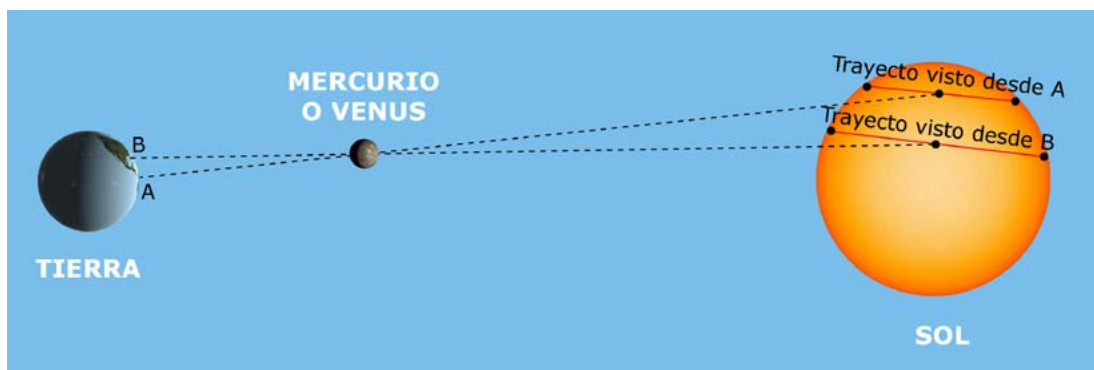
Su método consistiría en medir la duración del tránsito desde lugares a distintas latitudes. En cada lugar se medirían distintos intervalos de tiempo con la precisión que permitían los relojes de péndulo de la época (y suficiente para diferenciar distintas longitudes de recorrido). La diferencia entre longitudes de los recorridos permitiría deducir el ángulo de separación entre ambos recorridos y, conociendo la distancia geográfica que separaba a los distintos observadores, se podría calcular la distancia al planeta. Conocida esta y las distancias relativas de los planetas al Sol (por la tercera ley de Kepler), sería posible determinar la distancia absoluta de la Tierra (y de Venus) al Sol.

El primer tránsito de Venus en que se podía probar este método iba a tener lugar el 6 de junio de 1761, seguido de otro en 1769. A pesar de que Halley para entonces habría fallecido, propuso distintos emplazamientos desde los que observar el tránsito, sugiriendo una colaboración entre distintos países europeos que podían hacer las medidas en las distintas colonias que tenían a lo largo del globo. Este fue el primer proyecto científico mundial de la



Retratos de Johannes Kepler (autor desconocido) y Edmund Halley (Sir Godfrey Kneller).

historia, tanto por las expediciones por todo el planeta como por las nacionalidades de los distintos astrónomos que lo llevaron a cabo. En total hubo unos 120 astrónomos repartidos en más de 60 lugares. Incluso se consiguió que los países en guerra acordaran no interferir en las expediciones. Sin embargo, la realidad fue otra. Varios astrónomos como los franceses Pingré o Le Gentil o los ingleses Mason y Dixon fueron perseguidos, atacados y hasta capturados por la flota enemiga. El francés Chappe tuvo que realizar una parte del recorrido en trineo tras perder su barco. El que tuvo el viaje más accidentado fue Le Gentil, que no consiguió llegar a su destino, sitiado por distintos colonos durante su viaje, limitándose, por tanto, a observar el tránsito desde su barco desde una posición desconocida en el mar. Todo el esfuerzo sirvió para estimar la distancia al Sol con una incertidumbre demasiado grande, del 12 %, dando un valor entre 124 y 159 millones de km.



Esquema del método de Halley para medir la distancia al planeta que realiza el tránsito | OAN.

El siguiente tránsito de Venus se produjo el 3 de junio de 1769 y fue observado en mejores condiciones y con la lección aprendida de la primera vez. Se distribuyeron más de 150 astrónomos en unos 80 lugares. Una de esas misiones se le encargó al navegante James Cook, que realizó su primer viaje desde Inglaterra hasta Tahití para llevar a bordo a un astrónomo que observara este tránsito y a un naturalista para que lo inmortalizara. A pesar de que sólo una parte de las observaciones se pudieran llevar a cabo y de las distintas dificultades e incertidumbres del análisis de los datos obtenidos, el resultado dio un rango de valores de la distancia al Sol de entre 149 y 157 millones de km, reduciendo la incertidumbre anterior. En ese momento se aceptó tomar la distancia al Sol como la media de los dos valores extremos, esto es, 153 millones de km, con una incertidumbre todavía insatisfactoria. El astrónomo francés Joseph Jérôme Lefrançois de Lalande solucionó el problema de la incertidumbre cuando analizó de

Eclipses de Sol. Los eclipses “españoles” de 2026, 2027 y 2028

nuevo los datos e hizo uso del método de los mínimos cuadrados inventado por Johann Carl Friedrich Gauss unos años antes, obteniendo un valor medio de $153,5 \pm 0,7$ millones de km para la distancia al Sol.

Durante el siglo XIX se decidió volver a realizar campañas para observar los dos siguientes tránsitos de Venus, del 9 de diciembre de 1874 y el 6 de diciembre de 1882, ya que otros métodos obtenían para la distancia al Sol un valor de 147 millones de km. La mejora de la instrumentación y la profesionalización de los astrónomos impulsó la inversión en dinero y esfuerzo en el primero de los tránsitos, volviendo a realizar múltiples expediciones para realizar las medidas. Sin embargo, se volvieron a enfrentar a muchos problemas que incluyeron la pérdida de datos o las diferencias individuales entre los distintos datos tomados. Esto hizo que no se tuvieran tantas expediciones en el segundo de los tránsitos, que se observó principalmente desde distintos países de Europa y EE. UU. El astrónomo William Harkness recopiló, desde EE. UU., todos los datos de los dos últimos tránsitos y obtuvo un resultado de $148,8 \pm 0,2$ millones de km para la distancia al Sol. Considerando también los datos del siglo anterior y con valores mejorados de las longitudes geográficas donde se observaron, el astrónomo estadounidense Simon Newcomb obtuvo una distancia al Sol similar, de $149,6 \pm 0,4$ millones de km.

Observatorio de campaña instalado en Nueva Gales del Sur (Australia) para la observación del tránsito de 1874.

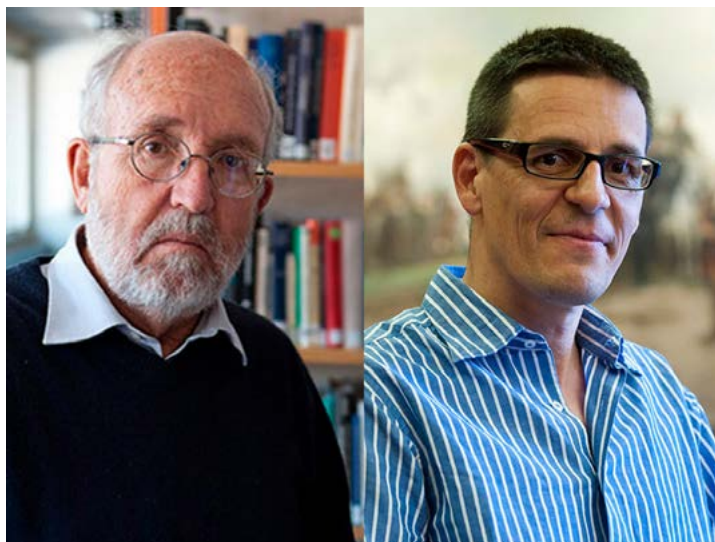


Al finalizar el siglo XIX la distancia al Sol se había medido con una precisión de 1/1000. En el siglo XX no hubo tránsitos de Venus, pero con diversos métodos se ha conseguido aumentar la precisión de la medida de distancia al Sol notablemente. Si en el siglo XIX la incertidumbre era de centenares de miles de km, hoy en día se conoce la distancia con una precisión de 3 m, mejor lograda en el último siglo. En 2012 la Unión Astronómica internacional adoptó como unidad de longitud para las medidas de distancias en el sistema solar y a otras estrellas la “unidad astronómica” (au) con un valor de 149.597.870.700 m.

5.5.- Tránsitos exoplanetarios

Desde hace unas décadas nuestro censo de planetas conocidos va mucho más allá del sistema solar. En 1992 los radioastrónomos Aleksander Wolszczan y Dale Frail descubrieron tres planetas orbitando un púlsar, es decir, una estrella de neutrones rotando a gran velocidad. Apenas unos pocos años más tarde, en 1995, los astrónomos Michel Mayor y Didier Queloz confirmaron la detección del primer planeta externo al sistema solar orbitando en torno a una estrella de secuencia principal, es decir, análoga a nuestro Sol en cuanto a su fase evolutiva. Estos primeros planetas lejanos, llamados exoplanetas por no pertenecer a nuestro propio sistema planetario, inauguraron una lista de detecciones que se ha incrementado rápidamente con los años. En las fechas en las que escri-

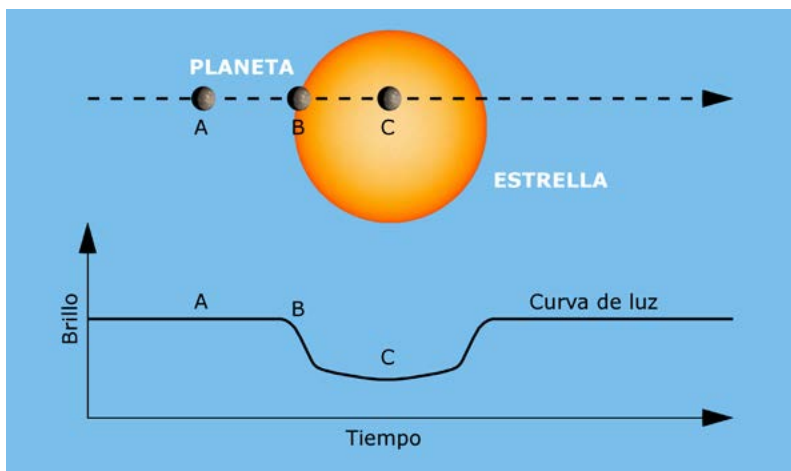
Michel Mayor y Didier Queloz, premios Nobel de Física 2019.



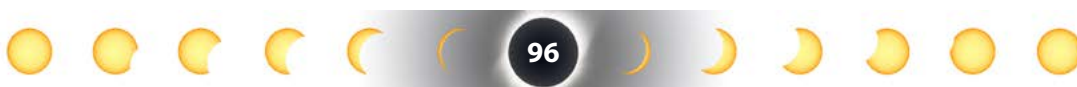
bimos este volumen, inicios de 2025, hay más de 5800 exoplanetas confirmados. El aumento de este número está relacionado directamente con la existencia de misiones espaciales y telescopios que se centran específicamente, o que dedican una parte importante de su tiempo, a la búsqueda de exoplanetas o a su caracterización. Es el caso por ejemplo de los telescopios espaciales Kepler o TESS (NASA), CoRoT (CNES/ESA), Cheops (ESA) o las futuras misiones europeas PLATO y Ariel (ESA).

La mejora de nuestra capacidad observacional ha permitido que ampliemos el rango de las propiedades físicas de los exoplanetas que somos capaces de encontrar. Mientras que las primeras detecciones, como la de 1995, correspondían a planetas muy masivos que orbitaban muy cerca de sus estrellas, en la actualidad observamos planetas incluso del tamaño de la Tierra. El descubrimiento de exoplanetas ha impulsado fuertemente además la búsqueda de vida extraterrestre, ahora que somos conscientes del gran número de planetas con algunas similitudes con la Tierra que existen en nuestra galaxia. Se está desarrollando particularmente el estudio de las atmósferas exoplanetarias, ya que estas nos pueden aportar información clave sobre las condiciones existentes en sus planetas, e incluso llegar a mostrar huellas generadas por la existencia de vida.

Existen diversos métodos para detectar exoplanetas, y uno de los más exitosos es el de los tránsitos exoplanetarios. Hablamos de tránsito en el sistema solar cuando un planeta pasa, desde el punto de vista de la persona observadora, por delante del Sol, como es el caso de los tránsitos de Mercurio y Venus descritos en este mismo capítulo. Podemos describir el fenómeno análogo cuando un exoplaneta pasa, desde nuestro punto de vista, por delante de la estrella en torno a la cual orbita, ocultando con ello un cierto porcentaje de su superficie y disminuyendo su luminosidad. Estamos hablando en condiciones generales de estrellas tan lejanas y planetas tan pequeños que no podemos observar directamente al planeta realizando el tránsito, pero sí somos capaces de detectar esa pequeña disminución de la luminosidad de la luz de la estrella que se produce como consecuencia.



Esquema de la disminución de la curva de luz de una estrella debido al tránsito de un planeta | OAN.

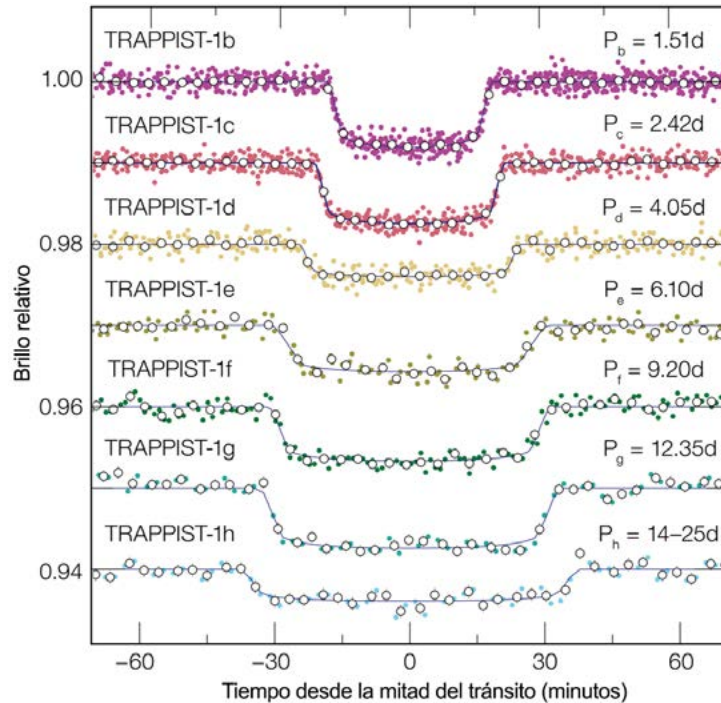


El porcentaje de disminución de la luz de la estrella va a depender del tamaño relativo entre estrella y planeta (o dicho de otra forma, del porcentaje de la superficie de la estrella que el planeta nos oculte), por lo que nos da información sobre el tamaño del planeta, y la duración del tránsito nos da información sobre su periodo orbital, y con ello sobre su distancia a la estrella (magnitudes relacionadas por la tercera ley de Kepler).

En la imagen que acompaña este texto vemos las curvas de luz generadas por los tránsitos de los siete planetas que orbitan la estrella enana roja TRAPPIST-1. Los planetas más grandes producen tránsitos más profundos, y los planetas más lejanos dan lugar a tránsitos más largos.

Disminución en la curva de luz de la estrella TRAPPIST-1 generadas por los tránsitos de los siete planetas que la orbitan | ESO/M. Gillon et al.

Planetas del sistema TRAPPIST-1 con su distancia a la estrella, radio y masa | NASA/JPL-Caltech.



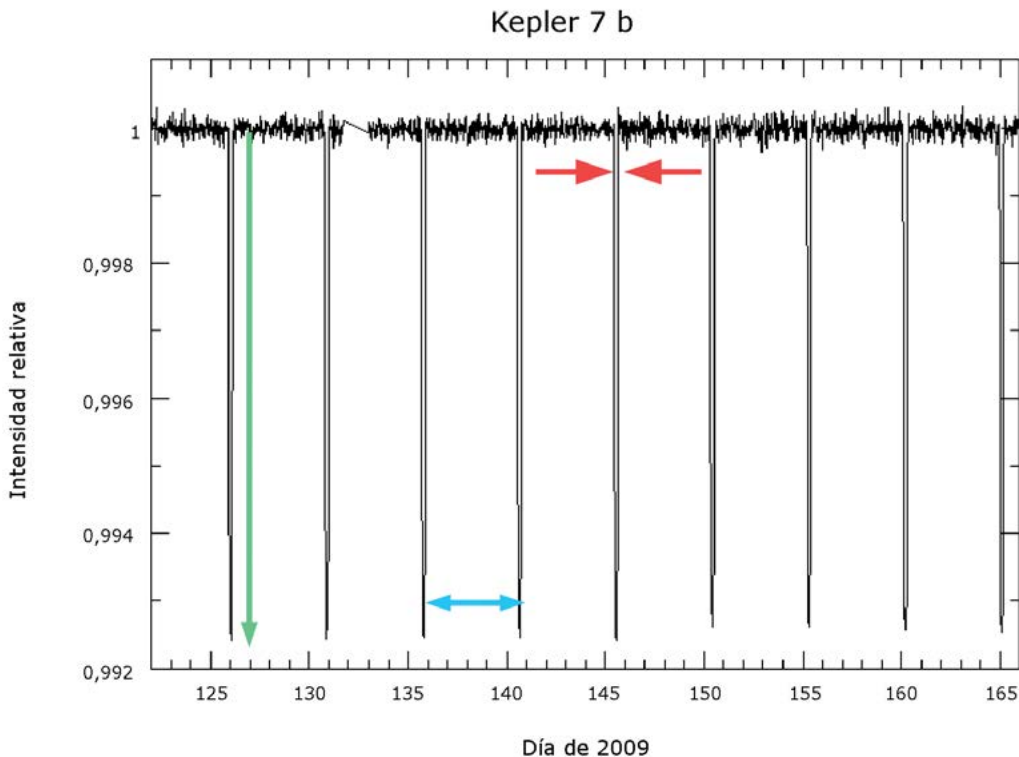
Sistema TRAPPIST-1	b	c	d	e	f	g	h
Distancia a la estrella	0.0115 ua	0.0158 ua	0.0223 ua	0.0293 ua	0.0385 ua	0.0469 ua	0.0619 ua
Radio del planeta	1.12 R_{Tierra}	1.10 R_{Tierra}	0.78 R_{Tierra}	0.91 R_{Tierra}	1.05 R_{Tierra}	1.15 R_{Tierra}	0.77 R_{Tierra}
Masa del planeta	1.02 M_{Tierra}	1.16 M_{Tierra}	0.30 M_{Tierra}	0.77 M_{Tierra}	0.93 M_{Tierra}	1.15 M_{Tierra}	0.33 M_{Tierra}



Eclipses de Sol. Los eclipses “españoles” de 2026, 2027 y 2028

El método de los tránsitos tiene un importante sesgo observacional, basado en que solo es aplicable a sistemas planetarios orientados “de canto” respecto a la Tierra, es decir, donde estemos situados prácticamente en el plano orbital del planeta o de los planetas del sistema analizado. La probabilidad de que esto ocurra es baja, por lo que no detectar un planeta por tránsito no descarta la existencia de planetas en una estrella, y actualmente podemos asumir que hay una gran cantidad de sistemas exoplanetarios que no podemos estudiar así. A pesar de ello el método de detección por tránsitos es el más exitoso hasta el momento, ya que se han realizado grandes campañas de exploración del cielo buscando estrellas donde se dieran disminuciones de luz de forma periódica, y que pudieran estar producidas de esta manera. Hasta la fecha más de 4300 planetas se han detectado mediante este método. Por tanto estos “eclipses” extrasolares aportan un método científico de plena actualidad, que nos está permitiendo ampliar de forma determinante las fronteras de nuestro conocimiento.

La periodicidad en las disminuciones de brillo de la estrella Kepler 7 indica la presencia de un exoplaneta, que recibe el nombre de Kepler 7 b. La flecha azul indica su periodo orbital, las flechas rojas el periodo de tránsito y la flecha verde la disminución del brillo, que nos permite calcular el tamaño del planeta.



5.6.- Fenómenos análogos a los eclipses

En términos muy generales, podríamos definir eclipse de Sol al fenómeno por el cual la luz del Sol es total o parcialmente ocultada a la vista de un observador (real o imaginario) por la interposición de un astro cercano entre el Sol y dicho observador. Esta es una definición muy general, más general que la que se encuentra en cualquier diccionario e incluso en libros de astronomía, los cuales pueden pecar de geocentrismo.

Incluso al principio de este volumen, hemos definido el eclipse de Sol como el que se da cuando la Luna oculta parcialmente el Sol, visto este desde la Tierra. Obviamente, ello no tiene en cuenta a un observador en órbita en la estación espacial internacional, el cual ve eclipsarse el Sol cada hora y media, siendo en este caso la propia Tierra el astro que se interpone entre Sol y observador. Tampoco tiene en cuenta la situación que se da en la Luna, cuando esta entra en la sombra de la Tierra: este fenómeno, que para un observador terrestre se denomina eclipse de Luna, para un hipotético observador lunar ¿qué otro nombre puede recibir sino el de eclipse de Sol?

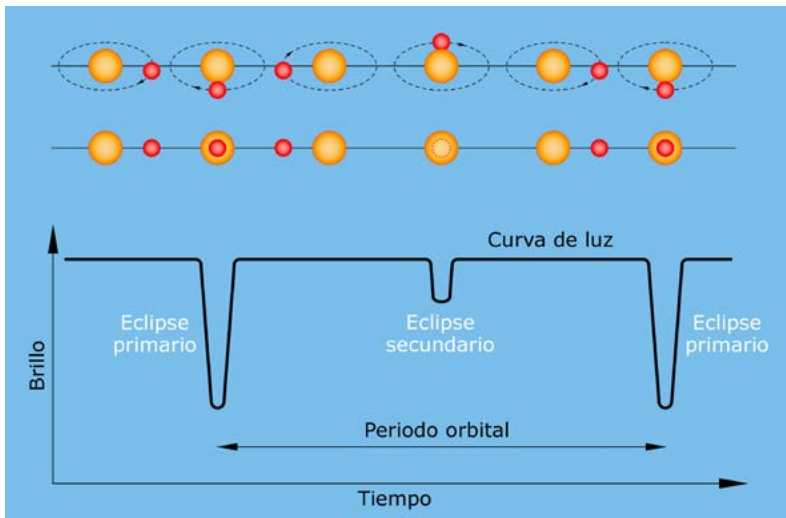
Aún más, no hay ninguna razón para limitar este fenómeno al sistema Tierra-Luna. En particular, un imaginario colonizador de cualquier gran luna joviana vería a menudo el Sol eclipsarse tras el enorme cuerpo gaseoso del planeta Júpiter. En nuestra opinión, sería astronómicamente incorrecto no permitirles usar la expresión eclipse de Sol en tal situación, por mucho que se haya inventado para un fenómeno que primero hemos estudiado en la superficie de la Tierra.

El satélite natural Ío proyecta su sombra sobre la superficie de Júpiter | NASA, JPL Caltech, SwRI, Msss, Kevin M. Gill.



Por supuesto todas las generalizaciones tienen sus matices y esta no es una excepción. Obviamente, el fenómeno de eclipse es particularmente notorio e impactante cuando el Sol es ocultado totalmente o en su mayor parte. Ello obliga a exigir que el astro que oculta al Sol se encuentre cerca del observador, pues solo así dicha ocultación puede ser notoria. Con esta matización de cercanía eliminamos los tránsitos, fenómenos por los cuales un observador ve pasar un planeta lejano frente al disco solar y que han sido descritos en el apartado 5.4 de este capítulo.

Sería posible generalizar aún más la definición de eclipse, no ciñéndonos a una única estrella, el Sol, sino considerando el caso de la ocultación de cualquier estrella por cualquier otro astro opaco que se interponga, esté cercano o no, como puede ser el caso de un planeta. Pero con ello llegamos a un concepto para el que ya hay un nombre específico: el de ocultación. Por ejemplo, se habla de ocultación de una estrella por la Luna, por un planeta o por un asteroide. El término ocultación es aún más general, pues se incluyen las ocultaciones de astros por el Sol: en este caso el Sol no es el objeto ocultado, sino que es el que se interpone entre el astro ocultado y el observador. Así que más bien podemos decir que un eclipse de Sol es un caso particular de ocultación, en el que la estrella brillante ocultada es el Sol y en el que el astro que lo oculta está cerca del observador.



Esquema de la curva de luz de las binarias eclipsantes en las que se aprecia la reducción del brillo cuando una de las estrellas oculta a la otra | OAN.

En fin, cabe citar el caso en que un astro brillante oculta otro astro brillante, como ocurre en las estrellas dobles denominadas binarias eclipsantes. El brillo total se ve disminuir cuando una pasa por delante de la otra para un cierto observador. Así, si observamos



el sistema de estrellas en función del tiempo y obtenemos lo que se denomina su curva de luz como en el apartado anterior, veremos una curva periódica con periodos de brillo máximo intercalados por dos tramos en los que lo veremos reducirse. En esos tramos de reducción del brillo de la curva son en los que una estrella comienza a ocultar a la otra hasta llegar a un mínimo (que es cuando la ha ocultado al máximo), para luego crecer de nuevo hasta volver al brillo máximo. Uno de esos mínimos de la curva de luz, el más profundo, se da cuando la estrella más brillante es ocultada por su compañera menos brillante. El mínimo menos profundo ocurre cuando la estrella menos brillante es ocultada por la más brillante.

Hasta ahora hemos hablado también de los tránsitos por delante del Sol que es posible ver desde la Tierra, pero si nuestro imaginario colonizador visitara nuestro sistema solar, podría observar tránsitos distintos. Por ejemplo, en la superficie de Marte podría ver tránsitos de Mercurio, Venus y la Tierra. Sin embargo, hay que tener en cuenta de que a medida que nos alejamos del Sol, su tamaño angular y el de los planetas interiores disminuye. Por ejemplo, desde Júpiter el Sol se ve unas seis veces más pequeño que desde la Tierra y desde Urano, unas veinte. Si nos fijamos en el tamaño angular del planeta que transita, el más interesante es el tránsito de Venus visto desde la Tierra. En segundo lugar está el tránsito de Júpiter visto desde Saturno y en tercero el de la Tierra vista desde Marte.



Imagen artística de los planetas del sistema solar | NASA.

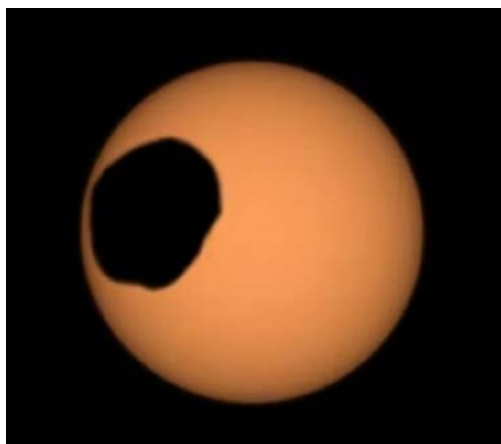
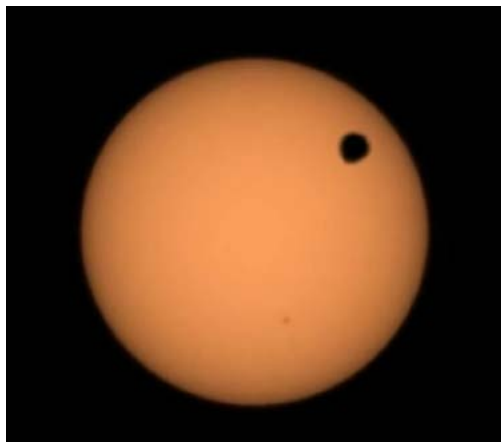


Cuanto más cerca del Sol se encuentra un planeta menos tarda en dar una vuelta a su órbita y, por lo tanto, son más frecuentes las conjunciones con el planeta desde el que se observa. Y cuanto más lejos del Sol esté el observador, menos influye la inclinación de la órbita del planeta interior a la hora de evitar que se dé el tránsito. Por todo esto, los tránsitos son más frecuentes cuanto más cerca del Sol está el planeta que realiza el tránsito y más lejos el planeta desde el que se observa. Por ejemplo, desde Júpiter se ven el doble de tránsitos de Mercurio que desde la Tierra. Por otro lado, cuanto más lejos del Sol están los planetas, orbitan más lentamente y, por tanto, su ritmo de conjunciones es menor y también lo es la frecuencia de tránsitos. Por ejemplo, en el intervalo medio de tiempo entre dos tránsitos de Júpiter vistos desde Urano, se dan más de 50 tránsitos de Mercurio vistos desde la Tierra.

En cuanto a la duración de un tránsito, esta es más larga cuanto más alejado del Sol se encuentra el planeta interior en su órbita, ya que por la tercera ley de Kepler, cuanto más alejados están, más lentos se mueven. La duración máxima del tránsito de Venus visto desde la Tierra es de 7,9 horas y la del de la Tierra visto desde Marte sería de 9,5 horas.

Vivimos una ilusionante época en la que este último tipo de observaciones se pueden realizar desde sondas robóticas, como la observación del tránsito de Mercurio del 28 de octubre de 2023 realizada desde el rover Perseverance en la superficie de Marte (y los de sus lunas Fobos y Deimos en febrero y enero del 2024). En el siglo XXI habrá aproximadamente el doble de tránsitos de Mercurio que los visibles desde la Tierra. Los de Venus también son mucho más frecuentes. Esto es debido a que la mayor distancia a la que se encuentra Marte reduce el efecto de la inclinación de las órbitas de Mercurio y Venus; además, el período sinódico (entre conjunciones inferiores con Marte) es menor. Como hemos mencionado, desde este planeta además de los tránsitos de Mercurio y Venus se pueden observar los de la Tierra, que se producen en promedio 3 veces cada dos siglos. El 11 de mayo de 1984 hubo un tránsito de la Tierra visible desde Marte y el siguiente se producirá el 10 de noviembre de 2084.

Tránsitos de Deimos y Fobos tomados respectivamente el 19 de enero y 8 de febrero de 2024 desde el rover Perseverance desde Marte | NASA/JPL-Caltech/ASU/MSSS/SSI.



6

LOS ECLIPSES EN LA HISTORIA

Los eclipses han causado una profunda fascinación sobre el ser humano ya desde nuestros más remotos ancestros. Y es que son fenómenos astronómicos que crean una gran expectación, con personas que se desplazan grandes distancias para verlos en el caso de los eclipses totales o anulares de Sol. Hoy en día entendemos los eclipses como unos juegos de sombras cósmicas, fruto de la mecánica celeste que rige los movimientos del sistema solar. Sin embargo, esto no siempre ha sido así: en tiempos pasados, los eclipses se observaban con miedo y se interpretaban a menudo como funestas señales divinas. En los próximos epígrafes nos proponemos dejar constancia de la fuerte influencia que los eclipses han ejercido sobre el ser humano a lo largo de la historia, desde la Antigüedad hasta el siglo XX.



6.1.- Eclipses en la Antigüedad

6.1.1.- Eclipses en Egipto y Mesopotamia

Curiosamente, apenas tenemos constancia escrita sobre eclipses solares observados en el antiguo Egipto. Los cálculos modernos muestran que un buen número de eclipses solares, incluyendo varios eclipses anulares y totales, fueron visibles desde Egipto a lo largo de su dilatada historia. Es posible que esta falta de registros se deba a la superstición que rodeaba el fenómeno de los eclipses en la tierra de los faraones: los egipcios consideraban los eclipses como fuentes de mala fortuna, hasta el punto de que el mero hecho de hablar sobre ellos podría traer mala suerte. Se especula que el cambio drástico de política de Estado que llevó a cabo Amenofis IV, cambiando su nombre por Akenatón, desplazando rápidamente la capital de Tebas a Amarna e instaurando una adoración monoteísta de Atón, la deidad asociada al disco solar, podría ser consecuencia de una serie de eclipses solares ocurridos sobre Egipto en el siglo XIV a. C. Según esta hipótesis, estos fenómenos astronómicos excepcionales habrían sido interpretados como un signo inequívoco de la divinidad reclamando un cambio en la organización del país.

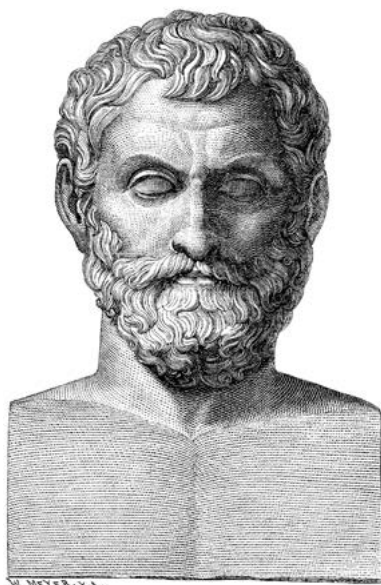


Detalle de Akenatón
en un relieve egipcio
encontrado en Amarna
(siglo XIV a. C.) | Berlín,
Neues Museum.

En Mesopotamia encontramos registros sistemáticos del cielo que se extienden durante varios siglos. Entre estos no faltan notas sobre eclipses, que eran interpretados en un sentido astrológico como señales que los dioses enviaban al rey, y que podían leerse como signos de buen augurio si se predecían con antelación. Ayudados por el sistema de numeración posicional que desarrollaron, con base sexagesimal, los astrónomos de Mesopotamia fueron capaces de identificar las épocas propicias para que ocurrieran eclipses ya en

época temprana, varios siglos antes de nuestra era. Con el paso del tiempo, los astrónomos de Babilonia consiguieron identificar incluso patrones más finos de repetición, más allá de las dos épocas anuales en que es posible un eclipse. El más famoso de estos patrones repetitivos es el ciclo saros (6585,32 días), que ya habían identificado con certeza para el siglo III a. C. (ver capítulo 4).

6.1.2.- El eclipse de Tales



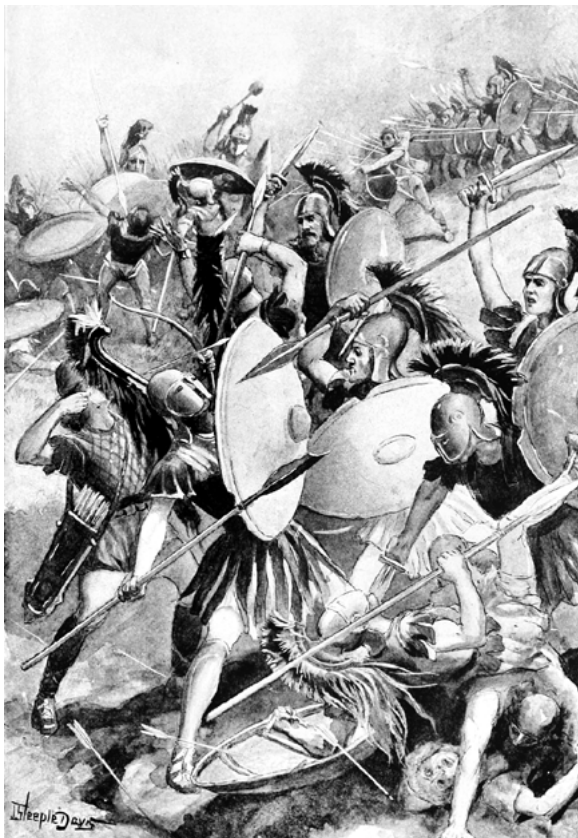
Tales de Mileto
(ilustración de la obra de
Ernst Wallis, 1877).

En el año 585 a. C. se estaba librando una cruenta batalla en la península de Anatolia. Enfrentados estaban los Medos y los Lidios, que llevaban cinco años en guerra. Hacia el final de la tarde, un eclipse total de Sol sumió en la oscuridad el campo de batalla y, según el historiador Heródoto, ambas partes lo interpretaron como un inequívoco signo de reprobación por parte de los dioses y se apresuraron a firmar un tratado de paz. Los cálculos modernos nos muestran que el eclipse realmente ocurrió el 28 de mayo de 585 a. C. y fue total junto al río Halis, donde creemos que se estaba librando la batalla. Por si fuera poco, Heródoto nos dice también que el eclipse había sido predicho por Tales de Mileto, en el que se ha llegado a considerar el primer gran éxito predictivo de la ciencia occidental. Pero, ¿pudo Tales realmente predecir el eclipse?

Se ha solido especular que Tales podría haber aprendido de los astrónomos babilonios cómo predecir eclipses utilizando algún patrón de repetición, como el ciclo saros. En la época de Tales, los propios babilonios no eran capaces de predecir eclipses solares con precisión, una tarea mucho más compleja que predecir un eclipse lunar; ni siquiera habían reconocido aún el propio ciclo saros, que solo desarrollarían dos o tres siglos más tarde. En todo caso, el ciclo saros no resulta demasiado útil para predecir eclipses solares visibles desde una ubicación concreta, porque se produce un desplazamiento de 120° de longitud entre un eclipse y el siguiente. La acumulación de tres saros (conocida como exeligmos) sí que permite predecir eclipses solares visibles desde una zona similar, pero el eclipse de 585 a. C. ocurrió justamente al final de la banda de totalidad, y esto hace que el eclipse que lo precedió por un triple saros no fuera visible desde el este del Mediterráneo. Así, Tales no pudo predecir con certeza el eclipse usando uno de estos ciclos. Quizá anunciara la posibilidad de un eclipse mediante las estaciones de eclipses, o puede que la predicción fuera atribuida de forma posterior a Tales, uno de los Siete Sabios de la Antigüedad.

6.1.3.- El eclipse lunar de Nicias

En el contexto de la guerra del Peloponeso, en el año 413 a.C., las tropas atenienses lideradas por el general Nicias estaban enfrentadas a los aliados de Esparta ante las costas de Siracusa, en la actual Sicilia. Y las cosas les iban bastante mal a Nicias y a sus tropas. Cuando estaban a punto de retirarse, el 27 de agosto de 413 a.C., un fenómeno astronómico hizo que cambiaran su decisión, con funestas consecuencias. Esa noche, la luna llena se tiñó del color de la sangre como resultado de un eclipse total de Luna. Esto aterrorizó a Nicias, que lo consideró un mal presagio. Siguiendo el consejo de sus adivinos, el comandante Nicias retrasó la partida durante casi un mes, lo que le dio una gran ventaja al enemigo. El resultado fue que los atenienses sufrieron una dura derrota y Nicias murió en la lucha; según Tucídides, esta fue posiblemente la mayor derrota de la historia helénica.



6.2.- Eclipses en la Edad Media y en la Edad Moderna

6.2.1.- Carlomagno y los eclipses

El siglo IX se abrió con la coronación de Carlomagno como emperador de lo que se convertiría en el Sacro Imperio Romano Germánico. Apenas 14 años después, Carlomagno moriría tras una serie de eclipses solares y lunares que fueron visibles desde su reino, y que se interpretaron supersticiosamente. Su hijo y sucesor, Ludovico Pío, al parecer, asoció la muerte de su padre con los eclipses anteriores. Cuando el 5 de mayo de 840 se produjo un eclipse total de Sol, Ludovico Pío vio claramente que los dioses lo señalaban esta vez a él. Ludovico se asustó y nunca se recuperó, creyendo que sus días estaban contados. Murió un mes después.

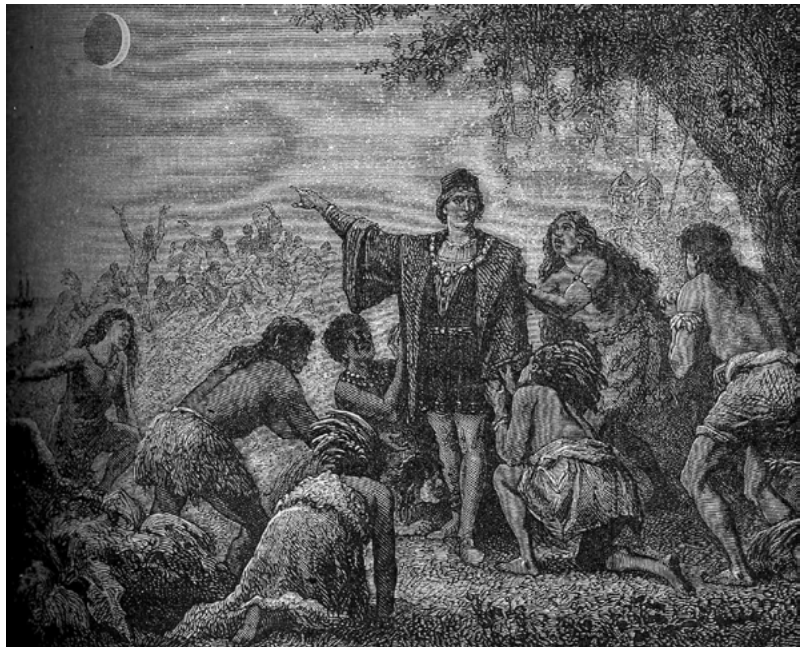
Derrota del ejército ateniense en Siracusa como consecuencia de un eclipse total de Luna (John Steeple Davis, “The story of the greatest nations, from the dawn of history to the twentieth century”, 1900).



Ludovico Pío, hijo y sucesor de Carlomagno (año 826).

6.2.2.- El eclipse de Colón

Los eclipses también pueden utilizarse para beneficio propio. Eso nos cuenta que hizo el mismísimo Cristóbal Colón cuando tuvo problemas en su cuarto viaje a América. En 1503, tras haber tenido que abandonar dos barcos, su último par de carabelas se vio plagado de gusanos marinos y se vio obligado a amarrar en la costa norte de Jamaica. Inicialmente, los indígenas jamaicanos fueron hospitalarios con Colón, pero, tras seis meses sin recibir nada a cambio, su paciencia y generosidad empezó a agotarse. Colón, desesperado, tuvo una idea al consultar las efemérides astronómicas que llevaba consigo. Así descubrió que próximamente se produciría un eclipse total de Luna, la tarde del 29 de febrero de 1504. Ese día, invitó a los caciques a bordo de su buque insignia y les explicó que su poderoso dios cristiano estaba muy enfadado por su negativa a seguir ayudando a los españoles. Por ello, Dios iba a castigarlos con hambre y enfermedades, pero les daría una última oportunidad: enviaría una señal celeste oscureciendo la Luna y, como muestra de la ira divina, haría que se vuelva de color rojo. Si cambiaban su actitud tras este aviso, podrían salvarse.



El eclipse de Colón según una ilustración de la *Astronomie Populaire* de Camille Flammarion (1879).



A pesar de que los caciques inicialmente se burlaron de Colón, a medida que la Luna ascendía por el horizonte, empezaron a apreciar algo extraño. Según avanzaba el eclipse parcial, sus burlas quedaron atrás y comenzaron a asustarse, hasta quedar completamente aterrizados cuando la Luna enrojeció. Rápidamente acudieron a Colón para suplicarle que intercediera por ellos ante su Dios. El navegante se retiró y, cuando el eclipse estaba a punto de finalizar, anunció que su Dios los perdonaba siempre que se comprometieran a ayudar a los españoles. Según nos cuenta Colón, a los españoles no les faltó agua ni alimentos durante el tiempo que tuvieron que permanecer en Jamaica.

6.2.3.- Edmond Halley y los comienzos de la ciencia ciudadana

Edmond Halley, descubridor del famoso cometa que lleva su nombre, fue también uno de los primeros astrónomos que llevaron a cabo predicciones precisas sobre la visibilidad de eclipses solares en la Edad Moderna. El 3 de mayo de 1715, predijo en detalle el recorrido de un eclipse que iba a cruzar Inglaterra de lado a lado, llevando a cabo la que probablemente fue la primera representación del movimiento de la sombra de la Luna durante un eclipse sobre un mapa de Gran Bretaña. El propio Edmond Halley observó el eclipse desde Londres, donde se pudo disfrutar de una fase de totalidad de tres minutos y medio.

Además, Edmond Halley pidió a los ciudadanos que anotaran exactamente cuándo comenzaban y finalizaban las distintas fases del eclipse desde diversos lugares de Inglaterra. Estamos ante uno de los primeros proyectos de ciencia ciudadana, con el fin de mejorar los parámetros de la órbita de la Luna y la Tierra a partir de los detalles del mismo eclipse observado desde distintas localizaciones.

Mapa de la banda de totalidad del eclipse solar del 3 de mayo de 1715, según un dibujo de Edmond Halley.



6.3.- Antonio de Ulloa observa un eclipse desde el mar

Junto a Jorge Juan, Antonio de Ulloa constituye el prototipo de marino científico ilustrado. Ambos habían participado en la expedición para medir un arco de meridiano cerca del ecuador, lo que permitió deducir que la Tierra está achatada por los polos. Tras varias décadas alejado del mar, por petición propia, Ulloa volvió a cruzar el Atlántico a bordo de *El España* entre 1776 y 1778. Al final de esta campaña, partiendo de Tenerife, el navío resultó estar sobre la zona de totalidad del eclipse solar el 24 de junio de 1778. Los plazos y el material del que disponían a bordo sugiere que no planeaban realmente observar el eclipse.

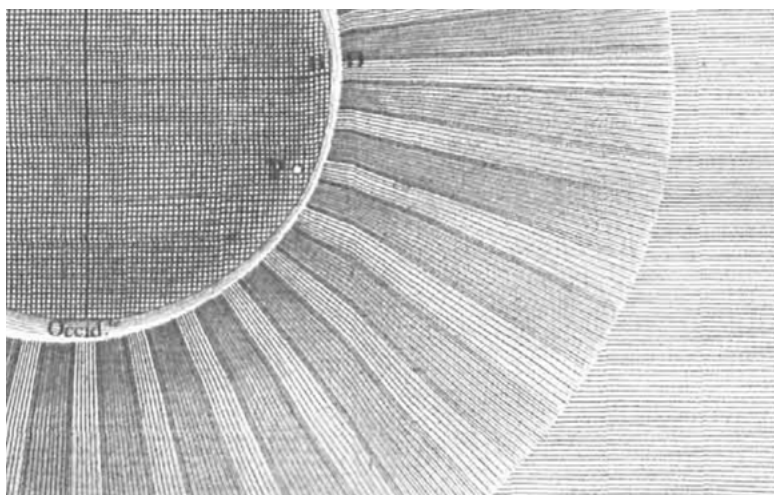
La banda de totalidad del eclipse total de Sol del 24 de junio de 1778 cruzó el océano Atlántico de lado a lado. Desde el buque *El España*, Antonio de Ulloa pudo observar la totalidad del eclipse y realizar algunas medidas. Su objetivo era calcular la longitud geográfica del cabo de San Vicente a partir de la medida de tiempo de los contactos del eclipse, pero el limitado instrumental con el que contaba no le permitió obtener un resultado preciso. El mayor interés de sus observaciones radica en que nos dejó uno de los primeros registros de la corona solar, así como la observación de un fenómeno misterioso: un «punto luminoso» sobre la superficie lunar.

Trayectoria del eclipse total de Sol del 24 de junio de 1778, observado por Ulloa, en un mapa de la época (Lalande, 1774).



Antonio de Ulloa, consciente de las limitaciones cartográficas de la época, quiso aprovechar la ocasión para mejorar la determinación de la longitud geográfica del cabo de San Vicente, que no se conocía con precisión a pesar de su importancia naval. Aunque las observaciones de eclipses se habían utilizado para determinar coordenadas terrestres, este método no era el más indicado para ser aplicado en alta mar. A esto se sumó la precariedad de los instrumentos de los que disponían, ya que contaban con anteojos propios de la actividad náutica, y no específicos para observaciones astronómicas; además, los relojes de bitácora no disponían de segundero y el que sí lo tenía se encontraba averiado, tal y como se lamentaba el propio Ulloa. Todo esto, unido a una serie de hipótesis equivocadas en sus cálculos, hicieron que Ulloa llegara a un resultado erróneo para la longitud del cabo de San Vicente.

Durante la totalidad de cuatro minutos, Ulloa hizo una de las primeras observaciones científicamente documentadas de la corona solar. Los detalles de esta observación los describe el propio Ulloa en la memoria que eleva a Carlos III, donde narra con gran lujo de detalles ese «fenómeno muy particular que pocos astrónomos han observado hasta hoy, como es el anillo luminoso que rodea el disco lunar, fenómeno de lo más asombroso y bello a contemplar». De esta visión Ulloa llegó a la conclusión de que la Luna debía de tener una atmósfera similar a la de nuestro planeta. Aunque hoy sepamos que esto no es cierto, Edmund Halley había llegado a una conclusión similar al observar un eclipse total de Sol a comienzos del siglo XVIII; una explicación razonable dados los conocimientos de la época. La vívida descripción del colorido y forma de la corona solar sugiere que se encontraban cerca de un máximo de actividad solar en 1778.



Detalle del gráfico que Ulloa incluye en su Memoria, donde se aprecia el punto luminoso etiquetado con la letra P.



Otro fenómeno interesante sobre el que Ulloa incidió en su Memoria es el «punto luminoso» que observó durante el eclipse. Se trataba de la aparición de un pequeño punto luminoso dentro del disco lunar, poco antes del comienzo de la emersión y cerca del limbo de la Luna. Actualmente, se clasifica dentro de los llamados fenómenos lunares transitorios y, posiblemente, es consecuencia de erupciones de gases asociados a una actividad geológica lunar pasada. Ulloa hablaba del fenómeno como «el más raro y particular que se haya hasta el presente observado», y le llevó a proponer que podía existir un agujero que cruzaba la Luna de lado a lado, pequeño y visible solo desde una alineación muy concreta que tuvo lugar durante el eclipse (una «caverna luminosa lunar»). A pesar de las dificultades de sus medidas, Ulloa compartió sus observaciones con academias científicas europeas, suscitando un gran interés internacional. Aún hoy se debate el origen de estos cambios repentinos de brillo en la superficie de la Luna, que han sido registrados en centenares de ocasiones.

6.4.- El eclipse de Eddington

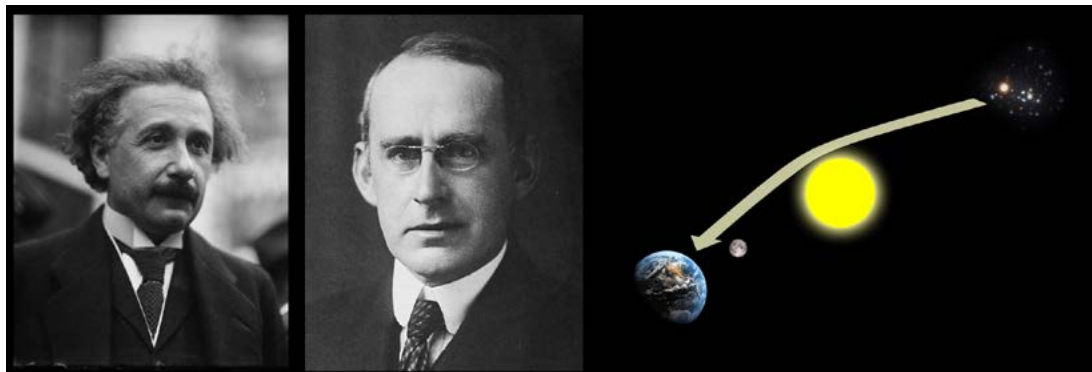
En 1915, Albert Einstein proponía una de las teorías más influyentes del siglo XX, llamada a sacudir los cimientos de la física moderna: la teoría de la relatividad general. Entre otras muchas cosas, esta teoría hace una predicción asombrosa: nos dice que la masa deforma el espacio-tiempo a su alrededor, de manera que la trayectoria de la luz se curva ligeramente al pasar junto a un cuerpo masivo. Esto quiere decir que, técnicamente, podemos llegar a ver un objeto que se encuentra detrás de otro siempre que el objeto intermedio tenga suficiente masa. El gran astrofísico británico Sir Arthur Eddington, una de las mentes más brillantes de su época, propuso que la teoría de la relatividad podría probarse de forma empírica durante un eclipse total de Sol. En efecto, midiendo la posición relativa de un conjunto de estrellas próximas al limbo solar durante el eclipse, sería posible concluir si la masa del Sol estaba distorsionando la trayectoria de los rayos de luz provenientes de las estrellas lejanas.

Las desviaciones predichas eran extremadamente pequeñas, comparables a observar el grosor de un alfiler a una distancia de unos 200 metros. A pesar de ello, Eddington se lanzó a la aventura, provisto de los mejores instrumentos de la época y dispuesto a observar el eclipse total de Sol del 29 de mayo de 1919. Se trataba de un eclipse con una fase de totalidad larga en el que, además, el Sol pasaba junto al cúmulo de las Híades, en la constelación de Tauro.



Eclipses de Sol. Los eclipses “españoles” de 2026, 2027 y 2028

Eso proporcionaba un buen número de estrellas puntuales que servían de referencias fiables con las que poder comparar. Con el fin de probar si Einstein tenía razón, los británicos organizaron una expedición doble, con un primer grupo dirigido por Eddington a la isla de Príncipe, frente a la costa de África, y un segundo grupo que fue enviado a observar el eclipse desde Sobral, en el noreste de Brasil.



Mediante placas fotográficas, ambos grupos registraron las posiciones de las estrellas durante el eclipse y también unos meses después, ya de noche. Al comparar ambos registros, Eddington demostró que las posiciones de las estrellas variaban ligeramente cuando la luz de estas pasaba cerca del disco solar durante el eclipse, con una deflexión de casi dos segundos de arco junto al borde del disco solar, tal y como se esperaba si la gravedad del Sol modifica el espacio-tiempo a su alrededor, desviando la luz de las estrellas lejanas. Desde entonces, varios experimentos adicionales han confirmado este efecto con instrumentos más precisos, en perfecto acuerdo con la teoría general de la relatividad.

Albert Einstein y Arthur Eddington. Ilustración de la desviación de la trayectoria de la luz al pasar junto al Sol.

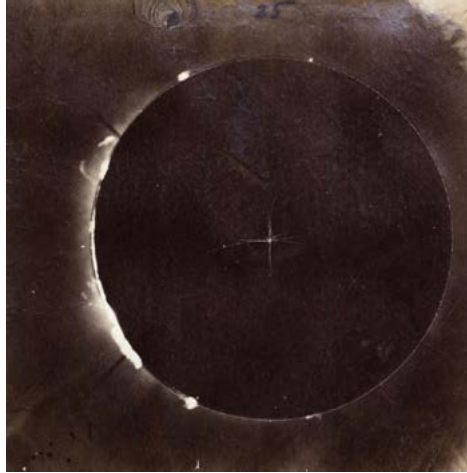
6.5.- Eclipses en España en los siglos XIX y XX

6.5.1.- Los eclipses de 1860 y 1870

Durante la segunda mitad del siglo XIX, España ya había tenido la suerte de disfrutar de dos eclipses totales de Sol, en 1860 y 1870. Estos eclipses motivaron expediciones para observarlos y se realizaron algunos de los primeros estudios sobre astrofotografía de la corona solar. El mismísimo Warren de la Rue se había desplazado hasta Álava para observar y fotografiar el primero de estos eclipses, donde un jovencísimo Santiago Ramón y Cajal, futuro premio Nobel de Medicina, quedó conmocionado por la observación de este fenómeno astronómico cuando contaba con tan solo ocho años.



Fotografía tomada por Warren de la Rue durante el eclipse del 18 de julio de 1860.



El eclipse de 1860, y las observaciones que de la Rue llevó a cabo desde España, fue fundamental para revelar el origen de las protuberancias solares. Esta suerte de llamaradas que forman bucles caprichosos alrededor del Sol son visibles durante los eclipses totales, cuando la Luna bloquea la fotosfera. Sin embargo, a mediados del siglo XIX no estaba claro si

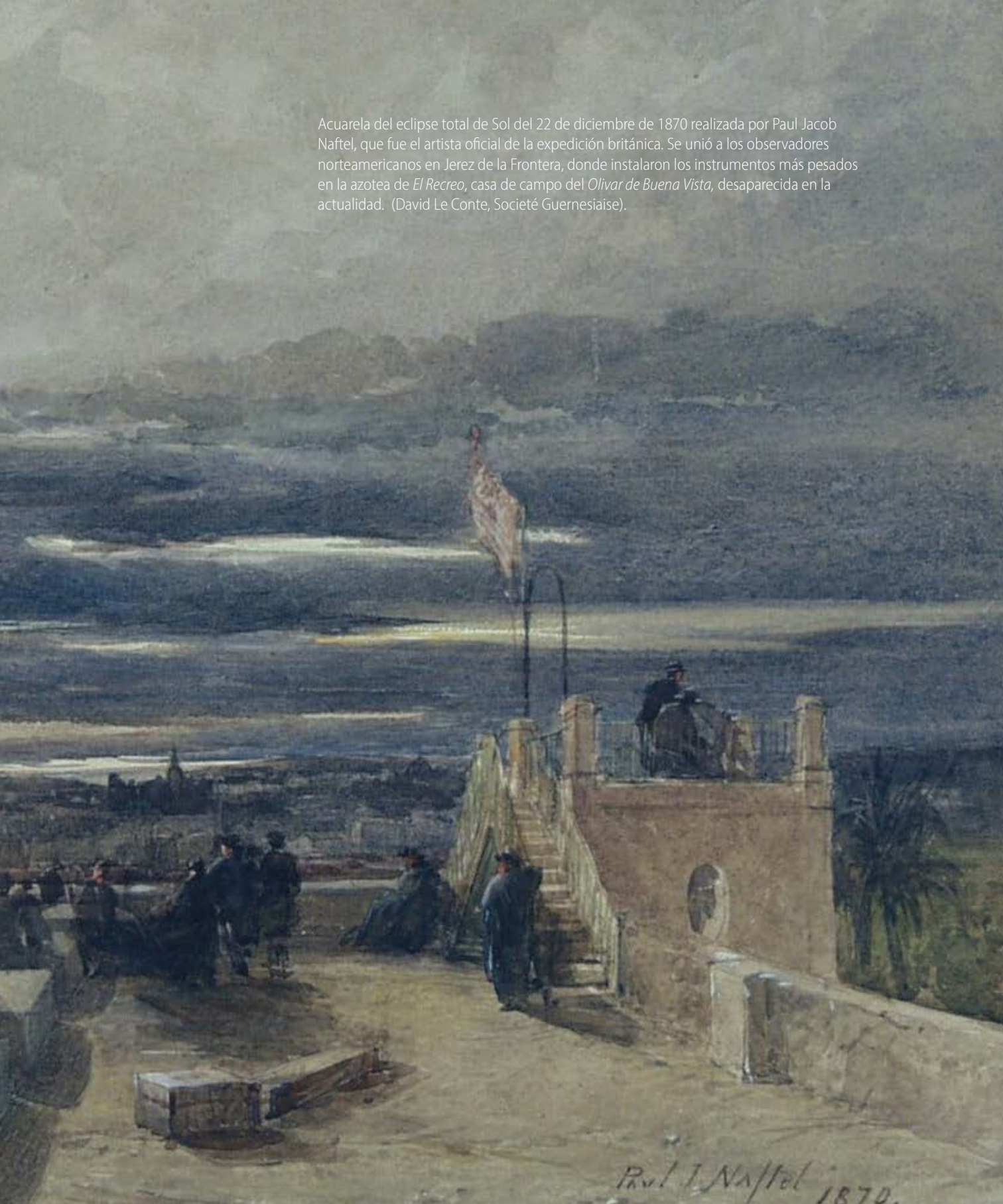
aquellos tentáculos formaban intrínsecamente parte del Sol, o bien si eran características de la Luna o fenómenos asociados a la atmósfera terrestre. Warren de la Rue capturó la fase total de dicho eclipse mediante su fotoheliógrafo desde dos lugares distintos. Si las protuberancias tenían su origen en la Tierra o la Luna, se esperaba que se vieran de forma distinta desde ambas localizaciones, mientras que si eran parte del Sol, deberían coincidir. De la Rue observó que las protuberancias eran idénticas en ambas fotografías, demostrando así que formaban parte del Sol: son estructuras en la atmósfera de nuestra estrella que normalmente resulta invisibles como consecuencia del brillo del disco solar.

Warren de la Rue observó el eclipse del 18 de julio de 1860 desde Rivabellosa (Álava).





Acuarela del eclipse total de Sol del 22 de diciembre de 1870 realizada por Paul Jacob Naftel, que fue el artista oficial de la expedición británica. Se unió a los observadores norteamericanos en Jerez de la Frontera, donde instalaron los instrumentos más pesados en la azotea de *El Recreo*, casa de campo del *Olivar de Buena Vista*, desaparecida en la actualidad. (David Le Conte, Societé Guernesiaise).



Rev. J. Naftel 1870.

6.5.2.- El eclipse total de Sol de 1900

Tras el ensayo general que propiciaron estos dos eclipses decimonónicos, el terreno estaba abonado para recibir una tríada de eclipses solares que iba a ser visible desde la península ibérica a comienzos del siglo XX. El primero de ellos tuvo lugar el 28 de mayo de 1900 y varios equipos nacionales se desplazaron para observarlo: desde el Observatorio de San Fernando se desplazaron a Elche, mientras que los astrónomos del Observatorio de Madrid observaron el eclipse desde Plasencia. Conviene aclarar que, técnicamente, el siglo XX comienza en 1901, pero por razones históricas incluimos el eclipse de 1900 dentro del grupo de eclipses de ese siglo.

El director del Observatorio de Madrid había insistido en la necesidad de adquirir telescopios avanzados para estar a la altura de las expediciones internacionales que llegarían a España, y así consiguieron fondos para adquirir dos telescopios de 20 cm de apertura a la prestigiosa casa Grubb de Dublín. Para desesperación de los astrónomos, el proceso de adquisición de los telescopios y su pago se dilató en el tiempo; los instrumentos llegaron apenas 11 días antes del eclipse al lugar elegido para la observación. Y no fue fácil transportarlos: según se narra, los telescopios llegaron en «carretas tiradas por bueyes», un detalle pintoresco que contrasta con la alta tecnología que representaban los telescopios.



Anteojo ecuatorial de Grubb. Dublín. Hacia 1900 | OAN.

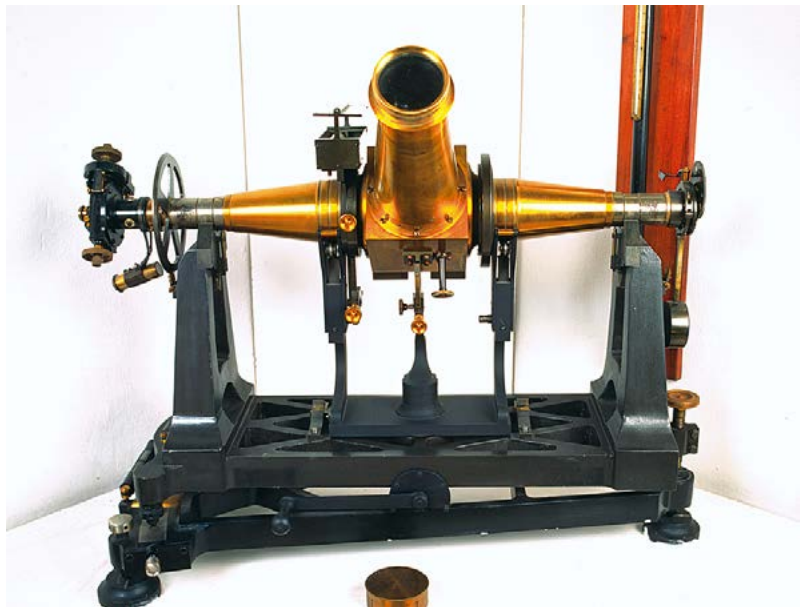


Astrónomos del Observatorio Astronómico Nacional junto a otros de una Comisión irlandesa en el alto de El Berrocalillo (Plasencia), para observar el eclipse del 28 de mayo de 1900.



Dibujo del eclipse del 28 de mayo de 1900, observado desde Alicante | Archivo del Real Observatorio Astronómico de Madrid.

medir con precisión los contactos del eclipse, fotografiar la corona solar y analizar su espectro para estudiar la misteriosa «raya verde», una característica espectral por aquel entonces enigmática. Este primer eclipse no solo marcó un hito científico, sino que simbolizó la lucha por la modernización y el reconocimiento de la astronomía en España.

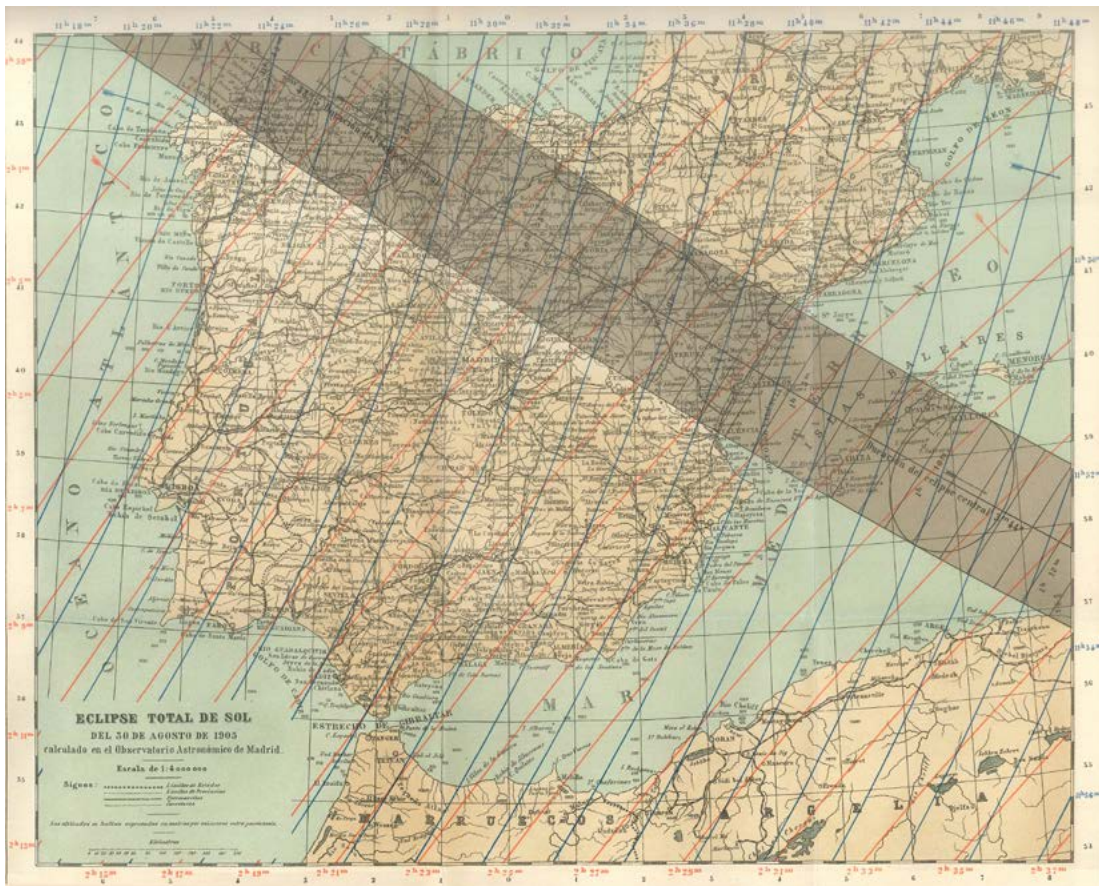


Anteojo de pasos. Este instrumento fue adquirido en 1900 para la determinación de la latitud y de la hora en las estaciones de Plasencia y Burgos y utilizado para la observación del eclipse del 28 de mayo de dicho año | OAN.

6.5.3.- El eclipse total de Sol de 1905

El 30 de agosto de 1905, un segundo eclipse total de Sol visitó España, en esta ocasión con una duración máxima de casi cuatro minutos. Nuestro país se convirtió en el epicentro del fenómeno, atrayendo a más de veinte equipos internacionales de científicos. Había dos circunstancias que hacían el eclipse especialmente interesante: por una lado, que sería visible desde tres continentes (América, Europa y África) y, por otro lado, que se trataba de un eclipse excepcionalmente largo. En concreto, el punto de máximo eclipse, donde la totalidad es más larga, tenía lugar sobre España, razón por la cual el eclipse fue conocido como «el eclipse español». El recorrido de la totalidad del eclipse sobre la península ibérica fue muy similar a la banda de totalidad del eclipse del 12 de agosto de 2026.

Trayectoria del eclipse del 30 de agosto de 1905 según cálculos realizados en la época en el Observatorio Astronómico de Madrid | Archivo del Real Observatorio Astronómico de Madrid.



Astrónomos y aficionados observan el eclipse total de Sol de 1905 en Burgos
| Archivo municipal de Burgos.



Cartel de festejos con motivo del eclipse de 1905 en Burgos
| Archivo municipal de Burgos.



Burgos, con su cielo despejado y ubicación estratégica, se seleccionó como lugar principal de observación por parte del Observatorio de Madrid. Allí se levantaron instalaciones temporales para astrónomos nacionales y extranjeros, además de involucrar al ejército en labores logísticas. Los equipos utilizaron cámaras, espectrógrafos y polarímetros para estudiar la corona solar y otros detalles astronómicos. También fue notable el intento pionero de observación desde globos aerostáticos, una idea promovida por el Ministerio de la Guerra, que marcó un precedente en los estudios espaciales.

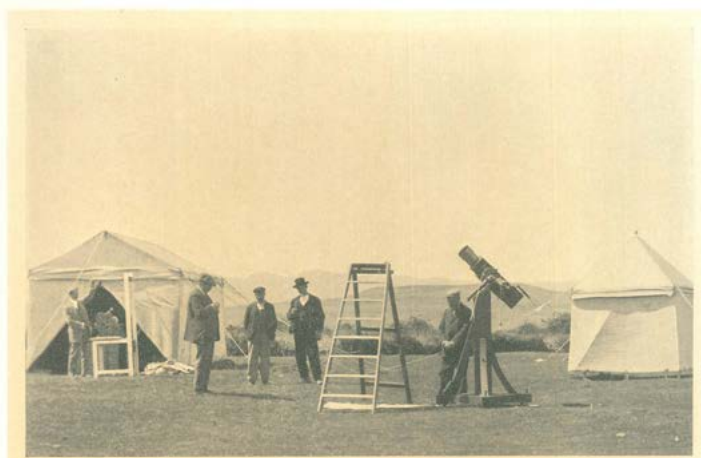
El eclipse de 1905 no solo fue un evento científico, sino también un fenómeno cultural. Miles de curiosos se desplazaron a Burgos, abarrotando trenes y llenando las calles. El rey Alfonso XIII, acompañado de miembros de la realeza y del gobierno, visitó las instalaciones y asistió a los lanzamientos de globos aerostáticos. Mientras tanto, la ciudad se engalanó con festivales, representaciones teatrales, corridas de toros e incluso se organizó un concurso de fotografía del eclipse. Los astrónomos del Observatorio de San Fernando se desplazaron a Castilla para observarlo, en su caso, a Soria. Además, se realizaron observaciones del eclipse desde centros como el observatorio de la Cartuja, del Ebro y Fabra.

6.5.4.- El eclipse solar híbrido de 1912

El eclipse del 17 de abril de 1912 presentaba una característica que lo hacía muy especial: los cálculos indicaban que sería total durante solo unos segundos en una estrecha franja del noroeste de la península ibérica, mientras que en el resto del recorrido sería anular. Es lo que conocemos como un eclipse híbrido. Sin embargo, existía la posibilidad de que en toda la Península el fenómeno se percibiera únicamente como anular debido a la incertidumbre asociada a los cálculos, cuyos detalles dependen de los movimientos orbitales de la Luna, y de ahí la importancia de medir la duración de la totalidad con precisión.

Los preparativos comenzaron un año antes, con expediciones para determinar los mejores emplazamientos desde donde observar el fenómeno. Finalmente, el Real Observatorio Astronómico de Madrid eligió Cacabelos, en León, como el lugar óptimo. Las campañas previas incluyeron mediciones precisas de coordenadas y estudios de las condiciones del terreno. La fase crítica del eclipse duró apenas siete segundos, en los que se pudieron apreciar las famosas «perlas de Baily», destellos brillantes que se forman debido a las irregularidades del borde lunar. Esto dio lugar a varias publicaciones científicas, tanto de los equipos españoles como extranjeros. Los maestros de escuela también se afanaron por promover la observación del eclipse entre el alumnado y los habitantes de la zona.

Instalaciones del Observatorio en Cacabelos para observar el eclipse de 1912 | Archivo del Real Observatorio Astronómico de Madrid.



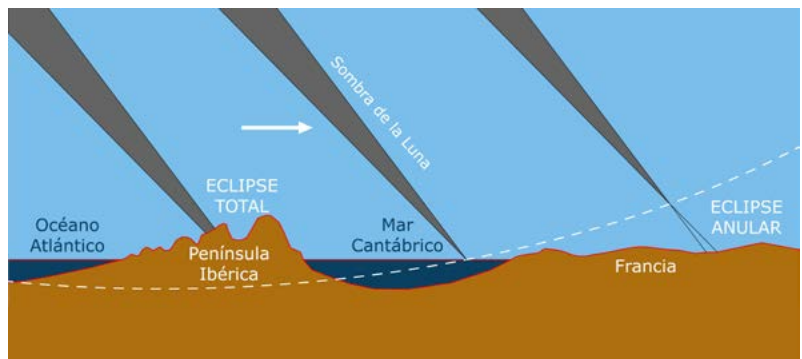
1. INSTALACIÓN Y ORIENTACIÓN DE LOS APARATOS



2. ASPECTO DEL CAMPO DEL OBSERVATORIO ANTES DE EMPEZAR EL ECLIPSE



Trayectoria del eclipse híbrido del 17 de abril de 1912. Se pudo observar como total en España y como anular en Francia | OAN.



Habitualmente se considera que la historia del cine comienza en 1895 con la primera proyección cinematográfica pública por parte de los hermanos Lumière en París. Apenas diez años después, Josep Comas Solà, director del Observatorio Fabra de Barcelona, intentó realizar una grabación cinematográfica en el eclipse de 1905, pero tuvo problemas técnicos. Para el eclipse de 1912, Comas Solà se desplazó a Barco de Valdeorras, en Galicia, para grabar el fenómeno astronómico con una cámara cinematográfica proporcionada por la casa Pathé. Así, y con el uso de dos prismas, el astrónomo pudo obtener una grabación del espectro relámpago del eclipse, el espectro de emisión de la cromosfera que es visible brevemente durante la totalidad. Además, pudo confirmar que, aunque a simple vista el eclipse se vio total de forma instantánea, la película muestra que no lo fue, y concluyó que la totalidad debió de pasar unos kilómetros al sur de su posición, lo que coincide con los cálculos modernos.

Eclipses de Sol. Los eclipses "españoles" de 2026, 2027 y 2028

A pesar de las diferencias entre los eclipses de 1900, 1905 y 1912, estos eventos compartieron varios elementos clave: avances científicos significativos, cooperación internacional, retos logísticos y un impacto social notable. Gracias a esta tríada de eclipses, la astronomía en España vivió una época de crecimiento e innovaciones a comienzos del siglo XX. En la tercera década del siglo XXI, España vuelve a ser el escenario de un conjunto de eclipses solares que, sin duda, atraerán una gran atención internacional.

Recortes de prensa de los eclipses de 1900, 1905 y 1912.





FASCINACIÓN POR LOS ECLIPSES

7.1.- Representaciones en el arte

El asombro e interés del ser humano ante los eclipses a lo largo de la historia se ha reflejado en representaciones artísticas muy diversas. Una de las primeras representaciones portátiles del Sol y la Luna, junto a otros elementos astronómicos, la encontramos en el *Disco de Nebra*, una pieza de la Edad de Bronce cuyo origen se remonta al segundo milenio antes de nuestra era. En este disco metálico encontramos una clara representación del Sol, la Luna e incluso las Pléyades.

Uno de los eclipses solares más influyentes de la historia, y a su vez uno de los más cuestionables, es el que la tradición asocia a la crucifixión de Cristo, posiblemente en el año 33 de nuestra



Eclipses de Sol. Los eclipses "españoles" de 2026, 2027 y 2028

era. Los evangelistas Lucas, Mateo y Marcos nos hablan de una oscuridad que inundó toda la tierra durante las horas que precedieron la muerte de Cristo. Sin embargo, ningún eclipse total de Sol se prolonga durante varias horas y, lo que es aún más notable, la crucifixión tuvo lugar durante Pascua, que según la tradición judía coincide con la luna llena. Esto hace astronómicamente imposible que ocurriera un eclipse solar esa misma semana. Se ha especulado que dicha oscuridad podría deberse a polvo en suspensión en el aire, lo que conlleva un notable oscurecimiento del Sol y que es bastante habitual a comienzos de abril.

El pintor italiano del *trecento* Taddeo Gaddi nos muestra la Luna aproximándose al Sol sobre la cruz en un tríptico actualmente conservado en la Sociedad Histórica de Nueva York. Sobre los dos astros, encontramos una cuña oscura que alude a la sombra arrojada por la Luna durante un eclipse



Disco de Nebra (ca. 1800-1600 a. C.) | Halle, Alemania.

Tríptico de Taddeo Gaddi (ca. 1330)
| Sociedad Histórica de Nueva York.





Anónimo valenciano,
Crucifixión (ca. 1450-
1460) | Museo Nacional
Thyssen-Bornemisza,
Madrid.



José de Ribera, *Cristo
crucificado* (1643)
| Museo de Bellas Artes,
Vitoria.

solar. En una tabla de un pintor valenciano del siglo XV, expuesta hoy en el Museo Nacional Thyssen-Bornemisza, encontramos otra representación del eclipse solar que supuestamente acompañó la Crucifixión. El Sol presenta un tono ocre, con una superficie cuarteada que delata la presencia de la Luna delante del disco solar. A pesar de ello, el fenómeno no viene acompañado por un oscurecimiento notable del cielo; probablemente, este pintor valenciano nunca había visto en directo un eclipse total de Sol y no sabía bien cómo representarlo.

José de Ribera nos muestra un eclipse estilizado en su *Cristo crucificado*, hoy en el Museo de Bellas Artes de Vitoria, en el que el disco lunar parece translúcido y permite ver detrás el perfil del Sol. Esta representación, aunque sea menos realista, permite identificar el evento y proporciona un mayor dinamismo al fenómeno astronómico. De forma similar, en el gran tríptico de la *Elevación de la cruz*, que Rubens pintó para la catedral de Amberes, encontramos una representación bastante realista del comienzo de un eclipse solar. Aun y todo, el pintor flamenco tuvo que delinear el contorno lunar completamente, que no resulta visible durante el comienzo de un eclipse solar, como una estrategia para hacer que tanto la Luna como el Sol fueran fácilmente reconocibles.



Eclipses de Sol. Los eclipses “españoles” de 2026, 2027 y 2028



Peter Paul Rubens, *La elevación de la cruz* (1610-1611) | Catedral de Amberes.

En el *Libro de los Milagros de Augsburgo* podemos ver representados varios eclipses junto a diversos fenómenos extraordinarios, tanto astronómicos como bíblicos y meteorológicos. Se trata de un manuscrito iluminado de mediados del siglo XVI. En esta colección ilustrada, una de las láminas recoge con bastante realismo el eclipse total de Sol de 1483, acompañado por la plaga de langostas que inundó Italia durante ese mismo año. Se superponen así distintos sucesos milagrosos, en el sentido de excepcionales, que habían recogido las crónicas de la época.



Libro de los Milagros de Augsburgo, ca. 1550.



Antoine Caron,
*Astrónomos observando
un eclipse solar* (1570-80)
| Paul Getty Museum,
Los Ángeles.



Entre las representaciones más interesantes de un eclipse total de Sol destaca una obra de Antoine Caron: *Astrónomos observando un eclipse solar*, también conocido como *Dionisio Areopagita convirtiendo a los filósofos paganos*. El protagonista de la escena eleva su mano derecha hacia el cielo, apuntando a lo que parece ser un eclipse. El Sol adopta un tono rosáceo intenso, rodeado por una nebulosidad de color amarillo, que podría representar de forma un tanto peculiar la corona solar durante un eclipse total. Esta interpretación astronómica viene apoyada por algunos elementos adicionales: en primer plano, vemos que un personaje porta un

Eclipses de Sol. Los eclipses “españoles” de 2026, 2027 y 2028

globo celeste en sus brazos; algo más abajo, en el suelo, nos encontramos con lo que parece ser una esfera armilar y un hombre haciendo cálculos geométricos; hacia el fondo de la composición, a la derecha, se erige una columna con una escultura que podría representar Urania, la musa de la astronomía. Todos estos detalles sugieren que estamos, efectivamente, ante el fenómeno astronómico de un eclipse total de Sol, aunque los colores no lo plasmen de forma fiel.



Donato Creti,
*Observaciones
astronómicas* (1711)
| Museos Vaticanos.



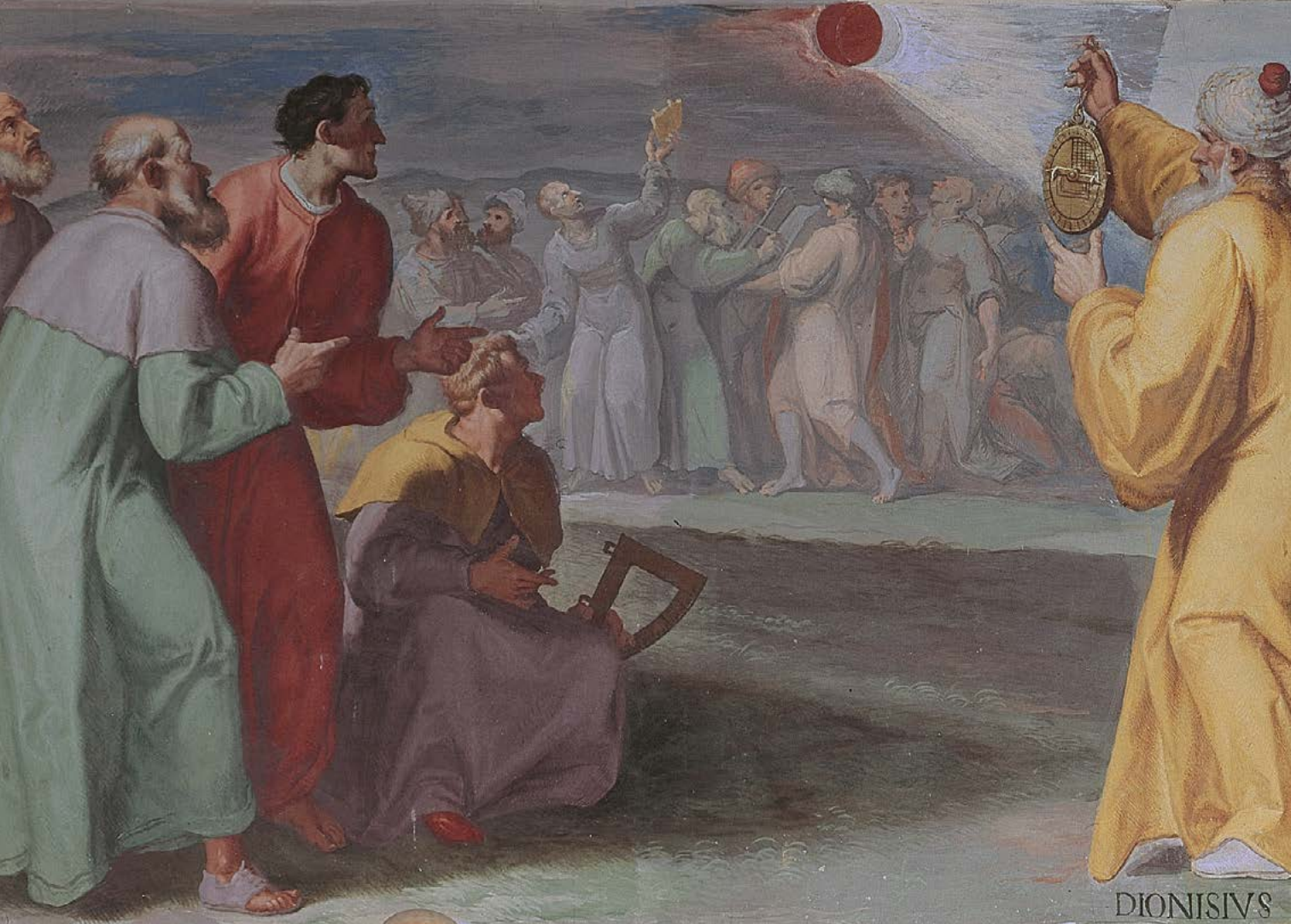
En el año 1609, Galileo apuntó por primera vez el telescopio al cielo, haciendo algunos descubrimientos revolucionarios. El telescopio de Galileo se hizo muy pronto eco en el arte, convertido en objeto de moda y símbolo de conocimiento y estatus social. A comienzos del siglo XVIII, Donato Creti dedicaría toda una serie de óleos a las *observaciones astronómicas*, donde el telescopio tendría un papel destacado. Las pinturas habían sido encargadas en 1711 por el conde Luigi Ferdinando Marsili con el fin de regalárselas al Papa Clemente XI para que apoyara la construcción de un observatorio astronómico en Bolonia. Y así fue: poco después se inauguraría en esa ciudad un observatorio de vocación pública bajo el patrocinio del Papa. Los lienzos astronómicos de Donato Creti representan el Sol, la Luna, un cometa y los cinco planetas conocidos entonces, combinados con evocadores paisajes. El cuadro dedicado al Sol nos muestra un ejemplo del método de proyección mediante un telescopio, tan útil a la hora de observar eclipses.



Ippolito Caffi, *Eclipse de Sol en Venecia* (1842)
| Colección privada.

A mediados del siglo XIX, a rebufo del romanticismo, encontramos representaciones de eclipses totales de Sol, en algunos casos un tanto pintorescas. El lienzo de Ippolito Caffi, *Eclipse de Sol en Venecia*, muestra el eclipse solar de 8 de julio 1842 desde una perspectiva aérea. El pintor intenta captar la frontera entre sombra y luz que se produce durante el eclipse, aunque el ángulo cubierto por la zona iluminada no resulta demasiado físico. Por su parte, el pintor romántico ruso Iván Konstantínovich Aivazovski capturó de forma muy sugerente, a modo de nocturno, un eclipse total de Sol de 1851 observado desde Feodosia.





En la magnífica biblioteca del monasterio de San Lorenzo de El Escorial encontramos otra representación de un eclipse solar, en este caso claramente asociada a Dionisio Areopagita, ya que su nombre viene rotulado debajo de la figura del santo. La decoración de la bóveda de la Real Biblioteca se llevó a cabo inmediatamente después de concluirse la construcción del monasterio, hacia el final del reinado de Felipe II. La obra pictórica es, por lo tanto, prácticamente coetánea a la tabla de Antoine Caron. Fuertemente inspirada por la Capilla Sixtina del Vaticano, la decoración al fresco se encargó a Pellegrino Tibaldi, aunque se debate la posible colaboración de Bartolomé Carducho. Destaca el estilo manierista de las pinturas, con una clara influencia de Miguel Ángel.

Partiendo de la Teología y la Filosofía, el programa iconográfico se desarrolla en torno a las siete Artes Liberales. En el segmento dedicado a la Astronomía, destacan figuras como Ptolomeo, Alfonso X el Sabio o Juan de Sacrobosco; debajo, encontramos a Dionisio

Pellegrino Tibaldi,
*Dionisio Areopagita
observando el eclipse
el día de la muerte de
Cristo* (1588-91) | Real
Biblioteca, San Lorenzo
de El Escorial.





Areopagita observando el eclipse de la Crucifixión utilizando un astrolabio. En el nombre de Dionisio confluyen dos figuras que se han confundido en la tradición cristiana. Por un lado, san Dionisio Areopagita, obispo del siglo I convertido al cristianismo tras el discurso pronunciado por san Pablo en el Areópago ateniense, recogido en los Hechos de los Apóstoles, y que marca así un primer punto de contacto entre el cristianismo y la cultura griega. Y, por otro lado, pseudo-Dionisio Areopagita, teólogo y escritor místico bizantino de los siglos V-VI. En su epístola VII, pseudo-Dionisio se hace pasar explícitamente por el san Dionisio Areopagita del Nuevo Testamento y narra cómo observó el eclipse solar de la Crucifixión desde Heliópolis, en Egipto. Por eso, en este caso, Cristo no aparece en la composición, y esta fuente aprócrifa explica la asociación posterior de Dionisio Areopagita con la astronomía y, en particular, con la observación de un eclipse total de Sol. Así lo encontramos plasmado en el magnífico fresco escurialense.

Eclipses de Sol. Los eclipses “españoles” de 2026, 2027 y 2028



Ivan Aivazovski, *Eclipse solar en Feodosia* (1851)
| Colección privada.

En pleno siglo XX, los artistas siguieron buscando inspiración en los eclipses solares. Es el caso de Paul Klee, que en su acuarela *Eclipse solar* nos presenta el Sol eclipsado en el centro de la composición rodeado por elementos que podrían evocar tiempos primitivos. Por su parte, en una de sus obras tardías, Roy Lichtenstein captó la dinámica de un eclipse total de Sol, con la rápida llegada y paso de la totalidad, mediante una superposición de círculos y curvas muy propio del *pop art*. Los eclipses no han dejado de inspirar a los artistas de las más diversas épocas.



Roy Lichtenstein, *Eclipse of the Sun* (1975)
| Colección privada.



7.2.- Mitos y leyendas

Los eclipses son fenómenos naturales que durante muchos siglos no pudieron ser explicados científicamente, porque la humanidad aún no tenía los conocimientos necesarios para ello. Además, tienen características muy impactantes, como el hecho de que al Sol parezca faltarle un pedazo, o que la Luna se torne de color rojo sangre. Los eclipses totales de Sol son sin duda los más sobrecogedores, ya que de repente, sin explicación aparente, se hace la oscuridad en medio del día.

No es por tanto de extrañar que la humanidad, en su intento de entender e incluso controlar estos acontecimientos tan enigmáticos e impactantes, haya dado las más diversas explicaciones a los

eclipses, y que con ello hayan pasado a formar parte de la mitología de un gran número de culturas de nuestro planeta. Son muy numerosas las historias asociadas a los eclipses totales de Sol, y algunas de ellas son de gran belleza. Se trata de versiones que pueden variar de un registro a otro, pues a menudo se trata de contenido que se transmitía de forma oral y que, así, podía modificarse a lo largo del tiempo o en diferentes lugares o grupos de una misma cultura.

7.2.1.- El Sol devorado

Algunas de las explicaciones mitológicas que encontramos con más frecuencia son aquellas basadas en la idea de que un ser, animal o dios maligno trata de devorar nuestra estrella, y hay que luchar de alguna manera para recuperar la luz. En la mitología nórdica, por ejemplo, es un lobo gigantesco llamado Fenrir (o según algunas versiones, dos lobos llamados Sköll y Hati) quien persigue al Sol tratando de devorarlo. En China hay historias que hablan de que el Sol es atacado por un dragón celestial, pero también hay otras que mencionan un perro celeste llamado Tiangou. De hecho una figura de la mitología china, Zhang Xian, que además es el dios de los nacimientos y de los niños varones, era el enemigo de Tiangou, y se le representa disparando a este perro de los cielos con arco y flechas para proteger a sus hijos.

Zhang Xian, dios de la mitología china, es el enemigo de Tiangou, perro celestial que genera los eclipses.



Eclipses de Sol. Los eclipses “españoles” de 2026, 2027 y 2028

Si seguimos viajando por el mundo en busca de este tipo de narraciones, nos encontramos con los Choctaw, de la actual Oklahoma, quienes creen que el ser que devora al Sol es una malvada ardilla negra; sin embargo, en Vietnam es una rana gigante, y en la mitología andina se trata de un puma. Los aztecas consideraban que los eclipses solares ocurrían cuando el dios jaguar Tepeyollotl mordía el Sol y amenazaba con tragárselo completamente. Mientras que en la mitología javanesa y balinesa es el dios de la oscuridad, Batara Kala, el que se traga el Sol.

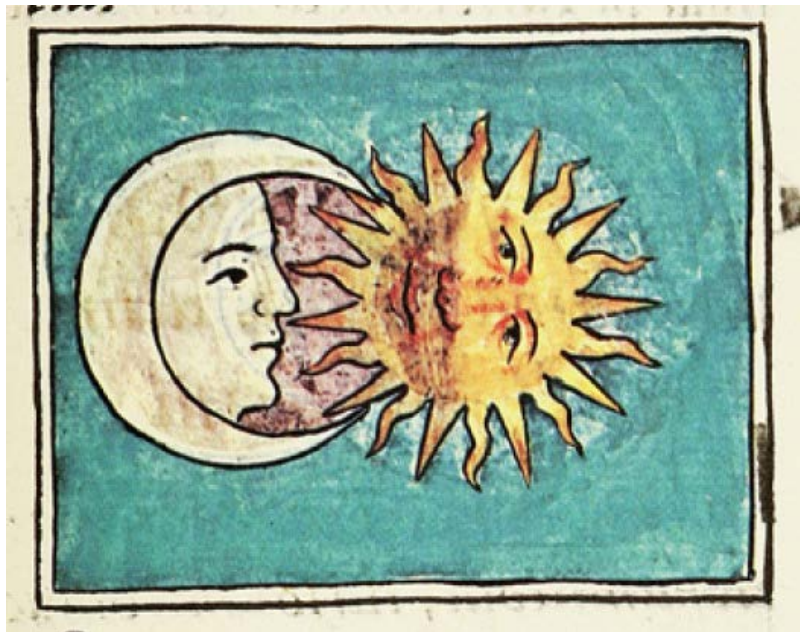
Diversos como son los seres y las historias, hay algo que varios pueblos de los más dispares lugares del globo tienen en común: para recuperar el Sol y evitar su muerte consideraban necesario contribuir a ahuyentar al malvado ser que lo devoraba, así que tañían tambores, daban gritos o, en términos generales, hacían todo el ruido posible. Es esta una tradición que se sigue manteniendo hoy en día en algunos lugares.

Sello conmemorativo de Indonesia de 2016 con motivo de un eclipse solar total. Se muestra al dios de la oscuridad, Batara Kala, tragándose al Sol.



7.2.2.- Miedo y violencia solar

Existen registros en textos históricos del miedo que generaban los eclipses. Es el caso de la obra “Historia general de las cosas de Nueva España”, de Bernardino de Sahagún, también llamado Código Florentino por la ciudad en la que actualmente se conserva, y que es una enciclopedia bilingüe, en español y en náhuatl, que recoge un vasto conocimiento sobre los pueblos indígenas precoloniales y el México colonial temprano. En este texto se dice que *“Cuando la Luna se eclipsa, párase casi oscura; ennegrece; párase hosca; luego se oscurece la tierra. Cuando esto acontece, las preñadas temían de abortar. Tomábales gran temor que lo que tenían en el cuerpo se había de volver ratón. Y para remedio desto tomaban un pedazo de itztli en la boca, o poníanle en la cintura, sobre el vientre. Y para que los niños que en el vientre estaban no saliesen sin bezos o sin narices, o boquituertos o bizcos, o por[que] no naciese monstro.”*



Representación de un eclipse en el Libro 7 de la *Historia general de las cosas de la nueva España*, o *Códice Florentino*.

El pueblo Pomo, del noroeste de EEUU, da un nombre a los eclipses que significa “el Sol es golpeado por un oso”. Cuentan una historia sobre un oso que va a dar un paseo a lo largo de la Vía Láctea y en su camino se encuentra con el Sol, y ambos empiezan a discutir sobre quién se va a mover para dejar pasar al otro. La discusión se convierte en una pelea, y eso es lo que genera el eclipse.



Otra historia, llamativa por cómo da explicación incluso al resurgimiento del Sol, proviene de la India. Allí el demonio Rahu (conocido como Phra Rahu en Tailandia, donde protagoniza una historia semejante) es el responsable de los eclipses de Sol y Luna. En su afán de ser inmortal, Rahu robó un sorbo del elixir de la vida, pero fue visto por el Sol y la Luna, que le delataron ante el dios Vishnu. Como castigo el dios le cortó la cabeza al demonio antes de que el elixir pasase por su garganta, impidiéndole su objetivo. La cabeza de Rahu, que al tocar el elixir sí había alcanzado la inmortalidad, busca venganza sobre los cuerpos celestes que le habían delatado, y los persigue para devorarlos. Los eclipses de Sol y Luna ocurren cuando consigue alcanzarlos, pero como ya no tiene cuerpo, el astro correspondiente reaparece cuando el demonio lo traga y pasa por su garganta, y así el fenómeno completo queda explicado. Para ayudar al Sol en su lucha con Rahu, durante los eclipses la gente lleva a cabo un ritual bañándose en las sagradas aguas del Ganges.



Imagen del demonio Phra Rahu devorando el Sol o la Luna en el templo Wat Chiangkang Sarapee de Tailandia.

7.2.3.- El eclipse como momento amoroso

Otras leyendas y mitos mucho menos violentos hablan de los eclipses como un acto de amor, erótico o de discusión en la relación entre la Luna y el Sol. En algunos casos esto se da de forma muy explícita, como en la mitología tahitiana, en la que el Sol y la Luna son amantes que se unen durante un eclipse, pero se pierden en la intensidad del momento y crean las estrellas para iluminar su regreso a la normalidad.

El pueblo Fon, actualmente distribuido en Benín, Nigeria y Togo, cree que el dios creador Mawu-Lisa se dividió en un dios del Sol, Lisa, y una diosa de la Luna, Mawu, y considera los eclipses

como la unión sexual de ambos dioses. En la mitología alemana, el cálido Sol femenino y la fría Luna masculina están casados. El Sol gobierna el día, y la soñolienta Luna gobierna la noche. En busca de compañía, la Luna se siente atraída por su esposa, y cuando se unen crean un eclipse solar.



"Un eclipse conyugal".
Obra ilustrada *Un autre monde* (1844), con
textos de Taxile Delord
e ilustraciones de Jean-
Jacques Grandville.
| Bibliothèque nationale
de France.

Al otro lado del mundo, en las tradiciones orales de los Euahlayi, en el sureste de Australia, el Sol es conocido como una mujer llamada Yhi y la Luna como un hombre llamado Bahloo. Yhi se enamora de Bahloo y lo persigue a través del cielo, advirtiendo a los espíritus que sostienen el cielo que, si dejan escapar a Bahloo, sumirá el mundo en la oscuridad, y esto es lo que genera un eclipse solar total. Para combatir este presagio nefasto, un chamán recita cánticos mágicos.



Los Batammaliba, del norte de Togo y Benín, consideran que un eclipse ocurre cuando el Sol y la Luna están peleando. Cuando esto sucede, los Batammaliba se reúnen como comunidad y tratan de resolver sus conflictos, con la esperanza de que el Sol y la Luna hagan lo mismo. Por su parte los Inuit cuentan la historia de la diosa del Sol, Malina, quien es perseguida a través del cielo por su hermano, el dios de la Luna, Igaluk. De vez en cuando, él la alcanza por un breve instante, y todo se oscurece.

Merece un comentario el hecho de que en muchas historias el Sol sea percibido como femenino y la Luna como masculina, aunque nuestro uso del lenguaje en la actualidad nos haga asociarlos de forma inversa.

7.2.4.- Respeto por el cosmos y los dioses

De una forma más mística, el pueblo navajo considera que los eclipses son un momento de renovación y una manifestación de la relación cíclica entre el Sol, la Luna y la Tierra. El antiguo conocimiento tradicional del pueblo navajo transmite que mirar directamente al Sol es peligroso. Los ancianos navajos instruyen firmemente a su comunidad para que permanezca dentro del hogan (su vivienda tradicional) durante un eclipse, asegurándose así de que nadie mire al Sol. Los navajos tradicionales se sientan en silencio y con reverencia, una práctica basada en su profundo respeto por el orden cósmico.

También hay otras narraciones y leyendas que consideran los eclipses como consecuencia de alguna actitud o situación específica de un dios representado por el Sol, o de otros dioses relacionados con el astro. Este es el caso de los Incas, que adoraban a Inti, el dios del Sol. Creían que Inti era por lo general un dios benevolente, pero consideraban que los eclipses solares indicaban

Eclipse de Sol, “el Sol comido”. Códice maya de Dresde.



Anuncio sobre remedios
ante los "bodocazos
melancólicos y las
porradas espantosas"
que podía generar el
eclipse de Sol del 13 de
junio de 1760
| Biblioteca Nacional de
España.

que sentía ira y descontento. Una interpretación semejante hacían los antiguos griegos, que creían que los eclipses eran una señal de que los dioses estaban enfadados con los humanos y de que el Sol iba a abandonar la Tierra, trayendo enormes desgracias. También se vive de esta manera en el folclore de Transilvania, según el cual un eclipse ocurre cuando el Sol, enfadado, se aparta y se cubre de oscuridad en respuesta al mal comportamiento de los humanos.

No solo el enfado o la ira del Sol genera los eclipses, también puede que al astro rey le ocurra algún percance. Los pueblos Ojibwa y Cree, de América del Norte, cuentan la historia de un niño o un enano, llamado Tcikabis, que busca vengarse del Sol por haberlo quemado, y consigue atraparlo en una trampa, que es el eclipse. Varios animales intentan liberar al astro, pero solo el humilde ratón logra roer las cuerdas y devolverlo a su camino. En el caso de la tradición aymara, de Sudamérica, un eclipse significa que el Sol está enfermo y cerca de la muerte. El pueblo Aymara encendía

fogatas en las laderas de las colinas para calentar la Tierra durante el breve periodo en el que el Sol no podía hacerlo. El pueblo Nuxalk, de Canadá, creía que el Sol simplemente era un poco torpe, y de vez en cuando dejaba caer su antorcha.

Los eclipses, como eventos impactantes que son, se encuentran también presentes en las creencias y supersticiones relacionadas con varias de las religiones que mejor conocemos. Se han considerado a lo largo de la historia como símbolos de mal presagio o que indican eventos de gran relevancia, siendo un claro ejemplo de ello el supuesto eclipse, ya mencionado en este volumen, que fuentes bíblicas mencionan que tuvo lugar durante la crucifixión de Jesucristo. También los textos sagrados del judaísmo los consideran de esta manera, y en el Islam, además de considerarlos como importantes presagios, tratan los eclipses como una ocasión de especial recogimiento y oración.

AUXILIOS EFICACES,

REMEDIOS PODEROSOS,

Y MEDICINAS FELICES, BREVES, Y BARATAS,
para librar el cuerpo, y el espíritu de los bodocazos melancólicos, y de las porradas espantosas; que pueda disparar la negra ojeriza de el Eclipse de el Sol de el día 13.
de Junio de 1760.

LAS QUE SE PUEDEN APLICAR TAMBIEN
para rebatir los influxos regañones, y los soplos defabridos
de todos los Cometas, Phenomenos, y otras apariciones
Aereas, y Celestes.

TODO SE LO DA CON BUENA VOLUNTAD
al Publico medroso, y desvalido

EL DOCTOR DON DIEGO DE TORRES,
para que se sacuda de el horror à este Espantoso,
y se ahorre de las dos Gomas de Medicinas
y Botica.



Impreso en Salamanca en la Imprenta de Antonio Villargordo,
con las licencias de el Señor Doctor Don Phelipe Arango,
Juez Subdelegado de las Imprentas: y de el Señor
Licenciado Don Francisco Santos Saro, y Cuesta,
Provisor, y Vicario General de este
Obispado, &c.

Eclipses de Sol. Los eclipses “españoles” de 2026, 2027 y 2028

Al considerarlas en perspectiva, observamos cómo las diferentes creencias humanas muestran que los eclipses en general, y los totales de Sol en particular, han sido una fuente de inquietud para muchas culturas y pueblos. Pero también es cierto que los eclipses han motivado una búsqueda incansable de respuestas, mediante fábulas e historias, relacionadas con algunas de las preguntas más trascendentales de la humanidad.



Sköll, lobo de la mitología nórdica que persigue al Sol, tratando de devorarlo. Debajo se representa también al hermano de Sköll, Hati, que a su vez persigue a la Luna | J.C. Dollman, *The wolves pursuing Sól and Máni* (1909).



PRECAUCIONES PARA OBSERVAR UN ECLIPSE

Protege tus ojos

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 mucho menos con el ojo desnudo**. 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 permanentemente, aunque no así los receptores vecinos.



Observación del fenómeno con “gafas de eclipse” | OAN.

Gafas de eclipse y otros filtros

Las denominadas “gafas de eclipse” (adquiridas en tiendas especializadas y planetarios) están diseñadas para observar el Sol con seguridad durante cortos periodos de tiempo, bien inferiores al minuto. Deben usarse sólo si se encuentran en buenas condiciones, sin raspaduras, perforaciones, arañazos, roturas ni dobleces. Conviene probarlas antes mirando una bombilla de incandescencia.

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 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),

“Gafas de eclipse”, de venta en tiendas especializadas. Deben cumplir la norma ISO para la observación directa del Sol | OAN.



teniendo especial cuidado en filtrar adecuadamente las radiaciones más nocivas para el ojo humano. Deben reducir como mínimo 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 micrómetros) se reduce varios centenares de veces.

Los filtros “caseros” son totalmente desaconsejables. Se han usado desde películas veladas a viejos disquetes tipo floppy, pasando por radiografías, gafas de sol, CDs, cristales ahumados, gafas de soldador, filtros baratos para prismáticos y telescopios... De todos ellos el único razonable son los vidrios o filtros de soldador de alto grado (de 12 a 14), 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» (doblando 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; habría que empezar asegurándose de que la película contiene plata. Los demás tipos de película (color, diapositiva) no son adecuados en absoluto.

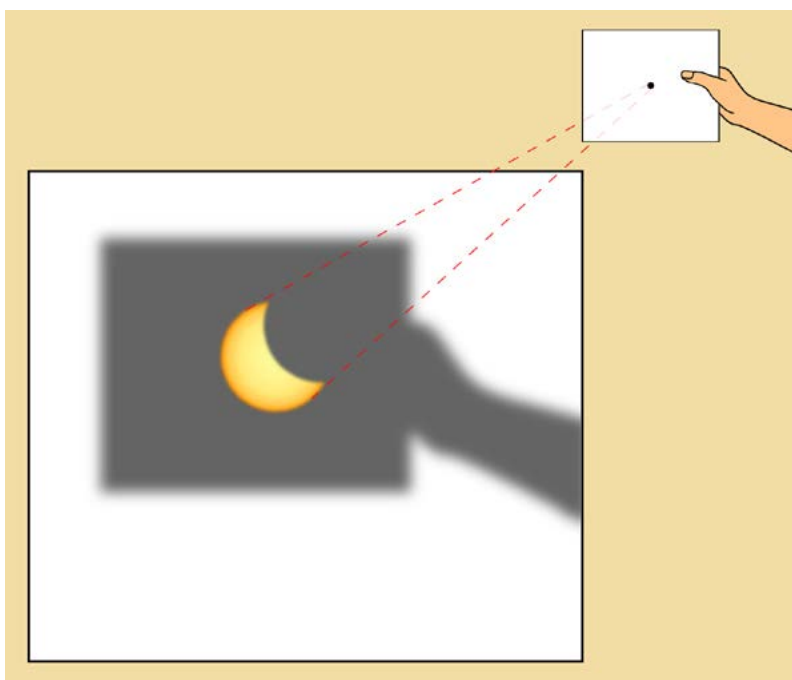
En cualquier caso, observar el Sol, aunque sea con un filtro bueno es algo que resulta un tanto peligroso, pues puede producirse un despiste y acabar mirando sin tal filtro. No es descabellado pensar en el caso de un niño que observa el Sol con un filtro y, de manera totalmente ingenua, se le ocurre echar un vistazo al Sol apartando el filtro... 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 profesionales adecuados.

Las búsquedas en Google de “my eyes hurt” (me duelen los ojos) se dispararon en Estados Unidos durante el eclipse del 21 de agosto de 2017 por hacer caso omiso a los consejos | Google Trends.



Observación mediante proyección de la imagen del Sol

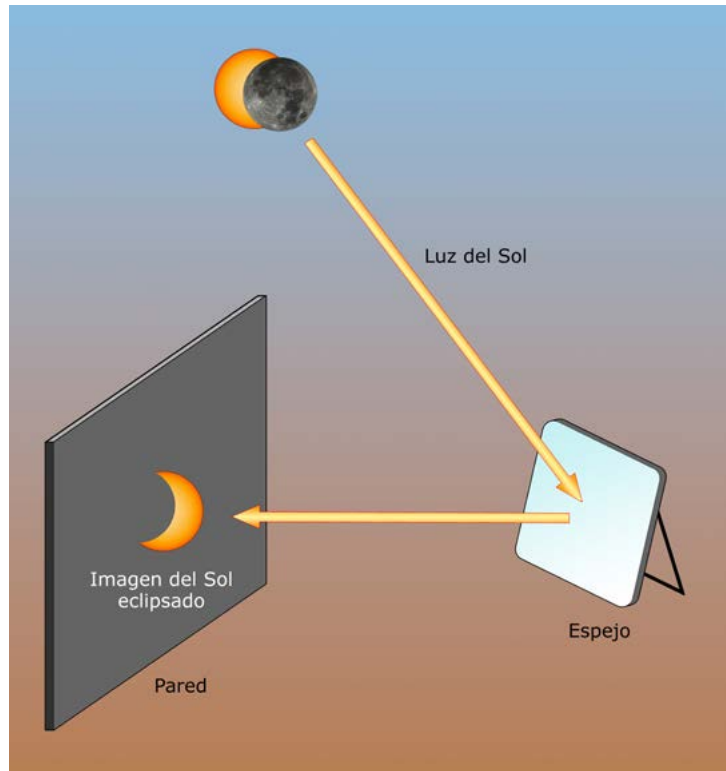
Para evitar cualquier accidente no tenemos más remedio que insistir; el propio Sol o un eclipse de Sol nunca debe ser observado mirando directamente al Sol, sino que debe ser observado proyectando la imagen del Sol sobre un papel, pantalla, pared o techo. Al actuar por dispersión, dicha superficie reemite una fracción muy pequeña de la luz recibida, que es sólo la que ha pasado por el agujero.



Proyección del eclipse a través de un agujero practicado en una cartulina | OAN.

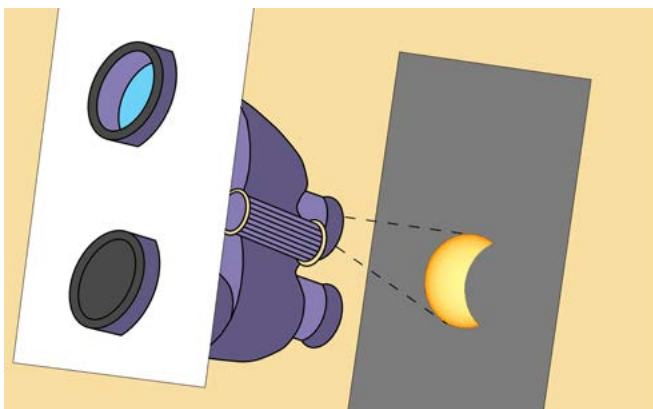
El método más simple, aunque menos agradecido, consiste en utilizar dos cartulinas opacas, a una de las cuales se practicará un pequeño agujero. Colocándose de espaldas al Sol, se sujeta la cartulina agujereada de tal manera que los rayos del Sol incidan más o menos perpendicularmente sobre ella y que la luz que pasa por el agujero se proyecte en la otra, situada a modo de pantalla a varios palmos de la primera y paralela a ésta. Según sea el tamaño del agujero la imagen se verá más o menos nítida y más o menos luminosa. La separación entre las dos cartulinas también depende del tamaño del agujero. Conviene probar con agujeros de distinto tamaño hasta encontrar uno que nos satisfaga.

Proyección del eclipse sobre una pared con la ayuda de un espejo cubierto con un papel con un orificio | OAN.



Una variante de lo anterior se consigue proyectando sobre una pared la imagen del Sol con un espejo de mano enteramente 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 y entretiene durante el largo tiempo que tarda el Sol en eclipsarse.





Observación segura del Sol mediante la proyección de su imagen con unos prismáticos | OAN.

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 ceguera 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.

Astrofotografía

Debido a su gran tamaño en el cielo, el Sol, al igual que ocurre con la Luna, es uno de los objetos celestes más irresistible de fotografiar. Por ello, tomar imágenes del Sol durante un eclipse resulta muy atractivo. Sin embargo, no debemos olvidar el riesgo que entraña tanto para las personas, como para los equipos fotográficos esta práctica, y por consiguiente, deben extremarse las precauciones.

Para realizar fotografías del Sol durante un eclipse se recomienda usar cámaras en las que se tenga control manual de los distintos parámetros de la fotografía, es decir, tiempo de exposición, ISO, o apertura. Las cámaras réflex comerciales cumplen estos requisitos y gracias a la gran variedad de oferta y versatilidad, se ha convertido en una compañera imprescindible en este tipo de fotografía.



A pesar de ser el objeto de mayor tamaño del sistema solar, su tamaño aparente en el cielo, debido a la distancia a la que se encuentra de la Tierra, es similar al de la luna llena. A fin de tener una imagen razonablemente grande del Sol, se recomienda el uso de equipos de una focal larga, entre 400 y 1.500 mm. Cuanto mayor sea la focal mayor será el tamaño aparente del Sol, y se podrán ver más detalles, como por ejemplo manchas solares, siempre y cuando se utilice el equipo adecuado. La siguiente tabla permite hacerse una idea del tamaño de la imagen del Sol impresa sobre papel de 10 x 15 cm para distintas focales (equivalente a las de una cámara réflex con película de 35 mm):

Focal (mm)	Diámetro del Sol (mm)	Tamaño del Sol porcentaje de la altura de la fotografía (%)
50	2	2
200	8	8
400	15	15
1.000	38	38
1.500	57	57

Focales muy grandes requieren equipo voluminoso que normalmente será pesado. Para evitar que la fotografía sea borrosa debido al movimiento de la cámara al ser sostenido con las manos, se necesita disponer un trípode al que acoplar el equipo fotográfico. Se recomienda revisar siempre las especificaciones técnicas del trípode escogido para asegurar que puede soportar el peso del equipo completo, por ejemplo, cámara y objetivo. Además, para evitar movimientos indeseados en las fotografías, resulta útil el uso de disparadores a distancia. También pueden utilizarse intervalómetros o las funciones integradas en las propias cámaras. De esta forma, pueden realizarse secuencias de disparo sin necesidad de accionar el disparador de la cámara y obteniendo diferentes fases del eclipse.

Dado el elevado brillo del Sol es **imprescindible** usar algún filtro solar fuerte delante del objetivo de la cámara. Una de las opciones más económicas es el uso de una lámina Mylar que debe colocarse en la apertura del objetivo. Con este accesorio se puede fotografiar sin problema el Sol sin que se sature la fotografía pudiendo obtener de forma nítida su silueta. Otra opción es acoplar un filtro H α que permita fotografiar la cromosfera del Sol, pudiendo apreciar muestras de actividad como fulguraciones. Hay que tener en cuenta

que los filtros deben adaptarse a los tamaños de los objetivos y puede ser necesario el uso de adaptadores. Aún con el uso de filtros, seguramente sea necesario utilizar valores de sensibilidad ISO bajos, aperturas cerradas y tiempos de exposición pequeños para evitar que la fotografía se sature.

Una opción que puede dar como resultado fotografías con mayor detalle y calidad, aunque también más compleja, es el uso de telescopios. En este caso, el tubo del telescopio asume la función de un objetivo fotográfico básico, pero de gran focal. Salvo en equipos avanzados, este sistema requiere un enfoque manual para poder fotografiar con nitidez. La montura del telescopio puede estar motorizada y gracias al seguimiento, el Sol no sale del campo de visión facilitando las secuencias de disparo. En este caso también es imprescindible el uso de filtros como los mencionados anteriormente. Además, el acoplamiento entre la cámara y, se realiza, normalmente, utilizando un adaptador que dependerá del modelo utilizado.

Otra opción es la de fotografiar la imagen del Sol proyectada en una pantalla. Las fotografías de la proyección pueden tomarse sin más precauciones que las utilizadas para proyectar el Sol. El equipo necesario para esta opción es menos exigente, y pueden capturarse las imágenes de forma sencilla con el modo automático de cualquier cámara.

En todos los casos, es conveniente comprobar el buen funcionamiento de la estrategia elegida realizando pruebas con algunas semanas de antelación, fotografiando el Sol en condiciones similares a las del momento del eclipse con el equipo que será empleado (misma cámara, mismo filtro solar, misma hora del día, etc.). Además, es recomendable revisar que todo el material se encuentra en condiciones óptimas, incluyendo baterías, accesorios y poniendo especial cuidado en el estado de los filtros para evitar daños personales o en el equipo.

Recomendaciones prácticas para la observación

A continuación, se incluyen una serie de recomendaciones para la observación de los eclipses, complementarias a las de seguridad.

La más importante, y que engloba a las demás, es sin duda planificar el viaje. La serie de eclipses 2026, 2027, 2028 constituye una ocasión histórica que hará que mucha gente se desplace hacia las zonas de totalidad para poder observarlos. Esto será de especial importancia en el eclipse de 2027, puesto que en España será visible solamente en una estrecha franja del territorio.



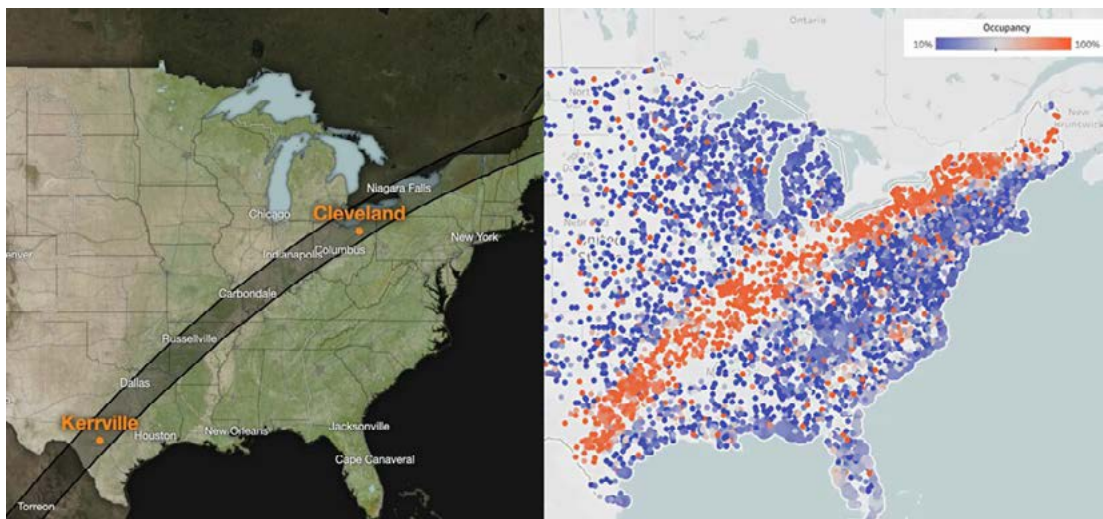
Se pueden consultar los datos de visibilidad para todos los municipios de España En la página <https://astronomia.ign.es/web/guest/eclipses-de-sol>. Estos datos permiten buscar un lugar idóneo para hacer su observación. Hay que tener en cuenta que, aunque en el eje de totalidad la duración del eclipse total será máxima, la diferencia con otras zonas no va a ser tan grande como para compensar otros factores, como puede ser el tráfico o la falta de espacio libre en el que colocarse.

Es conveniente salir con suficiente tiempo de antelación para evitar retenciones de tráfico, y si se va a hacer pernocta, hacer la reserva de alojamiento cuanto antes. Es imprescindible estar pendiente de las indicaciones de las autoridades de tráfico y de protección civil, y hacer siempre caso de sus recomendaciones.

Los eclipses de 2026 y 2028 se producirán cerca de la puesta del Sol, por lo que hay que buscar una zona que no tenga obstáculos en la línea de visión hacia el punto donde se produce el ocaso. Es preferible buscar lugares elevados con el horizonte oeste despejado. Hay mapas de sombras disponibles que pueden ayudar a buscar un lugar idóneo, y conviene acercarse unos días antes al lugar elegido para comprobar que no haya obstrucciones imprevistas. También hay que tener en cuenta la hora del ocaso local para seleccionar el lugar de observación.

A la hora de regresar es preferible esperar un poco para que se despeje el tráfico. El eclipse de 2026 es especialmente adecuado para esto, pues ocurrirá cerca del máximo de la lluvia de estrellas de las Perseidas. Como estaremos en luna nueva, este año será propicio para ver este fenómeno.

Datos de ocupación de alquileres vacacionales el 7 de abril de 2024, día previo al eclipse total visible en Estados Unidos | AirDNA.



Bibliografía

BACHILLER, R.: 2009, “Astronomía: de Galileo a los telescopios espaciales”, Lunwerg, CSIC.

COUDERC, P.: 1971, “Les éclipses”. Presses Universitaires de France.

DE SAHAGÚN, BERNARDINO.: 1577, “Historia general de las cosas de Nueva España”, también conocido como Códice Florentino. Versión digital: <https://florentinecodex.getty.edu/es>

GINGERICH, O.: 1992, “Eighteenth-century eclipse paths” en “The Great Copernicus Chase and other adventures in astronomical history” (págs. 152-159). Sky Publishing Corporation and Cambridge University Press.

HOSKIN, M. (Ed.): 1997, “The Cambridge Illustrated History of Astronomy”. Cambridge University Press.

LANGE, H.C., MCLEISH, T. (Eds.): 2023, “Eclipses and Revelation. Total Solar Eclipses in Science, History, Literature, and the Arts”. Oxford University Press.

LÉNA, P., GRATALOUP, C.: 2024, “Atlas historique du ciel”. Les Arènes, Sciences et Avenir.

MUCKEY, H., MEEUS.: 1992, “Canon of Solar Eclipses: -2003 to +2526”. (Segunda edición). Astronomisches Büro.

PLANESAS, P.: 2019, “Tránsitos. La medida del sistema solar y de otros sistemas planetarios”. CNIG.

PLANESAS, P.: 2005, “Eclipses de sol. Eclipse anular de sol 2005”. CNIG.

STEEL, D.: 1999, “Eclipse: The Celestial Phenomenon Which Has Changed the Course of History”. Headline Eds.

WULF, A.: 2020, “En busca de Venus. El arte de medir el cielo”. Taurus.

Recursos en internet

<https://eclipses.ign.es/>

<https://www.nasa.gov>

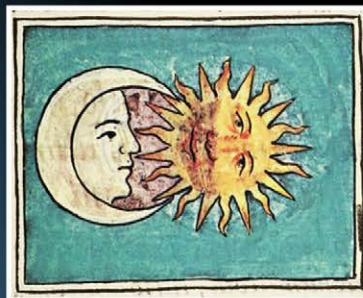
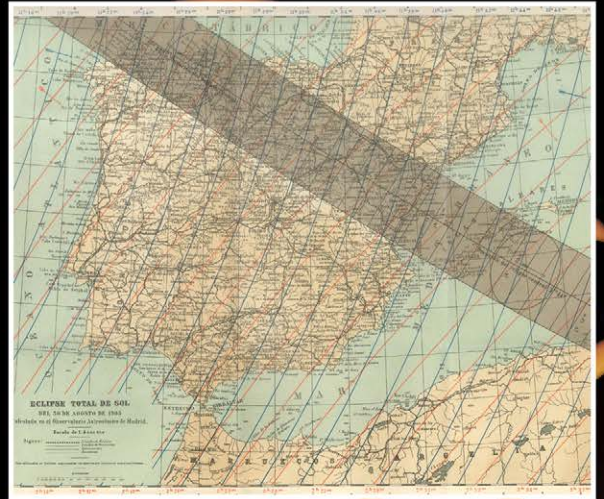
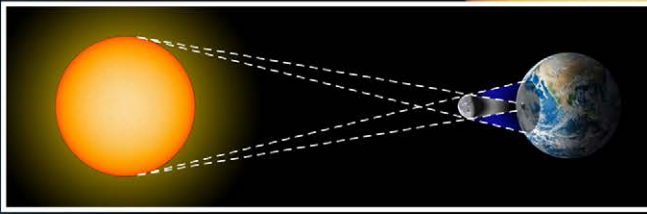
<https://www.esa.int>

<https://eclipsophile.com>

<http://xjubier.free.fr>

<https://www.exploratorium.edu/>





Descubra en este volumen todo lo referente a los eclipses solares: sus fundamentos astronómicos, sus ciclos, su impacto en la historia, en las artes, en las mitologías y, por supuesto, en la ciencia. Se incluye una detallada descripción de la tríada de eclipses "españoles" que será visible desde nuestro país en 2026, 2027 y 2028, con instrucciones y consejos para su observación óptima.

Todo ello abordado por los astrónomos profesionales del Observatorio Astronómico Nacional (IGN), institución encargada de realizar los cálculos astronómicos de los eclipses.