

Anuario del Real Observatorio 2019

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO
INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

ANUARIO DEL REAL OBSERVATORIO DE MADRID PARA 2019

Anuario del Real Observatorio de Madrid / Instituto Geográfico Nacional. – Madrid (General Ibáñez de Ibero, 3. M–28003) : I. G. N., 1860. – .– **20** cm. – Publicación anual. – NIPO: **162-09-...-.** – ISSN: **0373-...**

1. Astronomía I. España. Instituto Geográfico Nacional. 52.

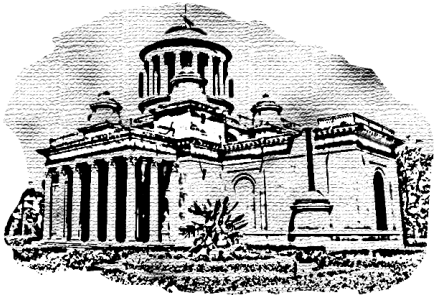
Programa editorial 2018
Depósito legal: **M. 7.390-1958**
NIPO: **162-09-...-.**
ISSN: **0373-...**

Cubierta: Esta ilustración muestra una imagen de nuestra galaxia, la Vía Láctea, con las siluetas de don Quijote y Sancho, los personajes del famoso libro de Miguel de Cervantes "El ingenioso hidalgo don Quijote de la Mancha".

Impreso en el INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL.
General Ibáñez de Ibero, 3. 28003 MADRID

Ministerio de Fomento
Instituto Geográfico Nacional

ANUARIO DEL REAL OBSERVATORIO DE MADRID PARA 2019



POSICIONES GEOGRÁFICAS

REAL OBSERVATORIO DE MADRID

(Centro del piso de la rotonda del edificio Villanueva) [1]

Latitud ..... $40°24'30\overset{''}{.}0$
Longitud[2] ..... $-14^{m}45^{s}\overset{}{.}10$ ... $-03°41'16\overset{''}{.}5$
Altitud ..... 655,36 m

OBSERVATORIO DE YEBES

(Centro del radomo del radiotelescopio de 14 m)

Latitud ..... $40°31'31\overset{''}{.}2$
Longitud ..... $-12^{m}21^{s}\overset{}{.}15$ ... $-03°05'17\overset{''}{.}3$
Altitud ..... 931 m

ESTACIÓN DE OBSERVACIÓN DE CALAR ALTO

(Coordenadas del telescopio de 1,52 m)

Latitud ..... $37°13'27\overset{''}{.}1$
Longitud ..... $-10^{m}11^{s}\overset{}{.}59$ ... $-02°32'53\overset{''}{.}9$
Altitud ..... 2.165 m

[1] Estas coordenadas se refieren a la señal NP26 de la nivelación de precisión que enlaza el nivel medio del mar en Alicante y Madrid. Dicha señal es un clavo de bronce empotrado en el centro de la rotonda del "Edificio Villanueva", sede histórica del Real Observatorio de Madrid, y al nivel de su planta baja. Este punto es también el *datum* (punto fundamental) de la red geodésica española basada en el elipsoide de Struve.

[2] La longitud se considera positiva al Este y negativa al Oeste del meridiano que pasa por Greenwich.

PRÓLOGO

Los radiotelescopios, propios o compartidos, en que vienen colaborando los astrónomos del Observatorio, y a los que tienen acceso para su explotación científica, han experimentado mejoras muy notables durante el año 2018. El radiotelescopio de 40-m de Yebes está siendo equipado con receptores de muy ancha banda (31-50 GHz y 72-116 GHz) que, unidos a los potentes espectrómetros por Transformada Rápida de Fourier (FFT), ofrecen unas altísimas prestaciones para espectroscopía. En combinación con los mayores radiotelescopios del mundo, el de Yebes sigue participando muy activamente en las Redes de observaciones VLBI, como EVN (Red Europea de VLBI), IVS (Servicio Internacional de VLBI) y GMVA (Interferómetro Global de VLBI en Ondas Milimétricas).

Este año también ha sido muy productivo en el Plateau de Bure, la meseta a 2 550 metros de altura en los Alpes franceses donde el Instituto de Radioastronomía Milimétrica (IRAM) tiene el interferómetro NOEMA. Esta institución, de la que IGN es miembro de pleno derecho, se embarcó hace unos años en una ampliación muy ambiciosa que incluía duplicar el número de antenas del interferómetro (para pasar de 6 a 12). El 19 de septiembre se culminó un importantísimo hito del proyecto al completar su primera fase con la inserción de la antena número 10. Por su parte, el interferómetro ALMA, instalado en el desierto de Atacama, ha completado en octubre su quinto año de operaciones científicas ofreciendo una nueva tanda de resultados espectaculares en los que ya se utilizan las 66 antenas al unísono y una nueva banda de frecuencia centrada a 183 GHz.

Pues bien, utilizando todos estos recursos, los astrónomos del Observatorio han continuado obteniendo resultados de primera línea en los temas de investigación que les son propios: los mecanismos de formación de estrellas y planetas, la evolución tardía de las estrellas y la estructura del gas interestelar en galaxias externas.

Señalemos finalmente que el número de visitantes al Real Observatorio de Madrid sigue incrementándose, superando este año nuevamente los 5 000. Desde que comenzaron a organizarse las visitas guiadas en el año 2011, el número anual de visitantes se ha duplicado. Además de admirar la valiosa colección de instrumentos científicos, entre los que se cuenta la réplica del Gran Telescopio de Herschel, los visitantes disfrutan de la belleza del edificio Villanueva. Todo este valioso patrimonio científico-histórico se encuentra en perfecto estado de conservación.

Rafael Bachiller
Director del Observatorio Astronómico Nacional

Octubre de 2018

CAMBIOS RESPECTO DE LAS EDICIONES PRECEDENTES

En esta edición del Anuario se ha modificado la sección dedicada a la hora en España del capítulo Tiempos. La modificación se debe a la propuesta presentada por la Comisión Europea para poner fin a los cambios de hora, en todos los estados de la Unión, durante el año 2019. Probablemente el último cambio de hora que se realice será el del domingo 31 de marzo, adoptando el horario de primavera y verano, y dejando a cada estado la libertad de elegir su uso horario.

También se han actualizado las tablas de los satélites de Júpiter, añadiendo los últimos descubrimientos realizados por el equipo de Scott S. Sheppard. Este equipo ha encontrado doce lunas nuevas que orbitan alrededor de Júpiter, esto hace que el número total de lunas conocidas de Júpiter ascienda a 79.

Por último, se ha actualizado la tabla de moléculas detectadas en el medio interestelar y circumestelar del cápitulo Tablas.

El texto ha sido procesado y maquetado con pdfLaTeX bajo Linux y las ilustraciones han sido realizadas con diversos programas de dominio público.

Información relativa al Observatorio Astronómico Nacional (OAN) puede ser obtenida a través de internet en http://astronomia.ign.es. En tal dirección electrónica se encuentran sucintas descripciones de las principales actividades y áreas de investigación científica del OAN, además de información al público relativa a efemérides astronómicas. También figura información sobre el Anuario y los artículos de divulgación publicados desde 1994.

La correspondencia sobre este Anuario debe ser enviada a:

Anuario del Real Observatorio de Madrid
Calle Alfonso XII, 3
28014 Madrid

La correspondencia relativa a los artículos de divulgación debe ser enviada directamente a sus autores.

María Sánchez Ramos.
Astrónoma.

OBSERVATORIO ASTRONÓMICO NACIONAL (IGN)

Astrónomos del OAN a fecha de 1 de noviembre de 2018

Bachiller García, Rafael, *Director*

Alcolea Jiménez, Javier
Alonso Albi, Tomás
Bujarrabal Fernández, Valentín
Colomer Sanmartín, Francisco
Desmurs, Jean-François
Fuente Juan, María Asunción
García Burillo, Santiago
Querejeta Pérez, Miguel
Rioja Capellán, María José
Sánchez Ramos, María
Santander García, Miguel
Soria Ruiz, Rebeca
Tafalla García, Mario
Tercero Martínez, Belén
Usero Villanueva, Antonio

DIRECCIONES POSTALES

Sede central:

Observatorio Astronómico Nacional (IGN)
Real Observatorio de Madrid
Alfonso XII, 3
28014 Madrid

Instalación Científico-Técnica Singular (ICTS):

Centro de Desarrollos Tecnológicos (IGN)
Observatorio de Yebes
Apartado 148
19080 Guadalajara

Sede en el campus de la Universidad de Alcalá:

Observatorio Astronómico Nacional
Centro de Investigaciones Geográficas y Astronómicas
Apartado 112
28803 Alcalá de Henares

Observatorios con participación del IGN en España:

Estación de Observación de Calar Alto
Observatorio Astronómico Nacional
Apartado 793
04080 Almería

Observatorio de Pico Veleta
Instituto de Radioastronomía Milimétrica (IRAM)
Avenida Divina Pastora, 7 (núcleo central)
18012 Granada

Índice temático

Fenómenos astronómicos:
- Resumen 13
- Visibilidad de los planetas 18
- Ocultaciones por la Luna 33
- Fenómenos día a día 37
- Eclipses de Sol y de Luna 63
- Tránsitos 79

Calendarios y tiempos:
- Calendarios 87
- Tiempos 101
  - Escalas de tiempo 102
  - Husos horarios 110
  - Tablas de tiempos 116

Efemérides astronómicas:
- El Sol:
  - Datos solares 131
  - Efemérides 136
  - Fórmulas, ortos, ocasos, etc 150
- La Luna:
  - Datos lunares 163
  - Efemérides 167
  - Fórmulas, ortos, ocasos, etc 181
- Los planetas:
  - Datos planetarios 188
  - Efemérides de los planetas 194
  - Fórmulas, ortos, ocasos, etc 210
- Satélites naturales:
  - Datos de los satélites 217
  - Satélites de Júpiter 234
  - Tabla de equivalencias para distancias 240
- Objetos menores del sistema solar:
  - Planetas enanos 242
  - Asteroides 251
  - Cometas 266
  - Meteoros y lluvias de meteoros 271
- Efemérides estelares:
  - Estrella Polar 273
  - Mínimos de Algol y β Lyr 278
  - Máximos de variables tipo Mira 279

Catálogos:
- Constelaciones 284
- Estrellas: 294
  - Brillantes 299
  - Dobles 304
  - Variables 307
- Relación entre magnitud y brillo 311
- Conversión de distancias en la Vía Láctea 312
- Vía Láctea:
  - Características de la Vía Láctea 314
  - Cúmulos estelares 316
  - Nebulosas 318
  - Catálogo de Messier de objetos difusos 323
- Objetos extragalácticos 327

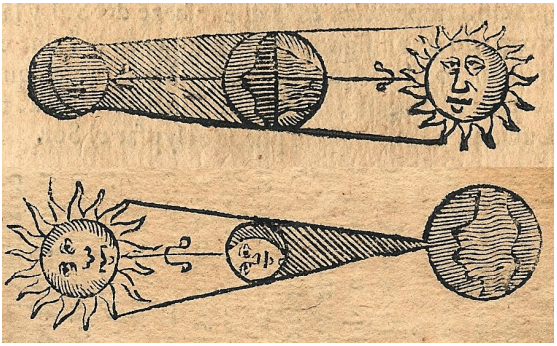
La Tierra:
- Datos físicos, geodésicos y cartográficos: 343
  - Elipsoides de referencia 345
  - Posiciones geográficas de ciudades 348
  - Posiciones geográficas de observatorios 350

Tablas complementarias:
- Corrección de coordenadas astronómicas:
  - Tablas y fórmulas de precesión 356
  - Fórmulas de nutación y aberración 359
- Corrección de refracción atmosférica 360
- Tablas de constantes físicas y astronómicas 356
- Interpolación numérica 362
- Moléculas interestelares 368

Artículos de divulgación:
- Astronomía y literatura
  por *Miguel Santander* 375
- Ondas gravitacionales, mensajeras de un universo oculto
  por *Rafael Bachiller* 406

Indice alfabético 425

FENOMENOS ASTRONOMICOS



FENÓMENOS ASTRONÓMICOS

En esta sección figuran: un resumen de las efemérides y fenómenos astronómicos más relevantes del año, una lista mes a mes de diversos fenómenos astronómicos junto con un mapa celeste mostrando el aspecto del cielo tras anochecer, y, finalmente, una descripción de los eclipses de Sol y de Luna que tendrán lugar durante el año.

CONVENIOS

Tanto en esta sección como en el resto del ANUARIO se han utilizado los siguientes convenios:

- La **escala de tiempos** usada para dar los **instantes** y las **fechas** de todas las efemérides es la escala de **Tiempo Universal** (UT1), salvo si se indica otra.
- Con respecto a las **coordenadas geográficas**, la **latitud** se considera positiva al Norte y negativa al Sur del ecuador terrestre, tomando valores entre -90° y $+90^\circ$. La **longitud** está referida al meridiano de Greenwich; se considera **positiva** al **Este** y negativa al Oeste de dicho meridiano, tomando valores entre -180° y $+180^\circ$ o entre -12^{h} y $+12^{\mathrm{h}}$.

El argumento de algunas de las ecuaciones depende del **día juliano**, el cual se considera referido al meridiano de Greenwich y a la escala de Tiempo Universal. Para este año es válida la relación:

$$\text{día juliano} = 2458483{,}5 + \text{día del año} + \mathrm{TU}/24^{\mathrm{h}}$$

Efemérides y fenómenos astronómicos relevantes durante el año

Inicio de las estaciones

El inicio de las estaciones viene dado, por convenio, por los instantes en que la longitud eclíptica aparente del Sol toma unos determinados valores. Tales instantes corresponden a cuando el Sol culmina a una altura máxima o mínima sobre el horizonte (solsticio de verano y de invierno, respect.) y a cuando las duraciones del día y de la noche coinciden, salvo efectos de refracción (equinoccios de primavera y de otoño). El día del mes en que se inicia una determinada estación puede encontrarse, a lo sumo, en cuatro fechas distintas. En la tabla siguiente se indican los inicios de las estaciones más prematuros y más tardíos en este siglo y el anterior.

Fechas extremas de inicio de las estaciones

Siglo	Año	Primavera Marzo	Verano Junio	Otoño Setiembre	Invierno Diciembre
XX	2000	$20^{d}\,07^{h}35^{m}$	$21^{d}\,01^{h}48^{m}$	$22^{d}\,17^{h}28^{m}$	$21^{d}\,13^{h}37^{m}$
(1901-2000)	1903	$21^{d}\,19^{h}15^{m}$	$22^{d}\,15^{h}05^{m}$	$24^{d}\,05^{h}44^{m}$	$23^{d}\,00^{h}21^{m}$
XXI	2096	$19^{d}\,14^{h}03^{m}$	$20^{d}\,06^{h}31^{m}$	$21^{d}\,22^{h}55^{m}$	$20^{d}\,20^{h}46^{m}$
(2001-2100)	2003	$21^{d}\,01^{h}00^{m}$	$21^{d}\,19^{h}10^{m}$	$23^{d}\,10^{h}47^{m}$	$22^{d}\,07^{h}04^{m}$

La duración de las estaciones apenas varía de un año a otro. En la tabla siguiente se indican los días de permanencia en cada estación para este año.

Perihelio y afelio

El instante de mayor acercamiento entre el Sol y la Tierra se denomina perihelio y se da entre los días 1 y 5 de enero. El mayor acercamiento al Sol en este siglo se dará el 5 de enero de 2020. El instante de mayor alejamiento se denomina afelio y se da entre los días 2 y 7 de julio. El mayor alejamiento del Sol en este siglo se dará el 4 de julio de 2019.

Fases de la Luna

El inicio de las fases de la Luna viene dado, por convenio, por los instantes en que la longitud eclíptica geocéntrica del Sol y de la Luna difieren en unos ángulos dados (0°, 90°, 180°, 270°). Cuando coinciden se da la Luna Nueva, instante en el cual en ocasiones se produce un eclipse solar. Cuando difieren en 180° se da la Luna Llena, instante en el cual en ocasiones se produce un eclipse lunar.

Efemérides y fenómenos astronómicos relevantes en 2019

Inicio de las estaciones

Hemisferio boreal	Fecha y hora en Tiempo Universal (TU)	Hemisferio austral	duración en días
Primavera	20 de marzo a las 21^h58^m	Otoño	92,75
Verano	21 de junio a las 15^h54^m	Invierno	93,66
Otoño	23 de setiembre a las 07^h50^m	Primavera	89,85
Invierno	22 de diciembre a las 04^h19^m	Verano	88,98

Órbita de la Tierra

Perihelio (distan. mínima)	3 de enero a las 05^h TU	0,983302 ua
Afelio (distan. máxima)	4 de julio a las 23^h TU	1,016754 ua

ua = unidad astronómica = 149 597 870 km

Fases de la Luna

Luna nueva				Cuarto crec.				Luna llena				Cuarto meng.			
mes	*día*	*h*	*m*	*mes*	*día*	*h*	*m*	*mes*	*día*	*h*	*m*	*mes*	*día*	*h*	*m*
Ene	06	01	28	Ene	14	06	46	Ene	21	05	16	Ene	27	21	10
Feb	04	21	04	Feb	12	22	26	Feb	19	15	54	Feb	26	11	28
Mar	06	16	04	Mar	14	10	27	Mar	21	01	43	Mar	28	04	10
Abr	05	08	50	Abr	12	19	06	Abr	19	11	12	Abr	26	22	18
May	04	22	46	May	12	01	12	May	18	21	11	May	26	16	34
Jun	03	10	02	Jun	10	05	59	Jun	17	08	31	Jun	25	09	46
Jul	02	19	16	Jul	09	10	55	Jul	16	21	38	Jul	25	01	18
Ago	01	03	12	Ago	07	17	31	Ago	15	12	29	Ago	23	14	56
Ago	30	10	37	Set	06	03	10	Set	14	04	33	Set	22	02	41
Set	28	18	26	Oct	05	16	47	Oct	13	21	08	Oct	21	12	39
Oct	28	03	38	Nov	04	10	23	Nov	12	13	34	Nov	19	21	11
Nov	26	15	06	Dic	04	06	58	Dic	12	05	12	Dic	19	04	57
Dic	26	05	13												

Eclipses

Fecha	Astro	Tipo	Visibilidad
Ene 5/6	Sol	parcial	N.E. Asia y N. Pacífico
Ene 21	Luna	total	Pacífico, América, Europa y África
Jul 02	Sol	total	S. Pacífico y Sudamérica
Jul 16/17	Luna	parcial	Sudamérica, Europa, África, Asia y Oceanía
Dic 26	Sol	anular	Asia y Oceanía

En 2020 habrá dos eclipses de Sol y cuatro de Luna. El próximo eclipse solar visible en España tendrá lugar el día 10 de junio de 2021.

Mercurio

Máximas elongaciones												
Este			Oeste			Este			Oeste			
Feb	27	18°,1	Abr	11	27°,7	Jun	23	25°,2	Ago	9	19°,0
Oct	20	24°,7	Nov	28	20°,2						

Órbita	
Conjunción superior	Ene 30, May 21, Set 4
Estacionario	Mar 5, Jul 7, Oct 31
Conjunción inferior	Mar 15, Jul 21, Nov 11
Estacionario	Mar 27, Jul 31, Nov 20
Afelio	Ene 12, Abr 10, Jul 7, Oct 3, Dic 30
Perihelio	Feb 25, May 24, Ago 20, Nov 16

Brillo máximo (magnitud V)		
Feb	1	−1,3
May	21	−2,2
Set	2	−1,7

El día 11 de noviembre de 2019 se producirá el tránsito de Mercurio por delante del Sol.

Venus

Órbita		
Máxima elongación Oeste	Ene 6	47°,0
Conjunción superior	Ago 14	1,731 ua
Afelio	Abr 18, Nov 28	
Perihelio	Ago 8	

Brillo máximo (magnitud V)		
Ago	15	−3,8

El próximo tránsito de Venus por delante del Sol se producirá el 11 de diciembre de 2117.

Marte

Órbita		
En nodo ascendente	Ene 15	
Afelio	Ago 26	1,666 ua
Conjunción	Set 2	
Estaciones en el hemisferio Norte:		
Equinoccio de primavera	Mar 23	
Solsticio de verano	Oct 8	

Brillo máximo (magnitud V)		
Set	2	1,7

Planetas exteriores

Planeta	Estac.	Conj.	Estac.	Opo.	Estac.	Conj.
Júpiter			Abr 10^d17^h	Jun 10^d15^h	Ago 11^d16^h	Dic 27^d18^h
Saturno		Ene 02^d05^h	Abr 30^d03^h	Jul 09^d17^h	Set 18^d06^h	
Urano	Ene 07^d02^h	Abr 22^d23^h	Ago 12^d05^h	Oct 28^d08^h		
Neptuno		Mar 07^d01^h	Jun 22^d04^h	Set 10^d07^h	Nov 27^d20^h	

Planeta	Distancia media al Sol (ua)	Brillo medio en magnitudes	Constelaciones recorridas
Júpiter	5,4	−1,9	Sagitario/Escorpio
Saturno	10,1	+0,4	Sagitario
Urano	19,9	+5,8	Piscis/Aries
Neptuno	29,9	+7,9	Acuario

Los días 12 de junio y 9 de julio se producirán los máximos acercamientos anuales de Júpiter y Saturno a la Tierra, alcanzando unos diámetros de 46,″0 y 18,″4, respectivamente.

Se producirá un tránsito de Mercurio por delante del Sol en su conjunción inferior del día 11 de noviembre.

El 7 de diciembre Júpiter alcanzará una máxima declinación sur de -23°y será ocultado por el Sol en su conjunción superior del día 27 de diciembre.

El próximo paso de la Tierra por el plano de los anillos de Saturno tendrá lugar el 23 de marzo de 2025, siendo la inclinación media de sus anillos en 2019 de 24°.

Entrada del Sol en los signos del zodíaco (TU)

Acuario	Ene	20^d	09^h	00^m	Leo	Jul	23^d	02^h	50^m
Piscis	Feb	18^d	23^h	04^m	Virgo	Ago	23^d	10^h	02^m
Aries	Mar	20^d	21^h	59^m	Libra	Set	23^d	07^h	50^m
Tauro	Abr	20^d	08^h	55^m	Escorpio	Oct	23^d	17^h	20^m
Géminis	May	21^d	07^h	59^m	Sagitario	Nov	22^d	14^h	59^m
Cáncer	Jun	21^d	15^h	54^m	Capricornio	Dic	22^d	04^h	20^m

El zodíaco es una banda de la esfera celeste de 18° de anchura centrada en la eclíptica. Esta se divide convencionalmente en doce partes iguales denominadas *signos* que corresponden a arcos de 30° de longitud. Los signos se designan por el nombre de la constelación con la que aproximadamente coincidían cuando fueron definidos, hace más de dos mil años, actualmente existe un desfase de unos 30° con su posición verdadera. Más de la mitad de tales constelaciones tiene nombre de animal, de ahí la denominación *zodíaco* dada a tal banda.

Visibilidad de los planetas brillantes en 2019

Planeta	En el crepúsculo matutino			En el crepúsculo vespertino		
Mercurio	Ene 1	–	Ene 15	Feb 10	–	Mar 8
	Mar 22	–	May 2	May 28	–	Jul 8
	Jul 30	–	Ago 27	Set 15	–	Nov 3
	Nov 17	–	Dic 25		–	
Venus	Ene 1	–	Jul 9	Set 20	–	Dic 31
Marte		–		Ene 1	–	Jul 19
	Set 27	–	Dic 31		–	
Júpiter	Ene 1	–	Jun 18	Jun 5	–	Dic 15
Saturno	Ene 19	–	Jul 16	Jul 1	–	Dic 28
Urano		–		Feb 1	–	Mar 27
	Jun 3	–	Nov 2	Oct 19	–	Dic 31

En la tabla anterior se indican las fechas para las cuales los planetas cuya magnitud sea inferior a 6 resultan visibles antes de la salida (orto) del Sol, o bien después de la puesta (ocaso) del Sol. Se han descartado aquellas fechas para las cuales el planeta considerado está excesivamente cerca del Sol y aquéllas para las cuales el planeta no es suficientemente brillante como para ser visible (a ojo) en el cielo parcialmente iluminado del crepúsculo. Se ha considerado una latitud media en el hemisferio norte terrestre.

En las dos figuras de la página siguiente se representa la altura sobre el horizonte de cada uno de los planetas visibles, en el instante de los crepúsculos civiles, para los diversos meses del año y a la latitud de Madrid. Se dice que el crepúsculo civil empieza o acaba cuando el centro del disco solar se encuentra 6° por debajo del horizonte del lugar. En tal momento se llegan a ver a simple vista los astros de magnitud 1 o más brillantes, como son Venus, Júpiter y, en ciertas épocas, Marte y Saturno, además de algunas estrellas.

En el año 2019 Mercurio será visible en diversas ocasiones antes de amanecer, como se indica en la tabla y en las ilustraciones siguientes. El brillo es mayor hacia el final de cada uno de los periodos, lo que hace más favorable la observación. Será también visible en varias épocas en el crepúsculo vespertino, siendo su brillo mayor al principio de cada periodo.

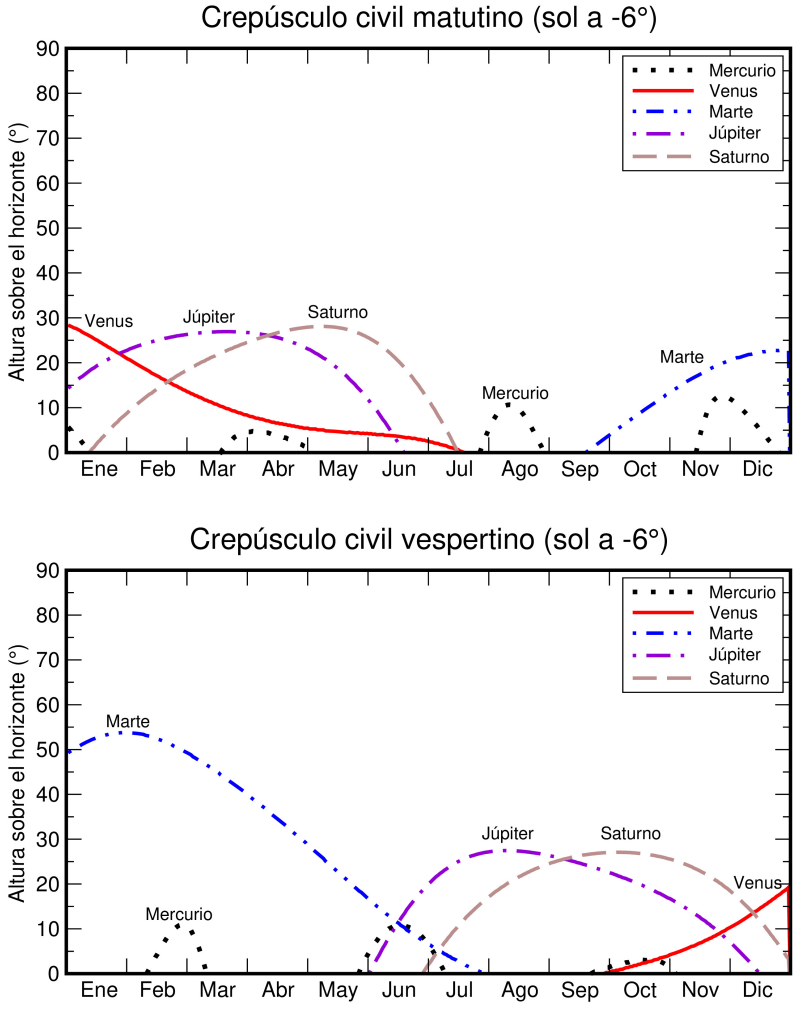
Venus se verá como lucero matutino desde el principio del año hasta mediados de julio y como astro vespertino de octubre hasta finales de año. Alcanzará su brillo máximo a mediados de agosto.

Marte será visible al atardecer desde principios de año hasta mediados de julio y al amanecer de octubre a finales de año, alcanzando su máximo brillo a principios de setiembre.

Júpiter será visible al amanecer de enero a junio, durante la primera

quincena de junio se verá toda la noche, pasando a verse al atardecer hasta mediados de diciembre.

Saturno será visible al amanecer desde mediados de enero hasta julio, durante la primera quincena de julio se verá toda la noche, pasando a verse al atardecer hasta finales de diciembre. La inclinación media de sus anillos será de 24°.



Visibilidad de los planetas mes a mes

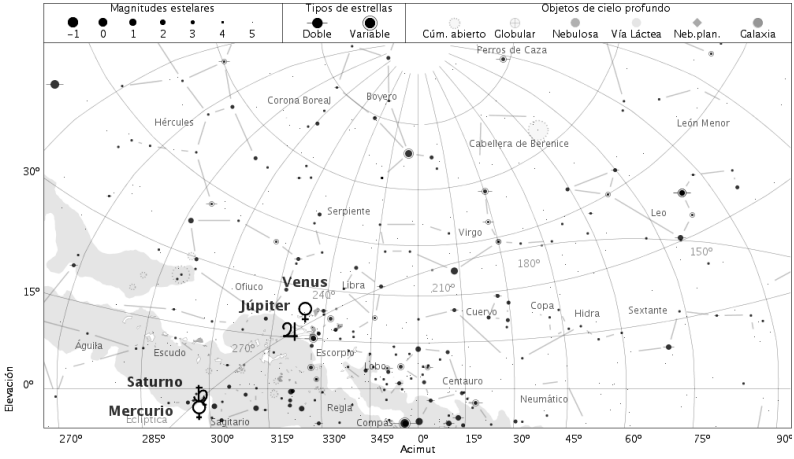
Enero	Al amanecer serán visibles Venus, Júpiter, hasta mediados de mes Mercurio y desde mediados Saturno. Al atardecer es visible Marte.
Febrero	Venus, Júpiter y Saturno siguen luciendo por la mañana, al atardecer Marte y Urano, a los que se unirá Mercurio a mediados de mes.
Marzo	Venus, Júpiter y Saturno siguen siendo visibles al amanecer, Marte y Urano al atardecer.
Abril	Mercurio, Venus, Júpiter y Saturno lucirán por la mañana. Marte será visible al atardecer.
Mayo	Venus, Júpiter y Saturno siguen luciendo por la mañana y Marte al atardecer.
Junio	Venus, Saturno y Urano serán visibles al amanecer, mientras que Júpiter será visible toda la noche hasta mediados de mes, pasando a ser visible por la tarde junto a Marte y Mercurio.
Julio	Urano y, los primeros días del mes, Venus serán visibles al amanecer. Saturno será visible toda la noche hasta mediados de mes, pasando a ser visible por la tarde junto a Júpiter. Marte será visible al atardecer la primera quincena del mes.
Agosto	Urano y Mercurio serán visibles al amanecer. Júpiter y Saturno se verán al atardecer.
Septiembre	Urano será visible al amanecer. Saturno y Júpiter al atardecer.
Octubre	Marte se verá al amanecer junto con Urano, que pasará a ser visible durante toda la noche a mediados de mes. Mercurio, Venus, Júpiter y Saturno serán visibles al atardecer.
Noviembre	Marte y, desde mediados de mes, Mercurio serán visibles al amanecer. Venus, Júpiter, Saturno y Urano serán visibles al atardecer.
Diciembre	Mercurio y Marte son visibles al amanecer. Venus, Saturno, Urano y, hasta mediados del mes, Júpiter se verán al atardecer.

Urano en general sólo es visible con ayuda de instrumentos, como unos prismáticos o un pequeño telescopio.

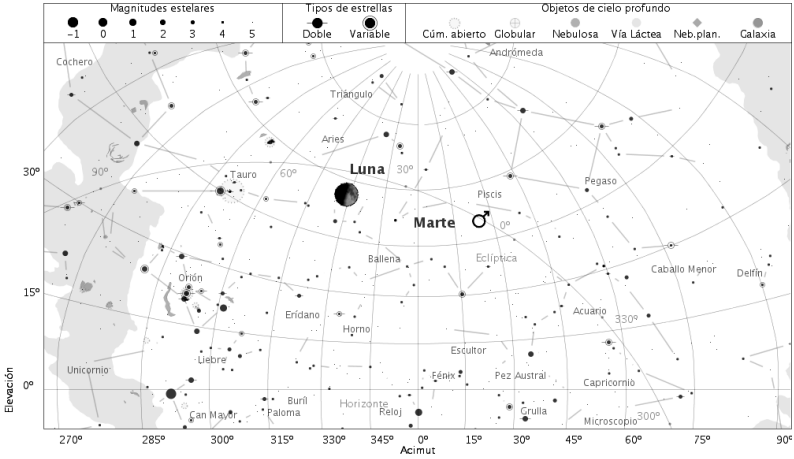
En las páginas siguientes se muestra el aspecto del cielo nocturno meridional en Madrid para el día 15 de cada mes, con indicación de la posición de los planetas visibles a la hora indicada. Esta corresponde a aproximadamente una hora antes de la salida del Sol o una hora después de la puesta del Sol, según corresponda. Se trata de instantes cercanos al crepúsculo naútico, en que la noche es oscura salvo por la posible presencia de la Luna.

La proyección utilizada es la estereográfica y el área del cielo mostrada corresponde a la mitad meridional, cubriendo 180° en acimut. El acimut 0° (centro de la figura) corresponde al Sur, el acimut 270° (izquierda) al Este y el acimut 90° (derecha) al Oeste.

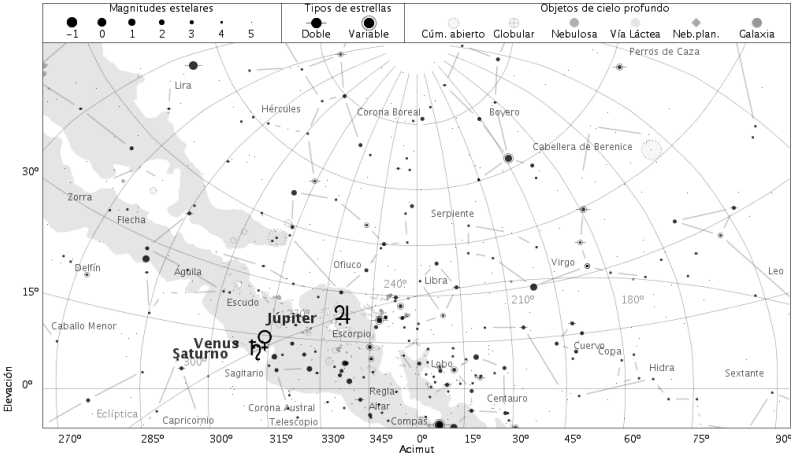
15 de enero de 2019, a las 6:45 TU



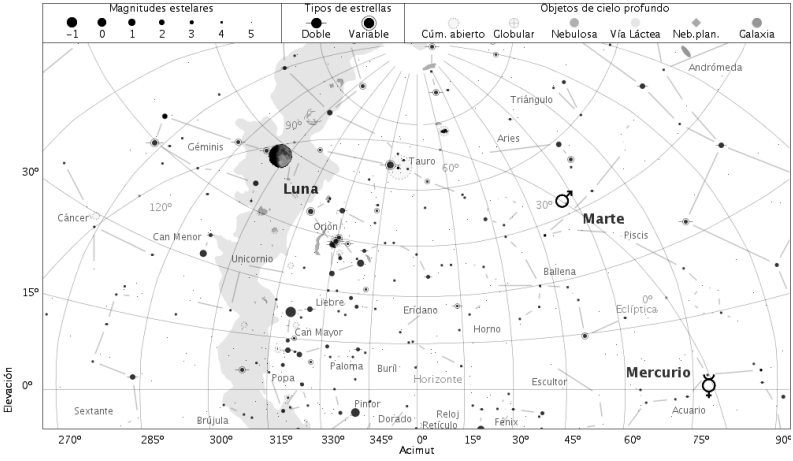
15 de enero de 2019, a las 18:15 TU



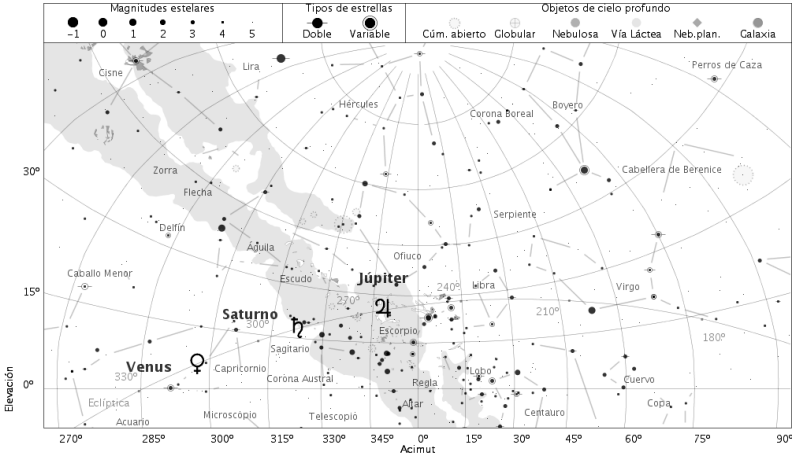
15 de febrero de 2019, a las 6:15 TU



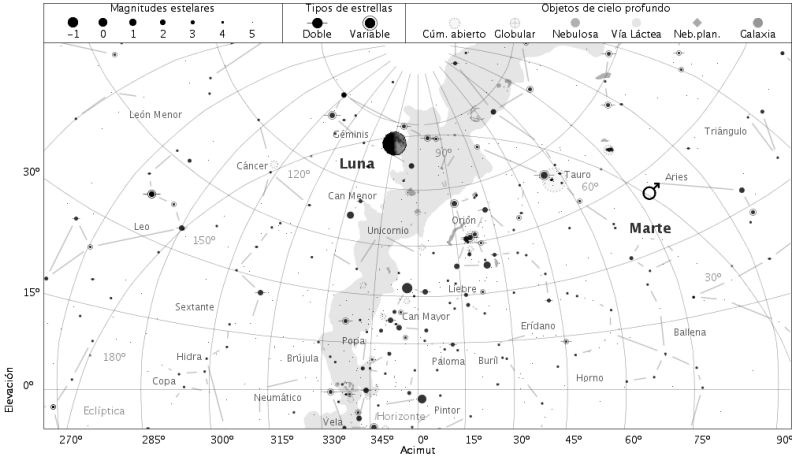
15 de febrero de 2019, a las 18:45 TU



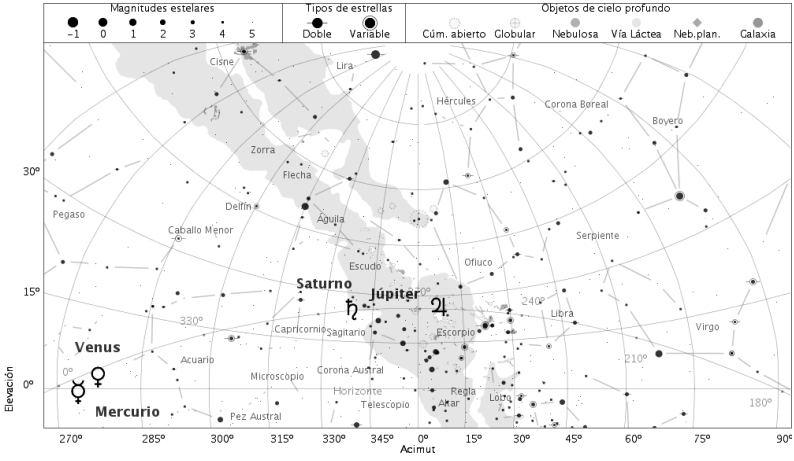
15 de marzo de 2019, a las 5:30 TU



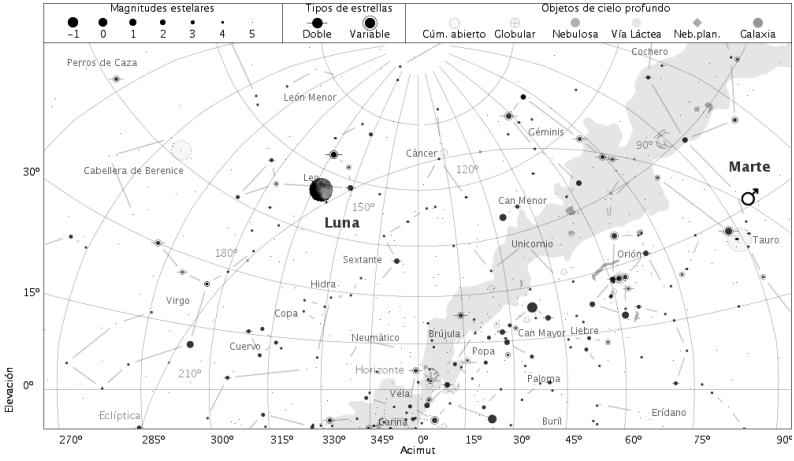
15 de marzo de 2019, a las 19:15 TU



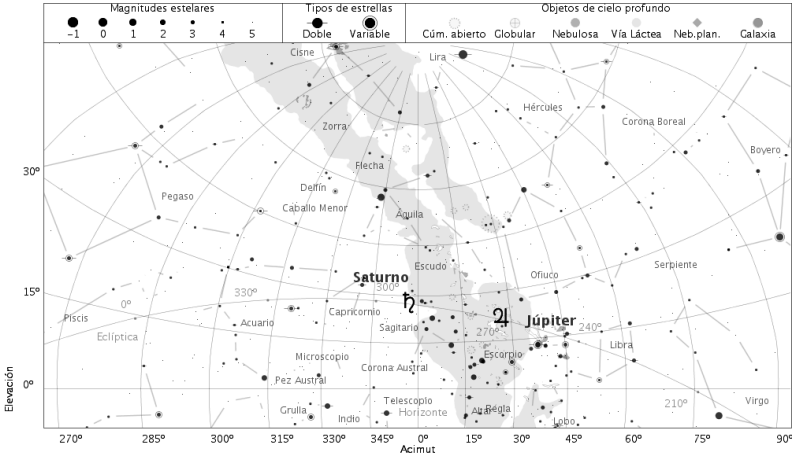
15 de abril de 2019, a las 4:45 TU



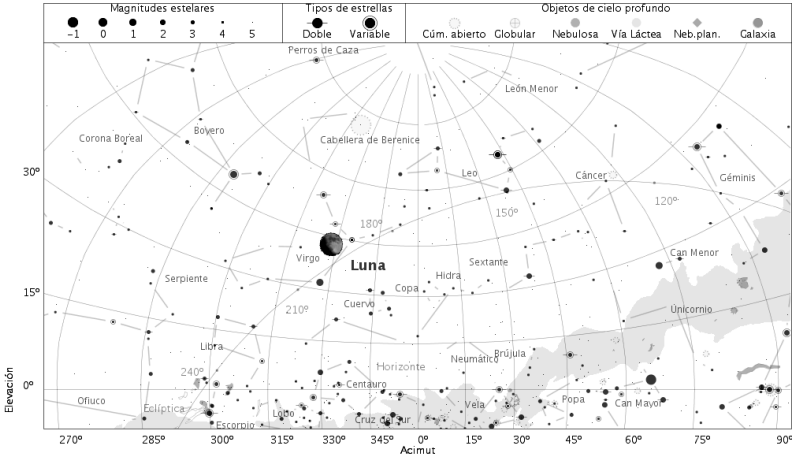
15 de abril de 2019, a las 19:45 TU



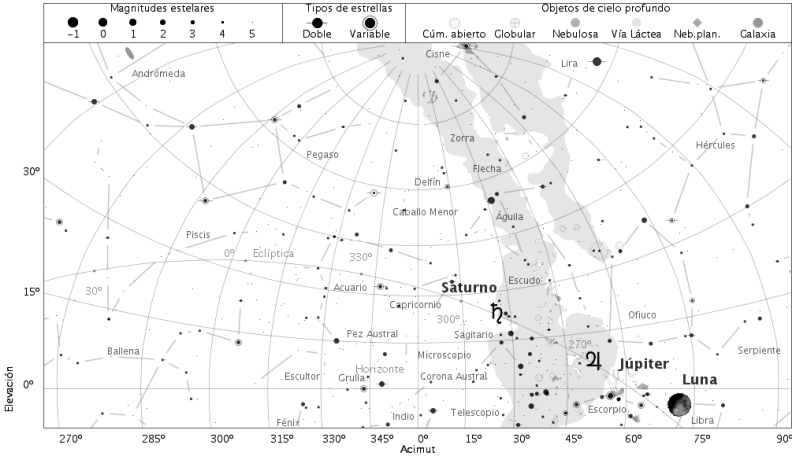
15 de mayo de 2019, a las 4:00 TU



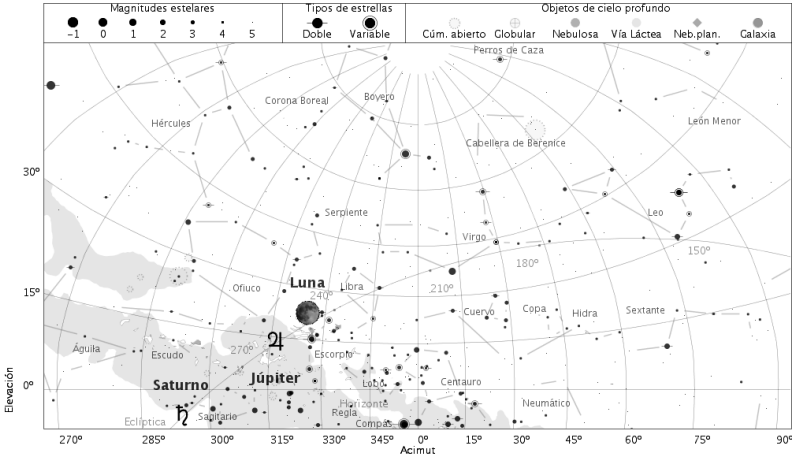
15 de mayo de 2019, a las 20:15 TU



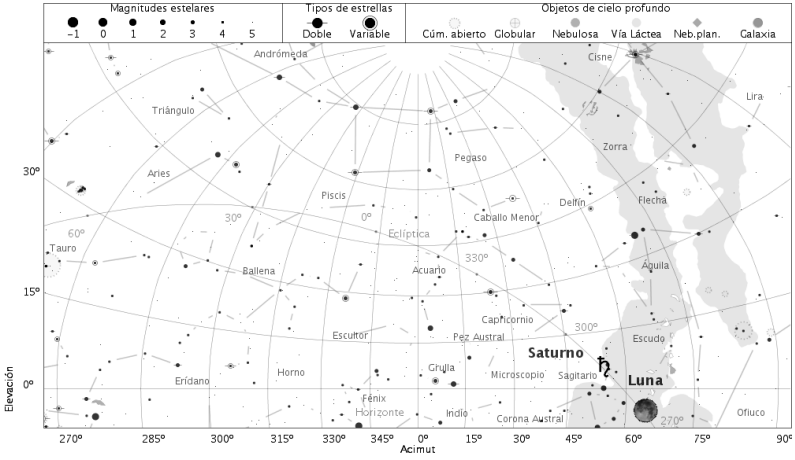
15 de junio de 2019, a las 3:45 TU



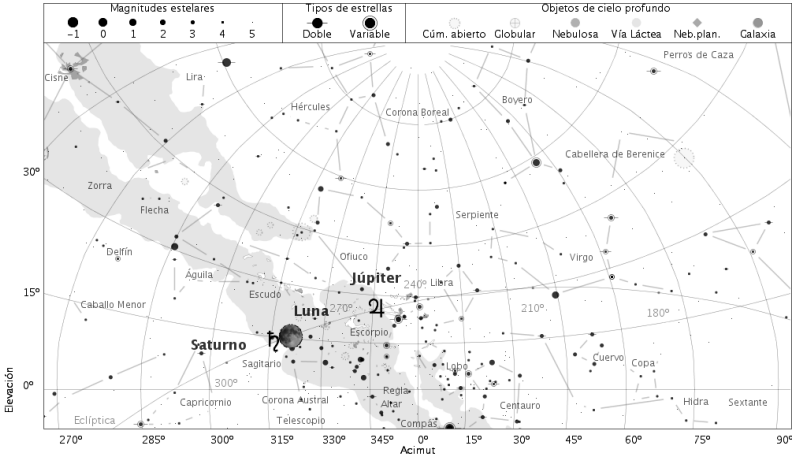
15 de junio de 2019, a las 20:45 TU



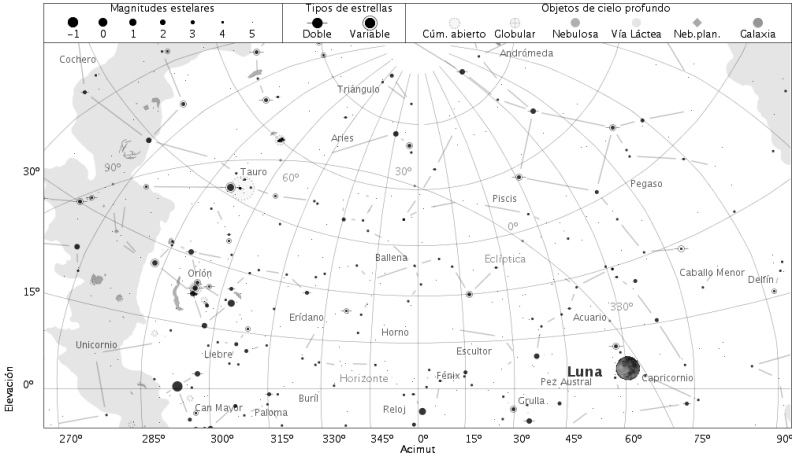
15 de julio de 2019, a las 4:00 TU



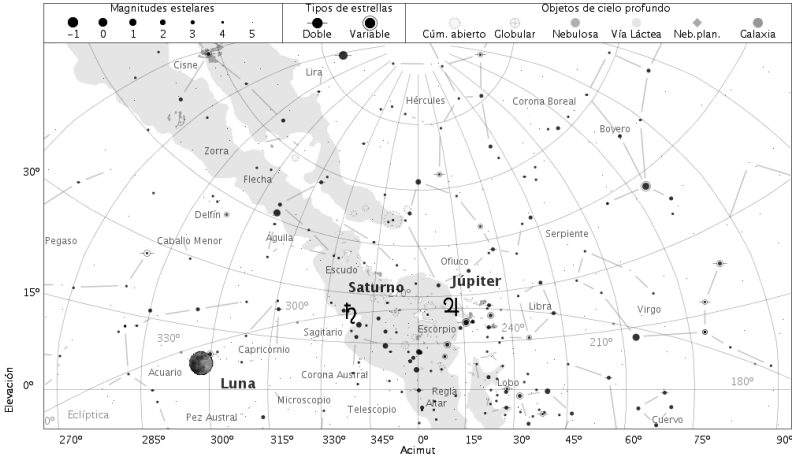
15 de julio de 2019, a las 20:45 TU



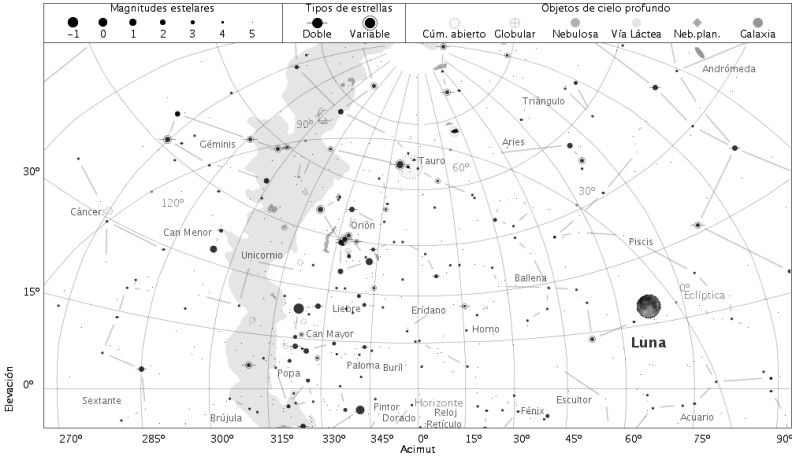
15 de agosto de 2019, a las 4:30 TU



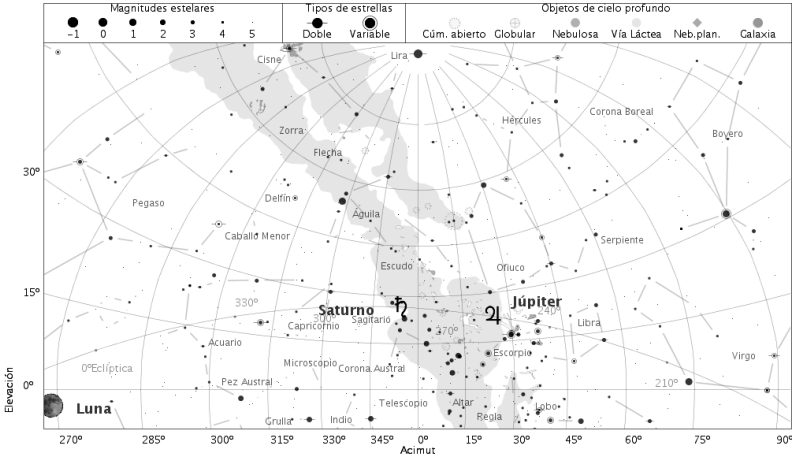
15 de agosto de 2019, a las 20:15 TU



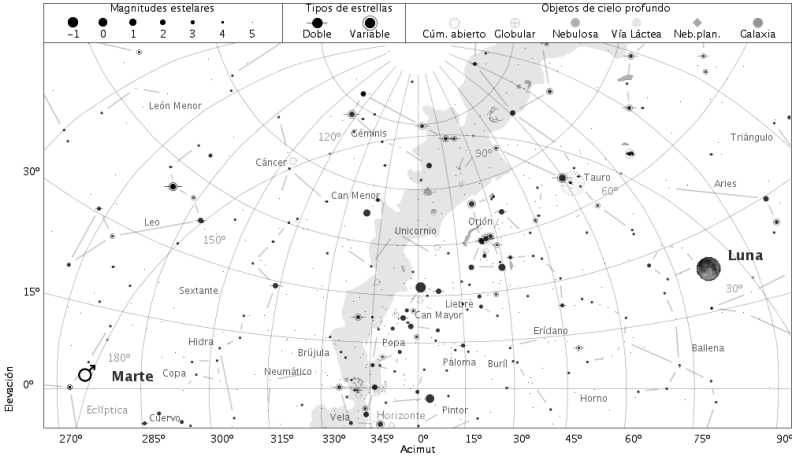
15 de setiembre de 2019, a las 5:00 TU



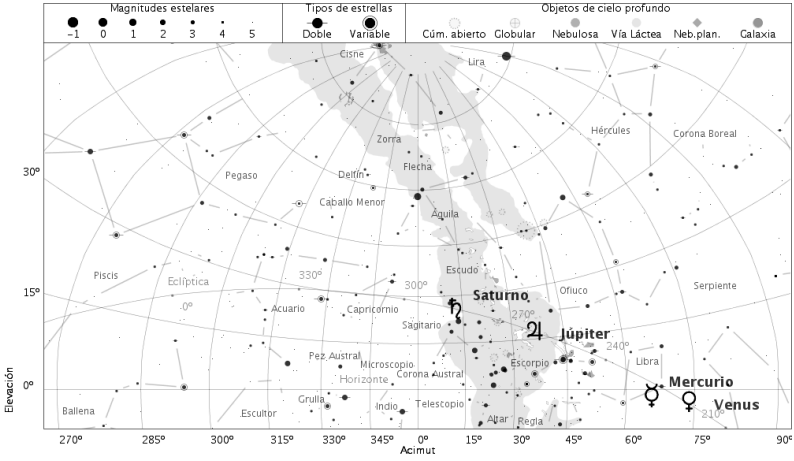
15 de setiembre de 2019, a las 19:15 TU



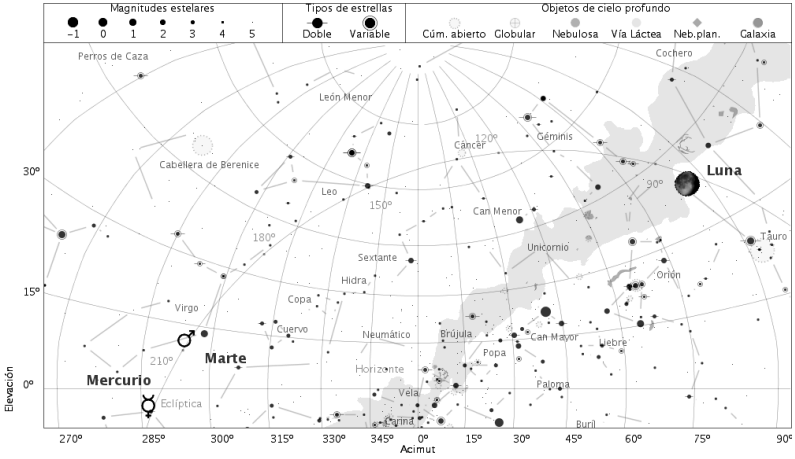
15 de octubre de 2019, a las 5:30 TU



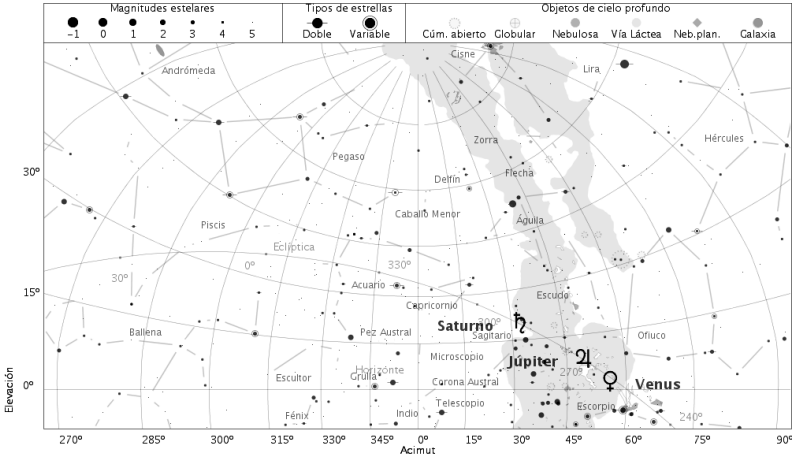
15 de octubre de 2019, a las 18:30 TU



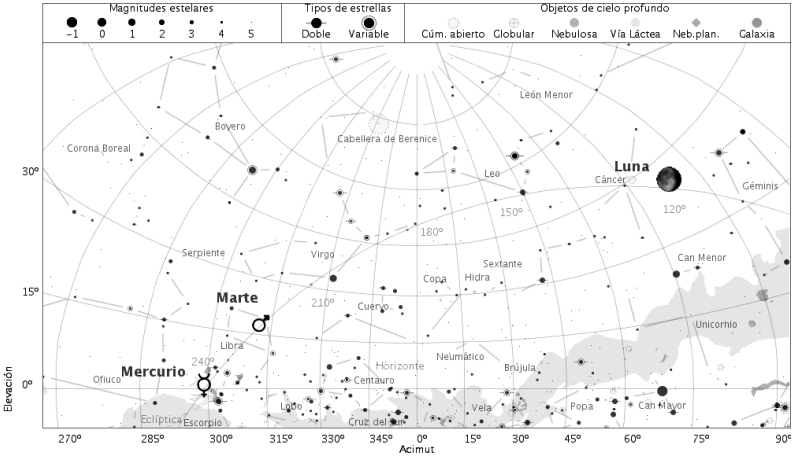
15 de noviembre de 2019, a las 6:00 TU



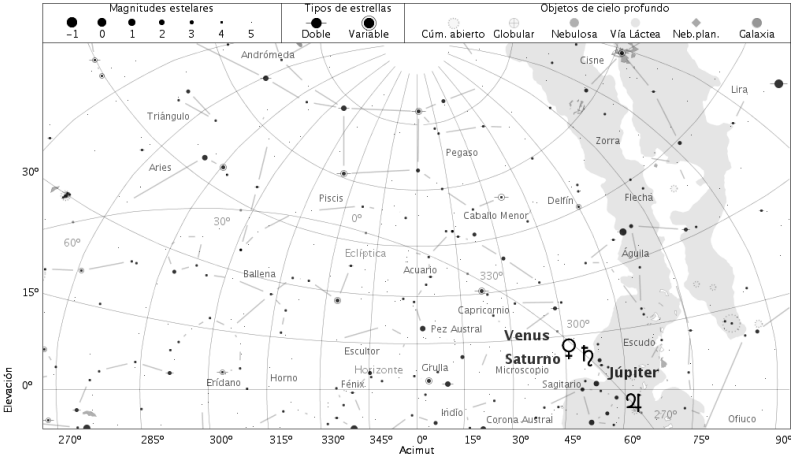
15 de noviembre de 2019, a las 18:00 TU



15 de diciembre de 2019, a las 6:30 TU



15 de diciembre de 2019, a las 17:45 TU



Ocultaciones relevantes por la Luna o el Sol en 2019

Algunas de estas ocultaciones serán visibles desde España. Las visibles desde Madrid se indican con un asterisco tras la fecha de la ocultación.

Ocultación de planetas por la Luna

Mercurio es ocultado por la Luna:	Feb 5
Venus es ocultado por la Luna:	Ene 31, Jul 31, Dic 29
Marte es ocultado por la Luna:	Jul 4
Júpiter es ocultado por la Luna:	Nov 28*, Dic 26
Saturno es ocultado por la Luna:	Ene 5, Feb 2*, Mar 1, Mar 29 Abr 25, May 22, Jun 19, Jul 16 Ago 12, Set 8, Oct 5, Nov 2 Nov 29

La serie de ocultaciones de Saturno que comenzó el 9 de diciembre de 2018 terminará el 29 de noviembre de 2019.

El día 28 de noviembre comenzará una serie de ocultaciones de Júpiter que terminarán el 19 de febrero de 2020.

La ocultación de Júpiter del 28 de noviembre se producirá durante el día. La inmersión de la ocultación de Saturno del 2 de febrero estará por debajo del horizonte.

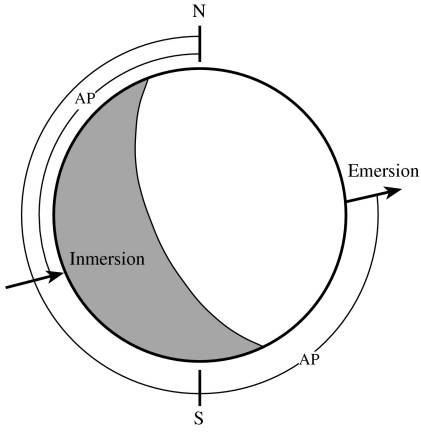
Ocultación de **Júpiter** en Madrid

Fase	TU	A.P.	borde (⌋	altura	*A*	*B*
28 de noviembre:						
Inmersión	$9^h10^m.7$	122°	oscuro	1°	$0{,}2^m/°$	$0{,}5^m/°$
Emersión	$10^h14^m.7$	267°	iluminado	10°	$1{,}2^m/°$	$1{,}2^m/°$

Ocultación de **Saturno** en Madrid

Fase	TU	A.P.	borde (⌋	altura	*A*	*B*
2 de febrero:						
Emersión	$6^h20^m.3$	281°	oscuro	5°	$0{,}7^m/°$	$1{,}0^m/°$

El ángulo de posición (A.P.) de la inmersión o la emersión se mide desde el Norte en el sentido Norte-Este-Sur-Oeste.



Ocultación de planetas por el Sol

Júpiter será ocultado por el Sol durante los días 27 y 28 de diciembre. El primer contacto se producirá el día 27 a las $10^h34^m.3$ TU, la distancia mínima de 5′.7 se producirá el día 27 a las $18^h25^m.8$ y el último contacto el día 28 a las $2^h17^m.6$.

Ocultación de grandes asteroides por la Luna

Flora es ocultado por la Luna:	Ene 28, Jul 11, Ago 7, Set 4* Oct 2, Oct 31, Nov 28, Dic 26
Vesta es ocultado por la Luna:	Feb 6, Mar 6, Abr 4, May 2* May 30
Astraea es ocultado por la Luna:	Feb 9, May 4, Jun 2, Jun 30
Metis es ocultado por la Luna:	Mar 5*, Abr 2, May 1, May 29 Jun 26, Jul 24, Nov 10
Ceres es ocultado por la Luna:	May 19, Jun 15
Hebe es ocultado por la Luna:	Jul 4, Ago 2, Ago 30, Set 27 Oct 25

La ocultación de Metis del 5 de marzo, la de Vesta del 2 de mayo y la de Flora del 4 de setiembre se producirán durante el día.

Ocultación de estrellas brillantes por la Luna

En 2019 no se producirán ocultaciones de Antares (α Sco), Espiga (α Vir), Régulo (α Leo) y Aldebarán (α Tau); sus próximas series comenzarán el 25 de agosto de 2023, el 16 de junio de 2024, el 26 de julio de 2025 y el 18 de agosto de 2033 respectivamente.

• Ocultaciones de estrellas de magnitud inferior a 4 visibles desde Madrid:

δ Gem, NZC 1110, ($V = 3,5$)	May 9*, Ago 27*
μ Gem, NZC 976, ($V = 2,9$)	Nov 16*
ζ Tau, NZC 847, ($V = 3,0$)	Ago 25*
δ^1 Tau, NZC 648 ($V = 3,8$)	May 6*, Jun 30*, Ago 24*

En la siguiente tabla no se han considerado las ocultaciones que tienen lugar de día o muy cerca del horizonte. Por tratarse de estrellas de magnitud cercana a 4 sólo se indica el fenómeno (inmersión o emersión) que tiene lugar por el borde oscuro de la Luna.

Características de la ocultación de otras estrellas brillantes

Fase	TU	A.P.	borde (⌊	altura	A	B
Agosto 24: δ^1 Tau, ($V = 3,8$)						
Emersión	$3^h27^m,3$	224°	oscuro	45°	$0,6^m/°$	$2,3^m/°$
Noviembre 16: μ Gem, ($V = 2,9$)						
Emersión	$^h2\ 25^m,4$	218°	oscuro	71°	$1,7^m/°$	$2,9^m/°$
Agosto 27: δ Gem, ($V = 3,5$)						
Emersión	$4^h24^m,6$	297°	oscuro	27°	$0,7^m/°$	$0,4^m/°$

Características de las ocultaciones fuera de Madrid

Las tablas precedentes dan los tiempos de inmersión y emersión del astro para un observador situado en Madrid. Los instantes de inmersión o emersión para un lugar situado $\Delta\lambda$ grados al Este y $\Delta\phi$ grados al Norte de Madrid se pueden determinar de una forma aproximada, usando los parámetros indicados en tales tablas, realizando un simple cálculo:

$$TU = TU_{Madrid} + A\,\Delta\lambda + B\,\Delta\phi$$

Para un observador situado el Oeste de Madrid $\Delta\lambda$ será negativo; para un observador situado al Sur $\Delta\phi$ será negativo.

Ejemplo: Para calcular el tiempo de emersión de Saturno en su ocultación del 2 de febrero para un observador situado en Palma de Mallorca se procede como sigue:

$$\Delta\lambda = \lambda_{Palma\ de\ Mallorca} - \lambda_{Madrid} = (2^{\circ},6) - (-3^{\circ},7) = 6^{\circ},3$$
$$\Delta\phi = \phi_{Palma\ de\ Mallorca} - \phi_{Madrid} = 39^{\circ},6 - 40^{\circ},4 = -0^{\circ},8$$

Inmersión:

TU = 6 h 20,3 min + (0,7) min/° × (6,3°) + (1,0) min/° × (–0,8°)
= 6 h 23,9 min

Este procedimiento da errores de varios minutos para los lugares alejados del de referencia en varios grados, pues el lugar del borde lunar por el que desaparece o aparece el astro depende fuertemente y de manera no lineal (aquí supuesta) de la posición del observador. Además, esta determinación es poco precisa cuando la ocultación es muy breve.

Cometas periódicos que pasan por su perihelio en 2019

Cometas periódicos que pasan por su perihelio en 2019

Nombre del cometa	mes	día	distancia a		elongación
			Sol (ua)	Tierra (ua)	(°)
29P/Schwassmann-Wachmann 1	Mar	1	5,72	6,65	18
69P/Taylor	Mar	10	2,27	2,32	75
25D/Neujmin 2	May	6	1,34	1,27	71
31P/Schwassmann-Wachmann 2	Jun	20	3,42	4,22	34
68P/Klemola	Nov	21	1,76	2,00	62

ua = unidad astronómica = 149 597 870 700 m

Estas efemérides se basan en los parámetros orbitales suministrados por la NASA `http://ssd.jpl.nasa.gov/dat/ELEMENTS.COMET`. Determinaciones de tales parámetros más próximas a la época del perihelio pueden dar lugar a tiempos de paso diferentes en varios días. Ello es consecuencia de la variabilidad de las órbitas de los cometas por fenómenos no gravitatorios (como son la expulsión de gas o la fragmentación del núcleo), por perturbaciones planetarias aquí no tenidas en cuenta y por la mejora del conocimiento de cada trayectoria gracias a la observación continuada.

Fenómenos astronómicos día a día

En las páginas siguientes se da, mes a mes y por orden cronológico, la fecha de diversos fenómenos astronómicos, algunos de los cuales ya han sido mencionados en páginas anteriores. Se consideran los siguientes:

inicio de las fases de la Luna, paso de la Luna por el perigeo y el apogeo (mínima y máxima distancia a la Tierra, respectivamente),
pasos de la Tierra por el perihelio y el afelio (mínima y máxima distancia al Sol, respectivamente),
equinoccios y solsticios (o sea, el inicio de las estaciones),
entrada del Sol en los signos del zodíaco (instantes en que la longitud media del Sol es un múltiplo de 30°),
eclipses de Sol y de Luna,
máximas elongaciones de Mercurio y Venus (su distancia angular al Sol es máxima y su observación resulta más favorable),
máximo brillo y máximo acercamiento a la Tierra de Venus y de Marte,
conjunciones superior e inferior de Mercurio y Venus con el Sol (su longitud coincide con la del Sol, hallándose más lejos o más cerca que éste, respectivamente),
conjunción y oposición de los planetas exteriores con el Sol (la longitud geocéntrica del planeta y del Sol difieren en 0° y 180°, respectivamente),
estacionariedad de los planetas (la variación de su asc. recta se invierte),
conjunciones entre planetas (coincidencia de sus ascensiones rectas),
conjunción de los planetas con grandes asteroides y estrellas brillantes,
conjunción y oposición de grandes asteroides con el Sol, y estacionariedad.

Se incluyen también los pasos de la Luna a menos de 8° de los planetas, a menos de 3° de los mayores asteroides y a menos de 1°.3 de una estrella brillante. Las distancias que se indican corresponden a la diferencia de declinación entre el centro de la Luna y el otro astro cuando sus ascensiones rectas geocéntricas coinciden. La anotación *(Ocultación)* indica la posibilidad que en algún lugar de la Tierra el astro considerado se vea ocultado por la Luna. Algunos de los fenómenos planetarios citados no aparecen cuando tienen lugar excesivamente cerca del Sol.

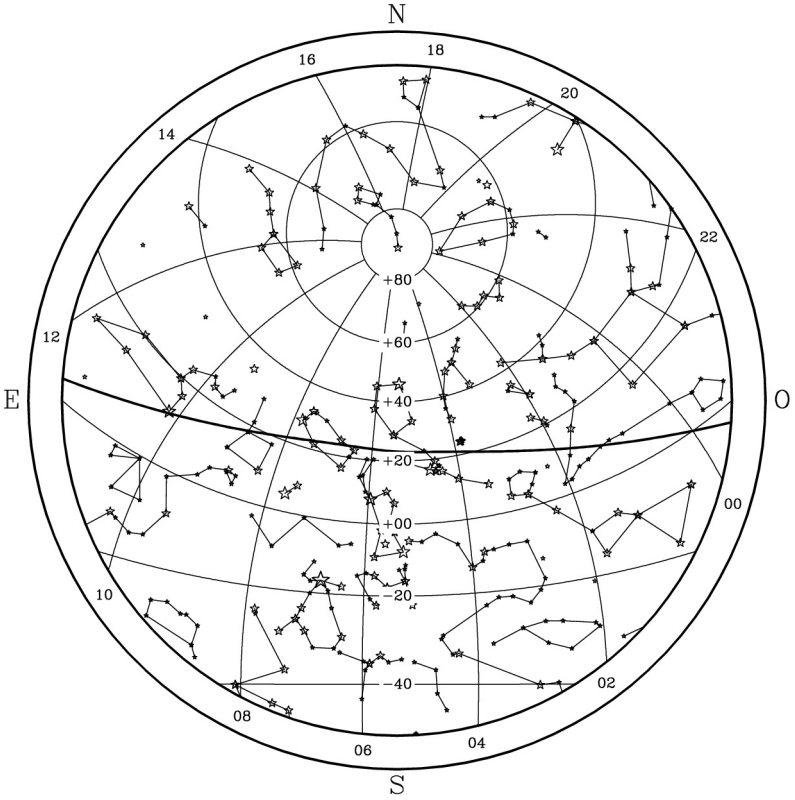
Se incluye para cada mes un mapa celeste que representa el aspecto del cielo, proyectado sobre un plano, tal como lo vería tras anochecer a mediados de mes un observador situado en la península. En tales mapas se han representado las estrellas más significativas de las constelaciones, así como trazos que ayudan a identificar a éstas. La posición media de los planetas visibles a simple vista viene dada en la correspondiente página de fenómenos mensuales, pero no ha sido incluida en los mapas celestes.

Enero 2019

1 Ceres 2° al N de la Luna
1 La Luna 1°,3 al N de Venus
2 Saturno en conjunción con el Sol
3 La Luna 3° al N de Júpiter
3 Máximo de las Cuadrántidas
3 Tierra en el perihelio
4 La Luna 3° al N de Mercurio
5 La Luna 1°,0 al N de Saturno (Ocultación)
6 Luna nueva
6 Máxima elongación Oeste de Venus (47°,0)
7 Egeria en conjunción con el Sol
7 Urano estacionario en ascensión recta
8 Vesta 2° al S de la Luna
9 Luna en apogeo
10 La Luna 3° al S de Neptuno
10 Venus 2° al N de Graffias
12 Mercurio en afelio
14 Cuarto creciente
14 La Luna 5° al S de Urano
15 Venus 8° al N de Antares
20 El Sol entra en Acuario
21 Luna en perigeo
21 Luna llena
22 Venus 2° al N de Júpiter
27 Cuarto menguante
28 Flora 1°,0 al N de la Luna (Ocultación)
29 Ceres 2° al N de la Luna
30 La Luna 3° al N de Júpiter
30 Mercurio en conjunción superior con el Sol
31 La Luna 0°,2 al N de Venus (Ocultación)

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	19	6,3	−23	57	−0,6
Venus	16	26,7	−18	23	−4,3
Marte	0	34,5	3	43	0,7
Júpiter	16	53,6	−21	56	−1,7
Saturno	18	56,4	−22	20	0,5



Aspecto del cielo tras anochecer, visto desde el centro de la península:

31 de Diciembre a las 23h de TU
15 de Enero a las 22h de TU
30 de Enero a las 21 h de TU

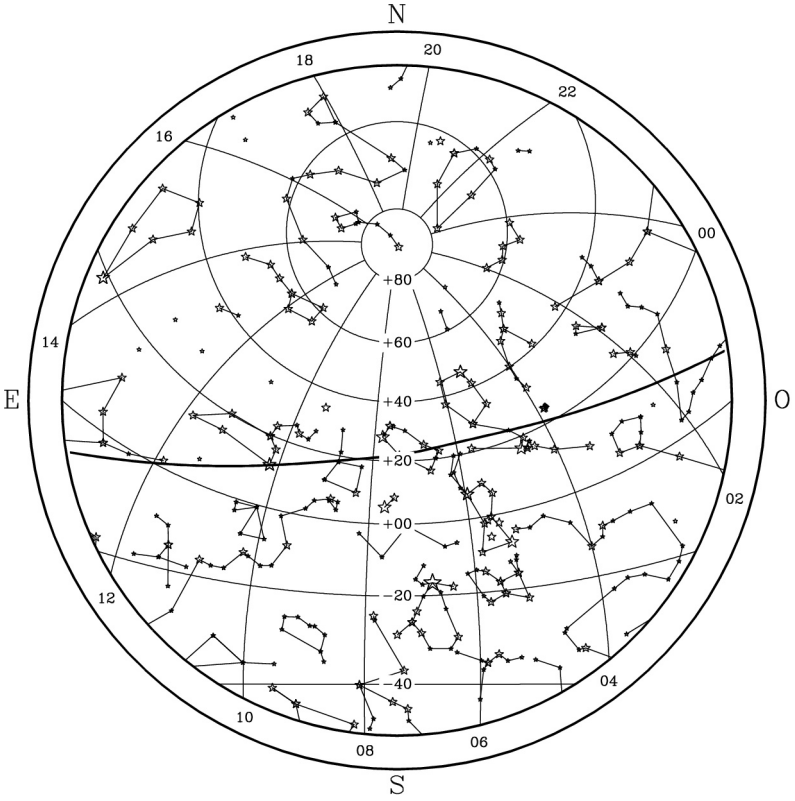
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Febrero 2019

1 Brillo máximo de Mercurio
2 La Luna 0°,7 al N de Saturno (Ocultación)
4 Luna nueva
5 Amphitrite en conjunción con el Sol
5 La Luna 0°,1 al S de Mercurio (Ocultación)
5 Luna en apogeo
6 Vesta 1°,2 al S de la Luna
7 La Luna 3° al S de Neptuno
7 Metis en conjunción con el Sol
9 Astraea 1°,1 al N de la Luna (Ocultación)
10 La Luna 5° al S de Urano
10 La Luna 6° al S de Marte
12 Cuarto creciente
13 Marte 1°,1 al N de Urano
15 Venus 5° al N de Nunki
18 El Sol entra en Piscis
18 Venus 1°,1 al N de Saturno
19 Luna en perigeo
19 Luna llena
19 Mercurio 0°,8 al N de Neptuno
23 Venus 1°,4 al N de Plutón
25 Flora 2° al N de la Luna
25 Mercurio en perihelio
26 Ceres 2° al N de la Luna
26 Cuarto menguante
27 La Luna 2° al N de Júpiter
27 Máxima elongación Este de Mercurio (18°,1)

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	22	40,9	− 9	27	−1,0
Venus	18	54,7	−21	5	−4,1
Marte	1	52,4	12	4	1,0
Júpiter	17	16,8	−22	26	−1,8
Saturno	19	11,0	−21	59	0,6



Aspecto del cielo tras anochecer, visto desde el centro de la península:

31 de Enero a las 23h de TU
15 de Febrero a las 22h de TU
2 de Marzo a las 21 h de TU

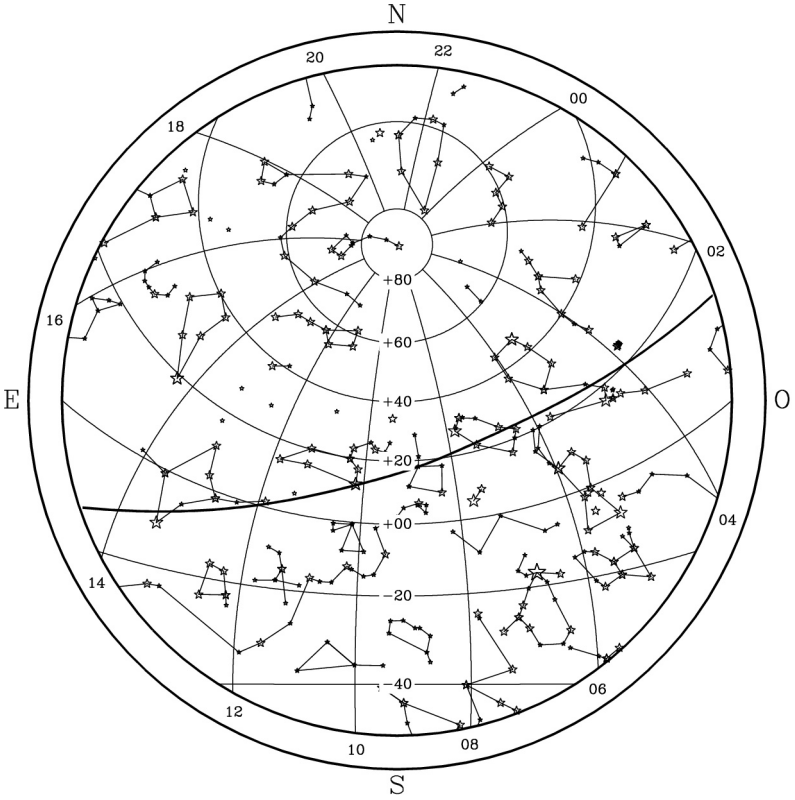
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Marzo 2019

1 La Luna 0°,4 al N de Saturno (Ocultación)
2 La Luna 1°,2 al S de Venus (Ocultación)
4 Irene en conjunción con el Sol
4 Luna en apogeo
4 Palas estacionario en ascensión recta
5 Mercurio estacionario en ascensión recta
5 Metis 1°,1 al S de la Luna (Ocultación)
6 Luna nueva
7 La Luna 8° al S de Mercurio
7 Neptuno en conjunción con el Sol
7 Vesta en conjunción con el Sol
9 Astraea 1°,4 al N de la Luna
10 La Luna 5° al S de Urano
11 La Luna 6° al S de Marte
14 Cuarto creciente
15 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
19 Luna en perigeo
19 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
20 Inicio de la Primavera en el hemisferio boreal
21 Luna llena
26 Ceres 3° al N de la Luna
27 La Luna 2° al N de Júpiter
27 Mercurio estacionario en ascensión recta
28 Cuarto menguante
29 La Luna 0°,0 al N de Saturno (Ocultación)
30 Marte 3° al S de Alcíone

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	23	33,4	0	56	5,0
Venus	21	13,2	−16	7	−3,9
Marte	3	6,0	18	17	1,3
Júpiter	17	30,8	−22	38	−2,0
Saturno	19	21,4	−21	42	0,6



Aspecto del cielo tras anochecer, visto desde el centro de la península:

1 de Marzo a las 23h de TU
15 de Marzo a las 22h de TU
30 de Marzo a las 21 h de TU

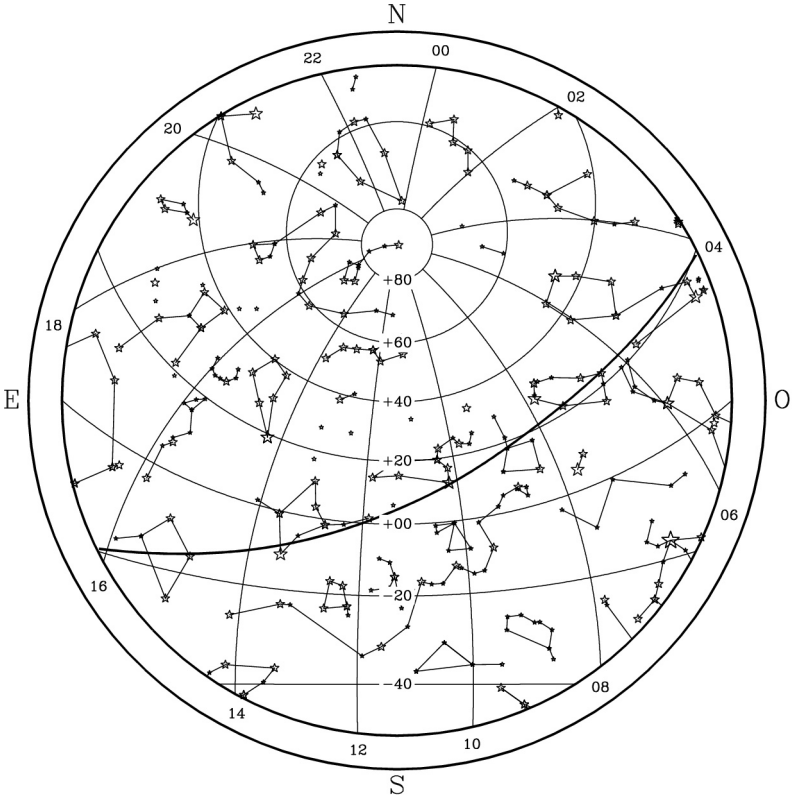
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Abril 2019

1 Luna en apogeo
2 La Luna 3° al S de Venus y Neptuno
2 La Luna 4° al S de Mercurio
2 Mercurio 0°,4 al N de Neptuno
2 Metis 0°,3 al S de la Luna (Ocultación)
4 Vesta 0°,2 al S de la Luna (Ocultación)
5 Iris en oposición
5 Luna nueva
6 La Luna 5° al S de Urano y Astraea 1°,3 al N de la Luna
8 Ceres estacionario en ascensión recta
9 La Luna 5° al S de Marte
10 Júpiter estacionario en ascensión recta
10 Mercurio en afelio
10 Palas en oposición
10 Venus 0°,3 al S de Neptuno
11 Hebe 3° al S de la Luna
11 Máxima elongación Oeste de Mercurio (27°,7)
12 Cuarto creciente
16 Luna en perigeo
16 Marte 7° al N de Aldebarán
18 Venus en afelio
19 Luna llena
20 El Sol entra en Tauro
22 Ceres 2° al N de la Luna
22 Máximo de las Líridas
22 Urano en conjunción con el Sol
23 Hygiea en conjunción con el Sol
23 La Luna 2° al N de Júpiter
25 La Luna 0°,2 al S de Saturno (Ocultación)
25 Plutón estacionario en ascensión recta
25 Vesta 3° al S de Mercurio
26 Cuarto menguante
28 Luna en apogeo
30 La Luna 3° al S de Neptuno
30 Saturno estacionario en ascensión recta

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	23	54,1	− 3	14	0,3
Venus	23	37,0	− 4	0	−3,8
Marte	4	31,6	22	54	1,5
Júpiter	17	35,4	−22	41	−2,2
Saturno	19	27,7	−21	30	0,5



Aspecto del cielo tras anochecer, visto desde el centro de la península:

31 de Marzo a las 23h de TU
15 de Abril a las 22h de TU
30 de Abril a las 21 h de TU

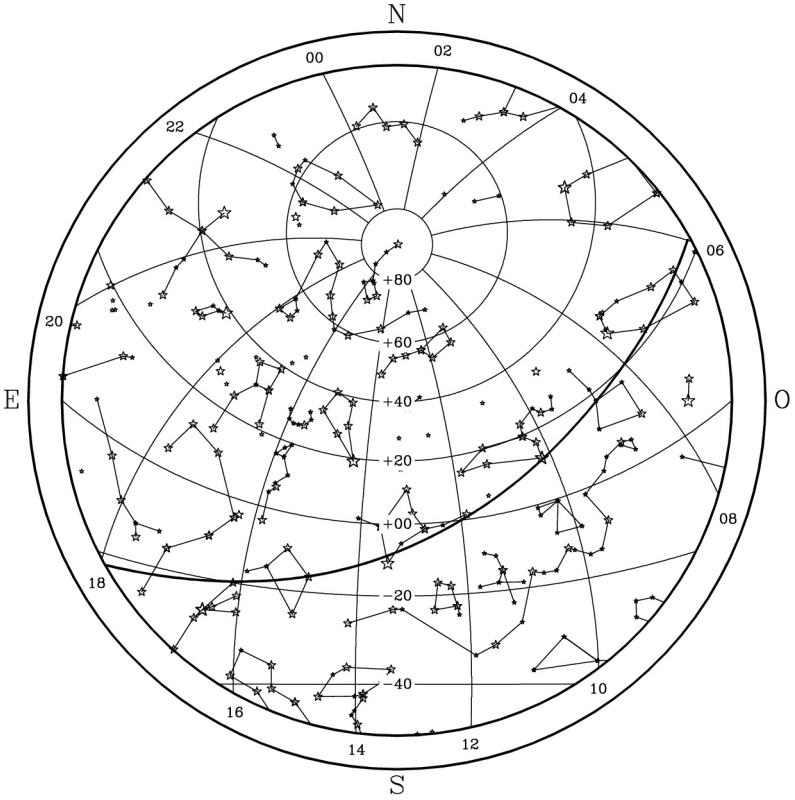
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Mayo 2019

1 Metis 0°,2 al N de la Luna (Ocultación)
2 Astrea en conjunción con el Sol
2 La Luna 4° al S de Venus
2 Vesta 0°,2 al S de la Luna (Ocultación)
3 La Luna 3° al S de Mercurio
4 Luna nueva
4 Marte 4° al S de Elnath
6 Máximo de las η Acuáridas
7 La Luna 3° al S de Marte
9 Fortuna en oposición
9 Hebe 2° al S de la Luna
11 Flora en oposición
12 Cuarto creciente
13 Luna en perigeo
14 Partenope en oposición
18 Luna llena
18 Venus 1°,2 al S de Urano
19 Ceres 1°,0 al N de la Luna (Ocultación)
20 La Luna 2° al N de Júpiter
20 Masalia en oposición
21 Brillo máximo de Mercurio
21 El Sol entra en Géminis
21 Mercurio en conjunción superior con el Sol
22 La Luna 0°,5 al S de Saturno (Ocultación)
24 Mercurio en perihelio
26 Cuarto menguante
26 Luna en apogeo
27 La Luna 4° al S de Neptuno
28 Ceres en oposición
29 Metis 0°,3 al N de la Luna (Ocultación)
30 Vesta 0°,6 al S de la Luna (Ocultación)
31 Euterpe en conjunción con el Sol
31 La Luna 5° al S de Urano

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	2	55,7	15	54	−1,5
Venus	1	52,1	9	47	−3,8
Marte	5	56,8	24	33	1,7
Júpiter	17	27,9	−22	36	−2,4
Saturno	19	27,8	−21	31	0,4



Aspecto del cielo tras anochecer, visto desde el centro de la península:

30 de Abril a las 23h de TU
15 de Mayo a las 22h de TU
30 de Mayo a las 21 h de TU

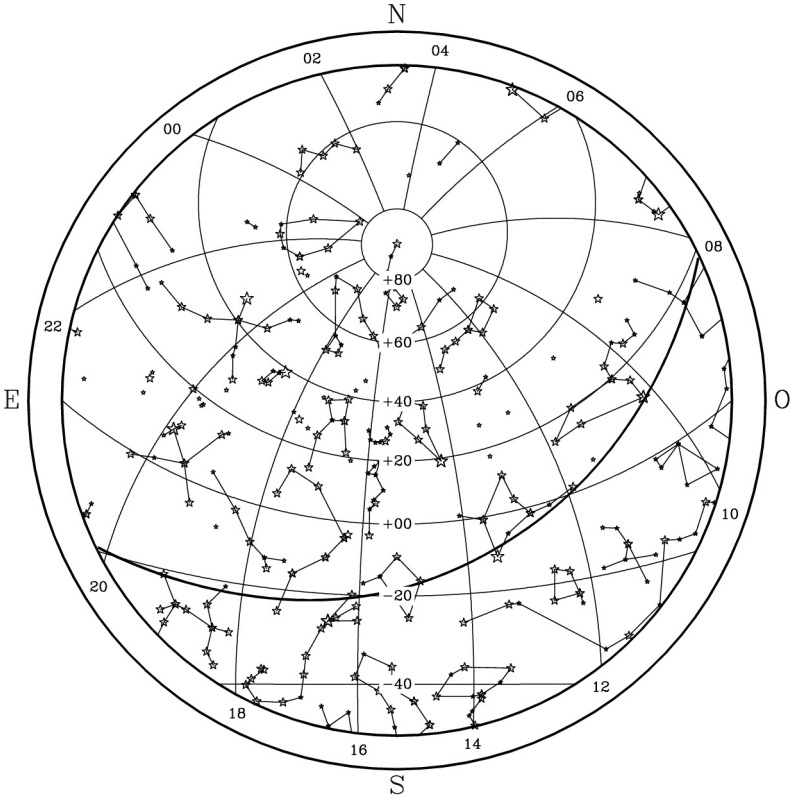
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Junio 2019

1 La Luna 3° al S de Venus
1 Mercurio 4° al S de Elnath
2 Astraea 0°,3 al N de la Luna (Ocultación)
2 Palas estacionario en ascensión recta
3 Luna nueva
4 La Luna 4° al S de Mercurio
5 La Luna 2° al S de Marte
6 Hebe 1°,4 al S de la Luna
7 Luna en perigeo
8 Astraea 3° al S de Venus
8 Venus 5° al S de Alcíone
10 Cuarto creciente
10 Júpiter en oposición
14 Flora 2° al N de la Luna
15 Ceres 1°,2 al S de la Luna (Ocultación)
16 La Luna 2° al N de Júpiter
17 Luna llena
17 Venus 5° al N de Aldebarán
18 Mercurio 0°,2 al N de Marte
19 La Luna 0°,4 al S de Saturno (Ocultación)
21 El Sol entra en Cáncer
21 Inicio del Verano en el hemisferio boreal
21 Mercurio 6° al S de Pólux
22 Neptuno estacionario en ascensión recta
23 Luna en apogeo
23 Marte 6° al S de Pólux
23 Máxima elongación Este de Mercurio (25°,2)
24 La Luna 4° al S de Neptuno
25 Cuarto menguante
26 Metis 0°,0 al N de la Luna (Ocultación)
27 La Luna 5° al S de Urano
27 Venus 6° al S de Elnath
28 Vesta 1°,3 al S de la Luna
30 Astraea 0°,6 al S de la Luna (Ocultación)

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	7	13,3	24	11	0,1
Venus	4	22,2	20	42	−3,8
Marte	7	23,8	23	14	1,8
Júpiter	17	12,0	−22	24	−2,5
Saturno	19	21,8	−21	45	0,2



Aspecto del cielo tras anochecer, visto desde el centro de la península:

31 de Mayo a las 23h de TU
15 de Junio a las 22h de TU
30 de Junio a las 21 h de TU

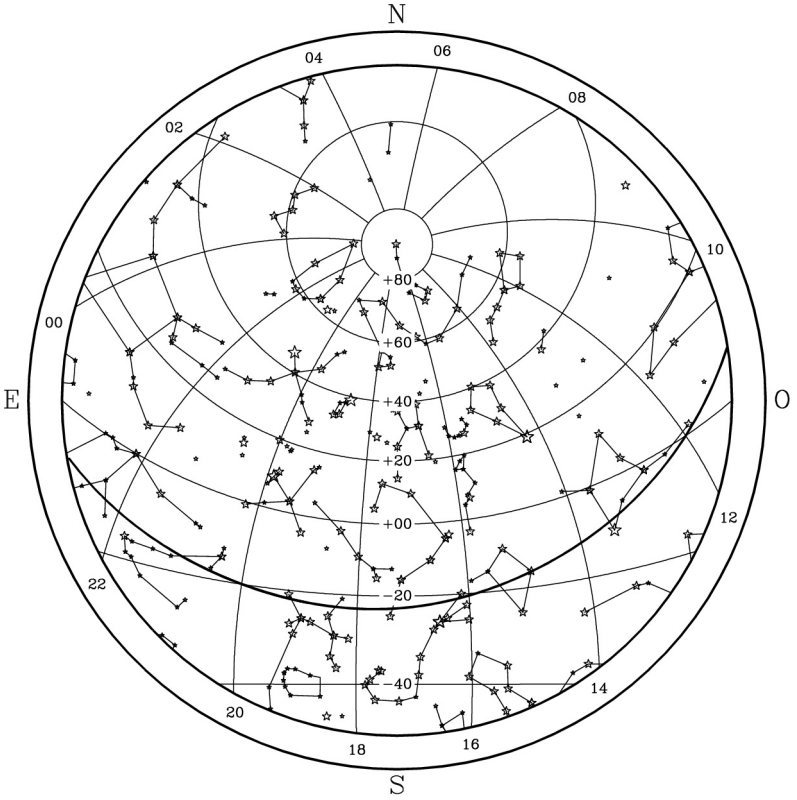
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Julio 2019

1 La Luna 2° al S de Venus
2 Luna nueva
2 Melpomene en oposición
4 Hebe 1°,3 al S de la Luna
4 La Luna 0°,0 al S de Marte (Ocultación)
4 La Luna 3° al N de Mercurio
4 Tierra en el afelio
5 Luna en perigeo
7 Mercurio 4° al S de Marte
7 Mercurio en afelio
7 Mercurio estacionario en ascensión recta
9 Cuarto creciente
9 Saturno en oposición
10 Victoria en conjunción con el Sol
11 Flora 0°,7 al N de la Luna (Ocultación)
13 La Luna 2° al N de Júpiter
16 La Luna 0°,1 al S de Saturno (Ocultación)
16 Luna llena
19 Ceres estacionario en ascensión recta
19 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
20 Luna en apogeo
21 La Luna 4° al S de Neptuno
21 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
23 El Sol entra en Leo
24 Metis 0°,7 al S de la Luna (Ocultación)
25 Cuarto menguante
25 La Luna 5° al S de Urano
26 Vesta 2° al S de la Luna
28 Astraea 2° al S de la Luna
30 Máximo de las δ Acuáridas
31 La Luna 0°,5 al N de Venus (Ocultación)
31 La Luna 4° al N de Mercurio
31 Mercurio estacionario en ascensión recta

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	8	15,5	15	26	3,6
Venus	7	0,7	23	5	−3,8
Marte	8	44,1	19	20	1,8
Júpiter	16	57,9	−22	10	−2,4
Saturno	19	12,8	−22	4	0,1



Aspecto del cielo tras anochecer, visto desde el centro de la península:

30 de Junio a las 23h de TU
15 de Julio a las 22h de TU
30 de Julio a las 21 h de TU

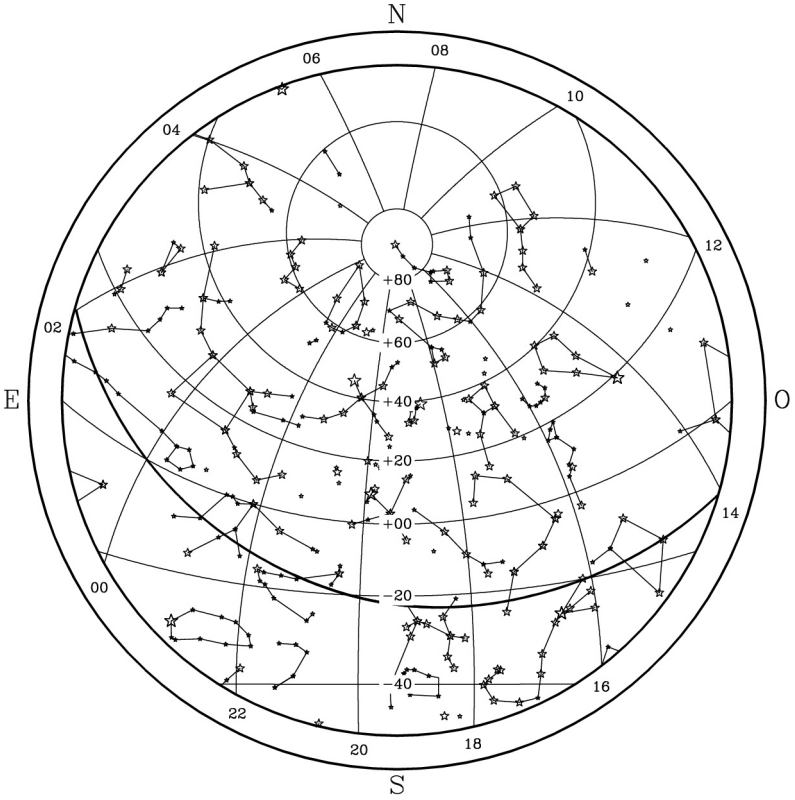
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Agosto 2019

1 Luna nueva
2 Hebe 1°,1 al S de la Luna (Ocultación)
2 Luna en perigeo
7 Cuarto creciente
7 Flora 0°,5 al S de la Luna (Ocultación)
7 Psyche en oposición
8 Venus en perihelio
9 La Luna 2° al N de Júpiter
9 Máxima elongación Oeste de Mercurio (19°,0)
11 Júpiter estacionario en ascensión recta
12 La Luna 0°,1 al N de Saturno (Ocultación)
12 Máximo de las Perséidas
12 Urano estacionario en ascensión recta
13 Eunomia en oposición
14 Venus en conjunción superior con el Sol
15 Brillo máximo de Venus
15 Luna llena
17 Laetitia en oposición
17 La Luna 4° al S de Neptuno
17 Luna en apogeo
20 Mercurio en perihelio
21 Harmonia en conjunción con el Sol
21 La Luna 5° al S de Urano
21 Metis 2° al S de la Luna
22 Juno en conjunción con el Sol
23 Cuarto menguante
23 El Sol entra en Virgo
26 Marte en afelio
28 Hebe en conjunción con el Sol
30 Egeria en oposición
30 Luna en perigeo
30 Luna nueva

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	8	25,4	19	6	−0,5
Venus	9	39,6	15	21	−3,8
Marte	10	2,1	13	15	1,8
Júpiter	16	53,0	−22	9	−2,2
Saturno	19	4,2	−22	21	0,2



Aspecto del cielo tras anochecer, visto desde el centro de la península:

31 de Julio a las 23h de TU
15 de Agosto a las 22h de TU
30 de Agosto a las 21 h de TU

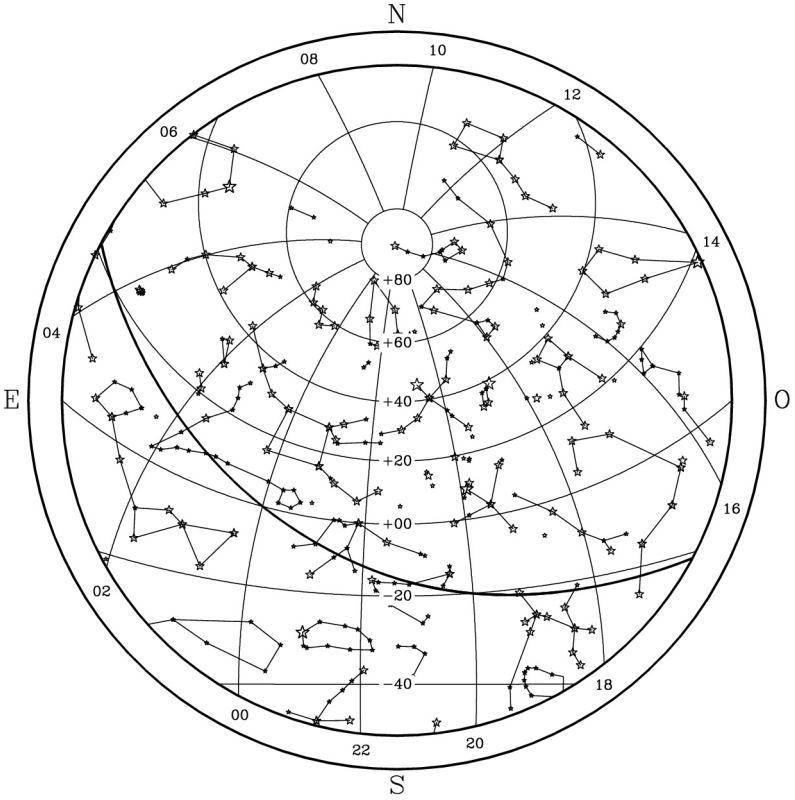
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Setiembre 2019

2 Brillo máximo de Marte
2 Brillo máximo de Mercurio
2 Marte en conjunción con el Sol
4 Flora 1°,1 al S de la Luna (Ocultación)
4 Mercurio en conjunción superior con el Sol
6 Cuarto creciente
6 La Luna 2° al N de Júpiter
8 La Luna 0°,1 al N de Saturno (Ocultación)
10 Neptuno en oposición
13 La Luna 4° al S de Neptuno
13 Luna en apogeo
14 Luna llena
17 La Luna 4° al S de Urano
18 Metis 2° al S de la Luna
18 Saturno estacionario en ascensión recta
22 Cuarto menguante
23 El Sol entra en Libra
23 Inicio del Otoñno en el hemisferio boreal
24 Vesta estacionario en ascensión recta
27 Hebe 0°,2 al S de la Luna (Ocultación)
28 Luna en perigeo
28 Luna nueva
28 Mercurio 1°,4 al N de Espiga
29 La Luna 4° al N de Venus
29 La Luna 6° al N de Mercurio

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	12	5,9	0	20	−0,8
Venus	12	4,0	0	59	−3,8
Marte	11	16,4	5	49	1,8
Júpiter	17	0,5	−22	26	−2,0
Saturno	19	0,4	−22	30	0,4



Aspecto del cielo tras anochecer, visto desde el centro de la península:

31 de Agosto a las 23h de TU
15 de Setiembre a las 22h de TU
30 de Setiembre a las 21 h de TU

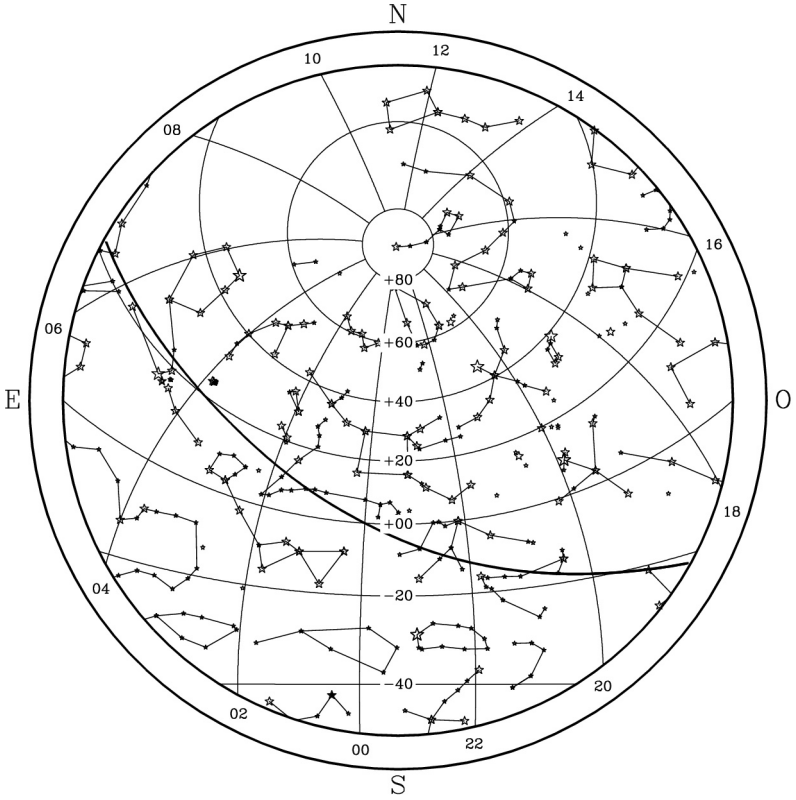
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Octubre 2019

2 Flora 1°,0 al S de la Luna (Ocultación)
2 Plutón estacionario en ascensión recta
3 La Luna 2° al N de Júpiter
3 Mercurio en afelio
3 Venus 3° al N de Espiga
5 Cuarto creciente
5 La Luna 0°,2 al S de Saturno (Ocultación)
8 Máximo de las Dracónidas
10 La Luna 4° al S de Neptuno
10 Luna en apogeo
11 Iris 0°,0 al N de Mercurio
13 Amphitrite en oposición
13 Luna llena
14 La Luna 4° al S de Urano
15 Mercurio 3° al S de Zuben el Genubi
15 Metis 2° al S de la Luna
17 Irene en oposición
19 Iris 2° al S de Venus
20 Máxima elongación Este de Mercurio (24°,7)
21 Cuarto menguante
21 Máximo de las Oriónidas
21 Venus 0°,2 al S de Zuben el Genubi
23 El Sol entra en Escorpio
25 Hebe 0°,6 al N de la Luna (Ocultación)
25 Metis en oposición
26 Ceres 3° al S de Júpiter
26 La Luna 5° al N de Marte
26 Luna en perigeo
28 Luna nueva
28 Urano en oposición
29 La Luna 4° al N de Venus y 7° al N de Mercurio
30 Mercurio 3° al S de Venus
31 Flora 0°,6 al S de la Luna (Ocultación)
31 La Luna 1° al N de Júpiter
31 Mercurio estacionario en ascensión recta

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	14	48,2	−18	50	−0,0
Venus	14	22,4	−13	43	−3,8
Marte	12	27,1	− 1	56	1,8
Júpiter	17	17,9	−22	51	−1,8
Saturno	19	2,8	−22	30	0,5



Aspecto del cielo tras anochecer, visto desde el centro de la península:

30 de Setiembre a las 23h de TU
15 de Octubre a las 22h de TU
30 de Octubre a las 21 h de TU

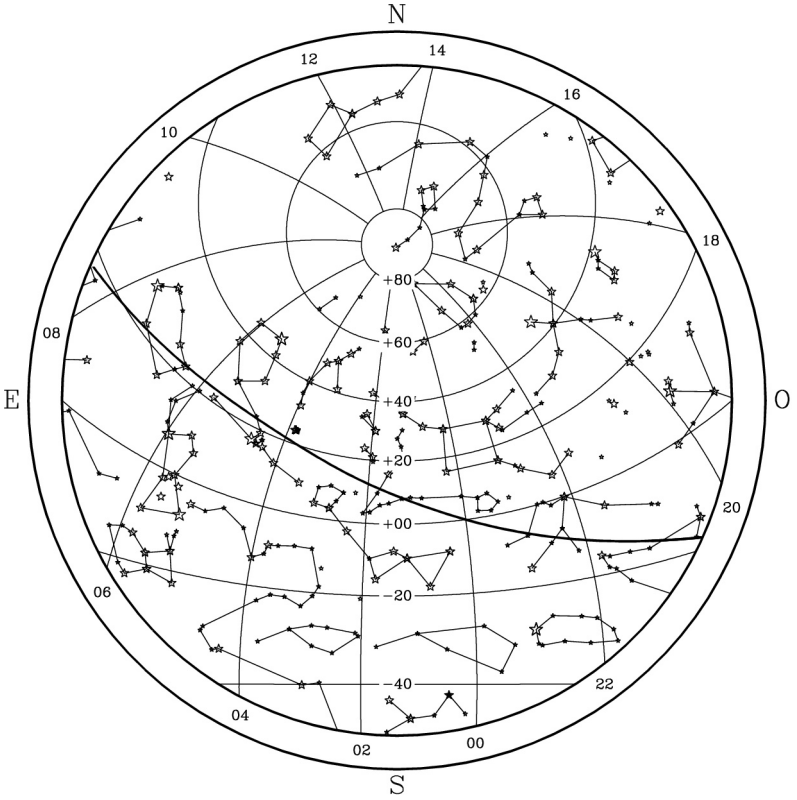
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Noviembre 2019

2 La Luna 0°,5 al S de Saturno (Ocultación)
4 Cuarto creciente
4 Venus 1° al S de Graffias
7 Luna en apogeo y 4° al S de Neptuno
8 Marte 3° al N de Espiga
9 Venus 4° al N de Antares
10 Metis 0°,4 al S de la Luna (Ocultación)
11 La Luna 4° al S de Urano
11 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
11 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
12 Luna llena y Vesta en oposición
16 Mercurio en perihelio
17 Iris en conjunción con el Sol
17 Máximo de las Leónidas
19 Cuarto menguante
20 Mercurio estacionario en ascensión recta
22 El Sol entra en Sagitario
22 Hebe 2° al N de la Luna
23 Luna en perigeo
24 Flora 2° al N de Venus
24 La Luna 4° al N de Marte
24 Venus 1°,4 al S de Júpiter
25 Flora 0°,8 al N de Júpiter
25 La Luna 2° al N de Mercurio
26 Hygiea en oposición
26 Luna nueva
27 Mercurio 2° al N de Zuben el Genubi
27 Neptuno estacionario en ascensión recta
28 Flora 0°,1 al S de la Luna (Ocultación)
28 La Luna 0°,9 al N de Júpiter (Ocultación)
28 La Luna 2° al N de Venus
28 Máxima elongación Oeste de Mercurio (20°,2)
28 Venus en afelio
29 La Luna 0°,9 al S de Saturno (Ocultación)
30 Ceres 2° al S de Venus

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	14	50,6	−15	12	2,9
Venus	17	0,2	−23	37	−3,8
Marte	13	41,9	− 9	46	1,8
Júpiter	17	43,3	−23	13	−1,7
Saturno	19	11,5	−22	18	0,6



Aspecto del cielo tras anochecer, visto desde el centro de la península:

31 de Octubre a las 23h de TU
15 de Noviembre a las 22h de TU
30 de Noviembre a las 21 h de TU

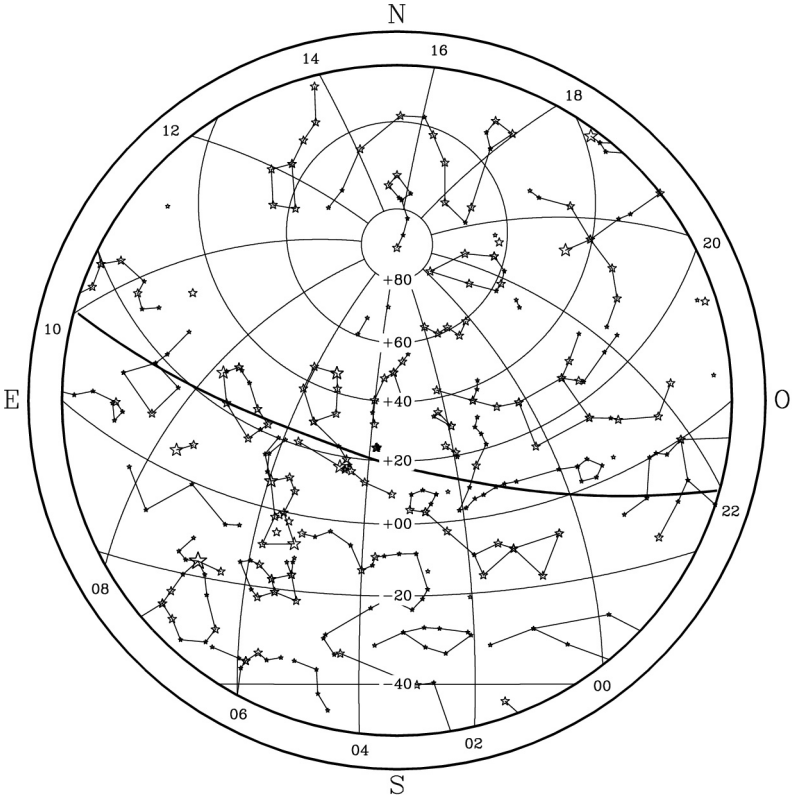
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Diciembre 2019

3 Palas en conjunción con el Sol
4 Cuarto creciente
4 La Luna 4° al S de Neptuno
5 Luna en apogeo
6 Venus 2° al N de Nunki
7 Metis 2° al N de la Luna
8 La Luna 5° al S de Urano
11 Mercurio 0°,0 al S de Graffias
11 Venus 2° al S de Saturno
12 Iris 2° al S de Mercurio
12 Luna llena
12 Marte 0°,2 al N de Zuben el Genubi
13 Venus 1°,1 al S de Plutón
14 Máximo de las Gemínidas
15 Mercurio 5° al N de Antares
18 Luna en perigeo
19 Cuarto menguante
22 El Sol entra en Capricornio
22 Inicio del Invierno en el hemisferio boreal
22 Máximo de las Úrsidas
23 La Luna 4° al N de Marte
26 La Luna 0°,3 al N de Júpiter (Ocultación)
26 Luna nueva
27 Júpiter en conjunción con el Sol (Ocultación)
27 La Luna 1°,0 al S de Saturno (Ocultación)
27 Venus en perihelio
29 Fortuna en conjunción con el Sol
29 La Luna 1°,0 al S de Venus (Ocultación)
30 Mercurio en afelio
31 La Luna 4° al S de Neptuno

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	16	26,4	−21	6	−0,5
Venus	19	42,7	−23	9	−3,8
Marte	14	58,8	−16	25	1,7
Júpiter	18	12,0	−23	18	−1,7
Saturno	19	24,2	−21	57	0,6



Aspecto del cielo tras anochecer, visto desde el centro de la península:

30 de Noviembre a las 23h de TU
15 de Diciembre a las 22h de TU
30 de Diciembre a las 21 h de TU

En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

ECLIPSES

En esta sección figura una descripción de los eclipses de Sol y de Luna que van a tener lugar durante el año. Estos son:

Enero 5/6	parcial de Sol
Enero 21	total de Luna
Julio 2	total de Sol
Julio 16/17	parcial de Luna
Diciembre 26	anular de Sol

Introducción

Convenios

Todos los tiempos en este apartado vienen dados en Tiempo Universal.

Como en el resto del ANUARIO, la **latitud** se considera positiva al Norte y negativa al Sur del ecuador terrestre, tomando valores entre $-90°$ y $+90°$. La **longitud** está referida al meridiano de Greenwich; se considera **positiva** al **Este** y negativa al Oeste de dicho meridiano, tomando valores entre $-180°$ y $+180°$.

Estadísticas

En un año se producen entre 4 y 7 eclipses, incluyendo los de Sol y los de Luna. En cada año hay al menos dos eclipses de cada tipo. Normalmente un eclipse de Sol y uno de Luna se acompañan, es decir uno se produce media lunación después que el otro. 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). Asímismo, habrá 230 eclipses lunares, 85 de ellos totales, 58 parciales y 87 penumbrales.

Eclipses de Sol

Eclipses de Sol en 2019

Se producirán tres eclipses de Sol, uno parcial el 5/6 de enero, otro total el 2 de julio y el tercero anular el 26 de diciembre. Ninguno será visible desde España.

Se describen en detalle en páginas siguientes.

Eclipses de Sol durante el año próximo

En 2020 habrá dos eclipses de Sol, uno anular y otro total.

El eclipse anular del 21 de junio será visible como parcial en África, Asia y Oceanía. La anularidad se verá en África y Asia, alcanzando una magnitud de 0,99.

El eclipse total del 14 de diciembre se verá como parcial en el sur del Pacífico, Sudamérica, Antártida y el sur del Atlántico. La totalidad se verá en Chile y Argentina, alcanzando una magnitud de 1,03.

Magnitud

Se denomina así a la fracción del diámetro solar ocultada por la Luna. Para un eclipse total es 1, aunque en ocasiones se da un valor mayor que indica la razón entre el diámetro lunar y el solar. Para un eclipse anular o parcial la magnitud es menor que 1. No debe confundirse la magnitud con el *oscurecimiento* del disco solar, o sea con la fracción de superficie ocultada por la luna. El oscurecimiento es siempre una cantidad numérica menor que la magnitud. Se relacionan, de una manera orientativa, según:

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

Eclipses de Luna

Eclipses de Luna en 2019

Se producirán dos eclipses de Luna, uno total el 21 de enero y otro parcial el 16/17 de julio. Los dos serán visibles desde España.

Se describen en detalle en páginas siguientes.

Eclipses de Luna durante el año próximo

En 2020 habrá cuatro eclipses penumbrales de Luna. Los eclipses del 10 de enero y el 5 de junio serán visibles en Europa, África, Asia y Oceanía. El eclipse del 5 de julio será visible en América, suroeste de Europa y África. Y el eclipse del 30 de noviembre se verá en Asia, Oceanía y América. Los tres primeros eclipses serán visibles desde España.

Magnitud

Indica la distancia a que el disco lunar ha entrado en la sombra de la Tierra en el instante del máximo del eclipse, tomando como unidad el diámetro lunar y midiéndolo según la línea que une el centro de la Luna con el eje del cono de sombra de la Tierra. Si su valor es menor que 1 se trata de un eclipse parcial. En otro caso, es un eclipse total.

En el caso de un eclipse de penumbra la magnitud antes descrita carece de sentido y en su lugar se da la *magnitud penumbral* que indica, de manera análoga, la distancia a que el disco lunar ha entrado en la penumbra de la Tierra.

Eclipse parcial de Sol del día 5/6 de enero (Saros 122)

Este eclipse parcial es el número 58 de los 70 eclipses del ciclo Saros 122 y no será visible desde España.

El eclipse será visible en el noreste de Asia y el norte del Pacífico. Se iniciará el día 5 a las 23^h34^m TU (Tiempo Universal) en un punto de la provicia de Hebei (China), al noreste de Pekín; avanzará hacia el este atravesando Corea del Norte, Corea del Sur, Japón, el extremo oriental de Rusia y el norte del Pacífico.

El máximo del eclipse se dará el día 6 a las 1^h41^m en un punto cercano a la ciudad de Srednekolimsk, en la República de Sajá (Rusia); en ese momento la magnitud del eclipse será 0,71.

El fin del eclipse se producirá el día 6 a las 3^h49^m TU a una latitud de 43° en un punto del Océano Pacífico. La duración total del fenómeno será de 255 minutos (4 horas y cuarto).

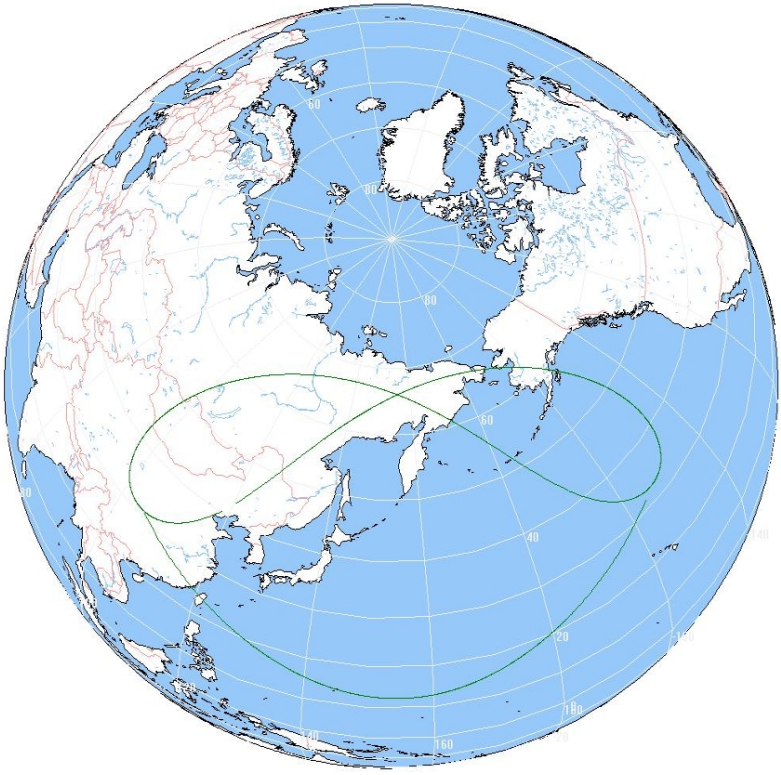
Características generales del eclipse

Fases	TU	Latitud	Longitud
Inicio del eclipse general	23^h34^m	41°31′	119°25′
Máximo del eclipse	01^h41^m	67°26′	153°37′
Conjunción en Asc. Recta	01^h44^m		
Fin del eclipse general	3^h49^m	43°7′	–168°41′

Características del eclipse en el máximo

Magnitud del eclipse parcial	0,715
Distancia mínima entre el eje de sombra de la Luna y el centro de la Tierra (en radio terrestres)	1,142

Eclipse parcial de 5/6 de enero de 2019



Eclipse total de Sol del día 2 de julio (Saros 127)

Este eclipse total es el número 58 de los 82 eclipses del ciclo Saros 127 y no será visible en España.

El eclipse parcial será visible en el Pacífico sur y Sudamérica. Se iniciará a las 16^h55^m TU (Tiempo Universal) en un punto del océano Pacífico al sur de la Polinesia Francesa. El fin del eclipse se producirá a las 21^h50^m TU en un punto situado al sudeste de San Pablo de Lípez, en el departamento de Potosí (Bolivia). La duración total del fenómeno será de 295 minutos (algo menos de 5 horas).

El eclipse total se iniciará a las 18^h2^m en un punto del océano Pacífico al este de Nueva Zelanda; cruzará el Pacífico de oeste a este, se adentrará en Chile por las regiones de Coquimbo y Atacama, pasará a Argentina por la provincia de San Juan, continuando por La Rioja, San Luis, Córdoba y Santa Fe, hasta finalizar en la provincia de Buenos Aires. El eclipse total terminará a las 20^h43^m en un punto al sudeste de la ciudad de Chacomús (Argentina). La duración total del fenómeno será de 161 minutos (algo menos de 2 horas y tres cuartos).

El máximo del eclipse se dará a las 19^h23^m en un punto del océano Pacífico al norte de la Isla de Pascua (Chile), siendo la duración máxima de la totalidad de 4 min 33 s y la anchura de la sombra en el máximo de unos 201 km. En La Serena (Chile) la duración de la totalidad será de 2 min 15 s, en Río Cuarto (Argentina) 1 min 58 s, en Venado Tuerto (Argentina) 2 min 11 s y en Junín (Argentina) 2 min.

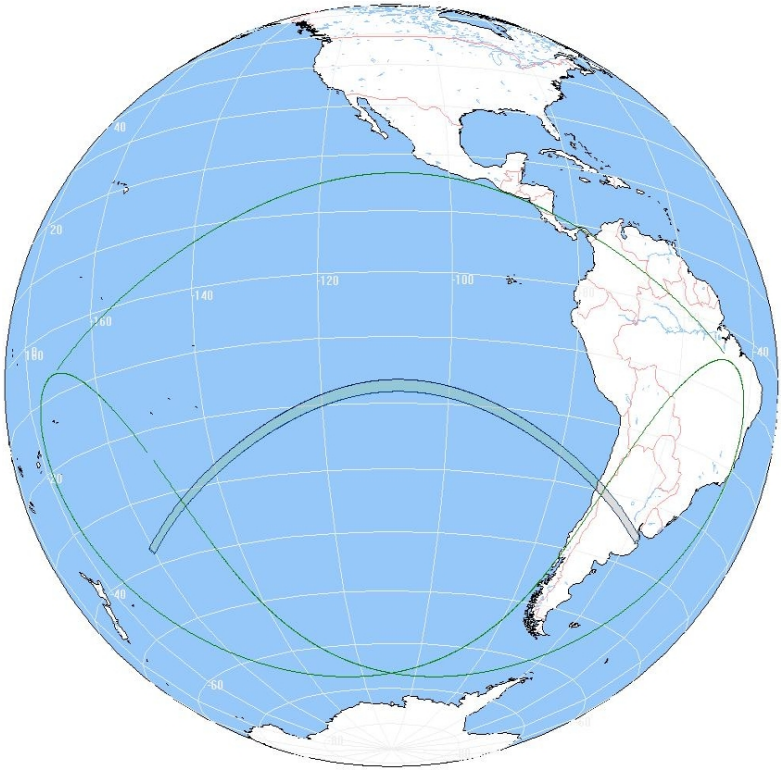
Características generales del eclipse

Fases	TU	Latitud	Longitud
Inicio del eclipse general	16^h55^m	$-23°53'$	$-151°54'$
Inicio del eclipse total	18^h02^m	$-37°40'$	$-160°23'$
Conjunción en Asc. Recta	19^h21^m	$-17°25'$	$-109°21'$
Máximo del eclipse	19^h23^m	$-17°23'$	$-108°59'$
Fin del eclipse total	20^h43^m	$-35°48'$	$-57°40'$
Fin del eclipse general	21^h50^m	$-21°58'$	$-66°27'$

Características del eclipse en el máximo

Duración de la fase total	$4^m\ 33^s$
Anchura de la sombra	201 km
Razón entre el radio topocéntrico de la Luna y el del Sol	104,6%
Distancia mínima entre el eje de sombra de la Luna y el centro de la Tierra (en radio terrestres)	0,64
Altura del Sol	50°

Eclipse total de 2 de julio de 2019



Eclipse anular de Sol del día 26 de diciembre (Saros 132)

Este eclipse anular es el número 46 de los 71 eclipses del ciclo Saros 132 y no será visible desde España.

El eclipse será visible como parcial en el extremo oriental de África, Asia y en la mitad septentrional de Oceanía. El eclipse se iniciará como parcial a las 2^h30^m TU (Tiempo Universal) a una latitud de $+18°$ en el mar de Arabia frente a la costa de Omán y terminará a las 8^h6^m TU a una latitud de $+10°$ en el océano Pacífico al sur de la isla de Guam. La duración total del fenómeno será de 336 minutos (algo más de 5 horas y media).

El eclipse anular se iniciará a las 3^h36^m al noroeste de Al-Hofuf (Arabia Saudí); atravesará Arabia Saudí, Qatar, Emiratos Árabes Unidos y Omán; cruzará en el mar de Arabia y volverá a tocar tierra en el sur de la India y el norte de Sri Lanka; se adentrara después en el Sudeste Asiatico atravesando la isla de Sumatra (Indonesia), Singapur y la isla de Borneo (Indonesia y Malasia); por último adentrará en el océano Pacífico cruzando la isla de Guam (EEUU). El eclipse finalizará a las 6^h59^m a una latitud $+10°$ en un punto del océano Pacífico al oeste de la Isla Wake (EEUU).

El máximo del eclipse anular se dará a las 5^h18^m cerca de las islas Meranti, en Sumatra (Indonesia). La magnitud máxima del eclipse será 0,97 y su duración máxima 3 min 39 s. En Doha (Qatar) la duracion de la anularidad será de 35 s, en Coimbatore (India) 3 min 4 s, en Padangsidempuan (Indonesia) 3 min 31 s, en Singapur (Singapur) 2 min 20 s, en Kota Samarahan (Malasia) 1 min 56 s y en la isla de Guam (EEUU) 3 min 10 s.

Características generales del eclipse

Fases	TU	Latitud	Longitud
Inicio del eclipse general	2^h30^m	$17°47'$	$60°37'$
Inicio del eclipse anular	3^h36^m	$25°59'$	$48°15'$
Conjunción en Asc. Recta	5^h14^m	$1°07'$	$101°28'$
Máximo del eclipse	5^h18^m	$1°00'$	$102°16'$
Fin del eclipse anular	6^h59^m	$18°54'$	$156°45'$
Fin del eclipse general	8^h06^m	$10°37'$	$144°03'$

Características del eclipse en el máximo

Duración de la fase anular	$3^m\ 39^s$
Anchura de la sombra	118 km
Razón entre el radio topocéntrico de la Luna y el del Sol	97,0%
Magnitud del eclipse anular	0,970
Distancia mínima entre el eje de sombra de la Luna y el centro de la Tierra (en radio terrestres)	0,413
Altura del Sol	66°

Eclipse anular de 26 de diciembre de 2019



Eclipse total de Luna del día 21 de enero (Saros 134)

Este eclipse total es el número 27 de los 73 eclipses del ciclo Saros 134 y será visible en España.

El inicio del eclipse de penumbra tendrá lugar a las 2^h35^m de Tiempo Universal (TU). La zona en que será visible viene delimitada por la curva discontinua etiquetada con **iP** en la figura adjunta; corresponde África, Asia occidental, Europa y América. El eclipse parcial (**iS**) es visible a partir de las 3^h32^m y el total (**iT**) a partir de las 4^h39^m. Este será visible en mitad occiental de África, Europa y América. El eclipse total (**fT**) finaliza a las 5^h40^m, el de sombra (**fS**) a las 6^h47^m y el de penumbra a las 7^h44^m TU. Habrá sido visible en sus últimas fases en el oeste de Europa, América y el océano Pacífico, según delimita la curva **fP**.

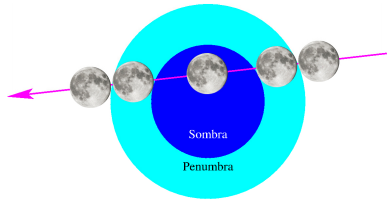
Características generales del eclipse

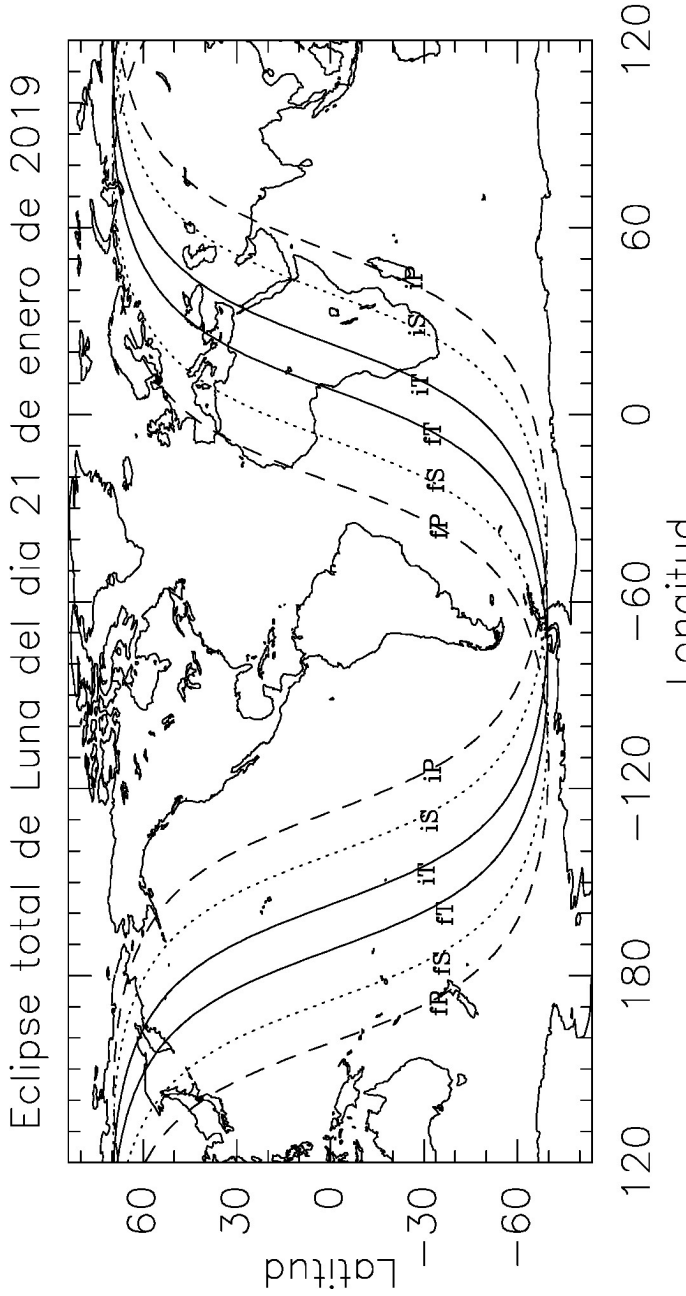
Fases	TU	Latitud	Long.(+E)	A.P.
Primer contacto con la penumbra	2^h35^m	20°32′	–37°30′	110°
Primer contacto con la sombra	3^h32^m	20°28′	–51°09′	117°
Inicio de la totalidad	4^h39^m	20°23′	–67°15′	145°
Máximo del eclipse	5^h09^m	20°20′	–74°32′	181°
Fin de la totalidad	5^h40^m	20°18′	–81°50′	222°
Último contacto con la sombra	6^h47^m	20°12′	–97°55′	255°
Último contacto con la penumbra	7^h44^m	20°08′	–111°35′	263°
Duración del eclipse penumbral	5^h09^m			
Duración del eclipse parcial	3^h15^m			
Duración del eclipse total	1^h01^m			
Magnitud del eclipse de penumbra	2,17			
Magnitud del eclipse de sombra	1,19			

A.P. es el ángulo de posición medido en el sentido NESO.

Características del eclipse en el máximo

Fracción de diámetro lunar inmersa en la penumbra	217%
Fracción de diámetro lunar inmersa en la sombra	119%
Distancia mínima entre el eje de la sombra de la Tierra y el centro de la Luna (en radios terrestres)	0,38




Eclipse total de Luna del dia 21 de enero de 2019
Latitud
60
30
0
−30
−60
120
180
−120
−60
0
60
120
Longitud
fR
fS
fT
iT
iS
iR
fP
fS
fT
iT
iS
iP

Eclipse parcial de Luna del día 16/17 de julio (Saros 139)

Este eclipse es el número 22 de los 81 eclipses del ciclo Saros 139 y será visible en España.

El inicio del eclipse de penumbra tendrá lugar el día 16 a las 18^h44^m de Tiempo Universal (TU). La zona en que será visible viene delimitada por la curva discontinua etiquetada con **iP** en la figura adjunta; corresponde Oceanía, Asia, Africa oriental y central y el este de Europa. El eclipse parcial (**iS**) es visible a partir de las 20^h2^m y finaliza (**fS**) a las 22^h59^m, será visible en Oceanía, Asia, Europa, África y Sudamérica; El eclipse terminará el día 17 a las 0^h17^m TU. Habrá sido visible en sus últimas fases en Asia occidental, Europa, África, Sudamérica y el extremo oriental de Norteamérica según delimita la curva **fP**.

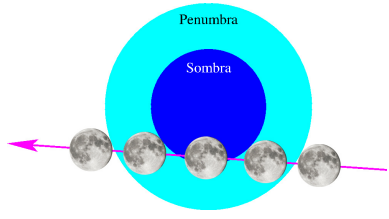
Características generales del eclipse

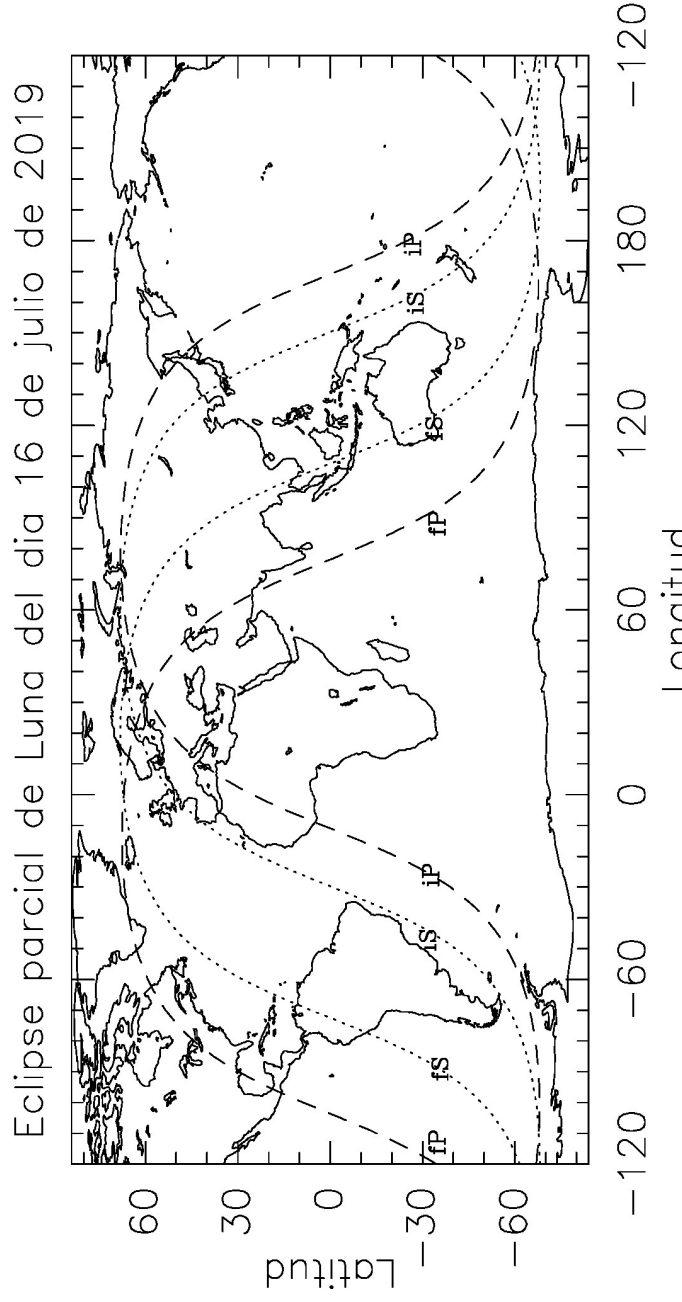
Fases	TU	Latitud	Long.(+E)	A.P.
Primer contacto con la penumbra	18^h44^m	-22°0′	°79 4′	62°
Primer contacto con la sombra	20^h02^m	-21°57′	°60 16′	46°
Máximo del eclipse	21^h31^m	-21°53′	°38 54′	357°
Ultimo contacto con la sombra	22^h59^m	-21°49′	°17 31′	306°
Ultimo contacto con la penumbra	00^h17^m	-22°22′	°-13 36′	87°
Duración del eclipse penumbral	5^h33^m			
Duración del eclipse parcial	2^h57^m			
Magnitud del eclipse de penumbra	1,70			
Magnitud del eclipse de sombra	0,65			

A.P. es el ángulo de posición medido en el sentido NESO.

Características del eclipse en el máximo

Fracción de diámetro lunar inmersa en la penumbra	170%
Fracción de diámetro lunar inmersa en la sombra	65%
Distancia mínima entre el eje de la sombra de la Tierra y el centro de la Luna (en radios terrestres)	0,64




Eclipse parcial de Luna del dia 16 de julio de 2019
Latitud
60
30
0
−30
−60
−120
−60
0
60
120
180
−120
Longitud
fP
fS
iP
iS
iP
iS
fP
fS
iP
iS
fP
fS

Mapas de los eclipses de Sol

Se ha realizado una proyección ortográfica de la Tierra para cada uno de los eclipses solares visibles en este año, en la que se representan la extensa zona en que el eclipse es visible como parcial y, en su caso, la franja donde es visible el eclipse total o anular. La región donde se observa el eclipse parcial ocupa una gran parte del hemisferio terrestre en que es de día. A la izquierda se encuentra un bucle en el que se indican los lugares en que el Sol está saliendo al inicio o al final del eclipse. De manera análoga, en un bucle situado a la derecha se indican los lugares en que se pone el Sol al inicio o al final del eclipse.

La región en que es posible observar el eclipse como total o anular, cuando se da tal circunstancia, viene delimitada por dos curvas aproximadamente paralelas que delimitan la franja de visibilidad. Su separación varia a lo largo del eclipse y es distinta para cada eclipse, pudiendo incluso superar los mil km (eclipse del 22 de agosto de 1979). Hemos denominado esta curva *franja de totalidad* o bien *franja de anularidad*, según corresponda.

Mapas de los eclipses de Luna

Se ha representado la superficie de la Tierra en un diagrama *longitud−latitud*, en el que varias curvas delimitan las zonas en que el eclipse es visible en sus diversas fases. En el centro de la figura se encuentra la zona donde será visible todo el fenómeno. El eclipse de penumbra será visible en su totalidad en la zona delimitada por trazos discontinuos etiquetados por **iP** a la izquierda y **fP** a la derecha; estas curvas indican, respectivamente, el **i**nicio y el **f**in del contacto con la **p**enumbra. El eclipse parcial (si tiene lugar) será visible en su totalidad en la zona delimitada por puntos etiquetados por **iS** a la izquierda y **fS** a la derecha; estas curvas indican, respectivamente, el **i**nicio y el **f**in del contacto con la **s**ombra. El eclipse total (si tiene lugar) será visible en su totalidad en la zona delimitada por puntos etiquetados por **iT** a la izquierda y **fT** a la derecha; estas curvas indican, respectivamente, el **i**nicio y el **f**in del eclipse **t**otal.

En la zona delimitada entre las curvas **fP** e **iP** a la derecha del mapa, la Luna se pondrá antes de que finalice el eclipse. En la zona delimitada entre las curvas **fP** e **iP** a la izquierda del mapa, la Luna saldrá por el horizonte después del inicio del eclipse.

Tablas de los eclipses

En las tablas de características generales de los eclipses de Sol y de Luna en ocasiones se indican coordenadas geográficas cuyo significado es distinto en cada caso. En los eclipses totales y anulares de Sol, dichas

coordenadas se refieren al lugar sobre la superficie terrestre en el que se encuentra en centro de la sombra de la Luna en el instante considerado. En los eclipses de Luna, las coordenadas geográficas se refieren al lugar para el cual la Luna se encuentra en el cénit en el instante indicado.

Eclipses de Sol en los próximos años

Fecha	Tipo	Duración (^{m} ^{s})	Magnitud	Visibilidad
2019 enero 5/6	parcial		0,72	NE. Asia y N. Pacífico
2019 julio 2	total	4 33	1,05	S. Pacífico y Sudamérica
2019 diciembre 26	anular	3 39	0,97	Asia y Australia
2020 junio 21	anular	0 38	0,99	África, SE. Europa y Asia
2020 diciembre 14	total	2 10	1,03	Pacífico y Sudamérica
2021 junio 10	anular	3 51	0,94	Norteamérica, Europa y Asia
2021 diciembre 4	total	1 54	1,04	Antártida y S. África
2022 abril 30	parcial		0,64	SE. Pacífico y S. Sudamérica
2022 octubre 25	parcial		0,86	Europa, NE. África y O. Asia
2023 abril 20	mixto	1 16	1,01	SE. Asia y Australia
2023 octubre 14	anular	5 17	0,95	América
2024 abril 8	total	4 28	1,06	Norteamérica y Centroamérica
2024 octubre 2	anular	7 25	0,93	Pacífico y S. Sudamérica
2025 marzo 29	parcial		0,94	NO. África, Europa, N. Rusia
2025 setiembre 21	parcial		0,86	Pacífico, N. Zelanda y Antártida
2026 febrero 17	anular	2 20	0,93	Sudamérica, África y Antártida
2026 agosto 12	total	2 18	1,04	Norteamérica, África y Europa
2027 febrero 6	anular	7 51	0,93	Sudamérica, África y Antártida
2027 agosto 2	total	6 23	1,08	África, Europa y Asia
2028 enero 26	anular	10 27	0,92	América, O. Europe, O. África
2028 julio 22	total	5 10	1,06	SE Asia y Oceanía
2029 enero 14	parcial		0,87	Norteamérica y Centroamérica
2029 junio 12	parcial		0,46	Ártico
2029 julio 11	parcial		0,23	S Sudamérica
2029 diciembre 05	parcial		0,89	S Sudamérica y Antártida

En aquellos casos en que un eclipse de inicia en una fecha (TU) y termina al día siguiente se ha subrayado aquella fecha en que se da el máximo del eclipse. *Duración* se refiere a la de la fase de totalidad o anularidad. *Magnitud* se refiere a la fracción de diámetro solar cubierto por la Luna.

El próximo eclipse solar **total** visible como tal en España se dará el 12 de agosto de 2026. El próximo eclipse solar **anular** visible como tal en España se dará el 26 de enero de 2028.

Eclipses de Luna en los próximos años

Fecha	Tipo	Duración (en min)	Dur. totalidad (en min)	Magnitud
2019 enero 21	total	197	62	1,20
2019 julio 16/17	parcial	178		0,65
2020 enero 10	penumbral			
2020 junio 5	penumbral			
2020 julio 5	penumbral			
2020 noviembre 30	penumbral			
2021 mayo 26	total	187	15	1,01
2021 noviembre 19	parcial	208		0,97
2022 mayo 16	total	207	85	1,41
2022 noviembre 8	total	220	85	1,36
2023 mayo 5	penumbral			
2023 octubre 28	parcial	77		0,12
2024 marzo 25	penumbral			
2024 setiembre 18	parcial	63		0,09
2025 marzo 14	total	218	65	1,18
2025 setiembre 7	total	209	82	1,18
2026 marzo 3	total	207	58	1,15
2026 agosto 28	parcial	198		0,93
2027 febrero 20	penumbral			
2027 julio 18	penumbral			
2027 agosto 17	penumbral			
2028 enero 12	parcial	56		0,07
2028 julio 6	parcial	141		0,40
2028 diciembre 31	total	209	71	1,25
2029 junio 26	total	220	73	1,84
2029 diciembre 20	total	213	66	1,12

Duración se refiere a la de contacto con la sombra.

El próximo eclipse **total** de Luna visible en España en todas sus fases será el de 21 de enero de 2019.

Tránsitos

Se denomina *tránsito* al paso aparente de un planeta por delante de la superficie del Sol. Desde un planeta dado sólo se pueden ver los tránsitos de los planetas más interiores a él en el sistema solar. Los observadores terrestres podemos ver los tránsitos de Mercurio, a razón de trece por siglo, y de Venus, a razón de trece por milenio.

Las primeras predicciones de tránsitos planetarios son debidas a Johannes Kepler (1571-1630) en 1629. La primera observación telescópica de un tránsito de la que se tiene noticia es la del paso de Mercurio el 7 de noviembre 1631, observado por Pierre Gassendi (1592-1655) y otros astrónomos europeos. Sirvió para obtener una mejor estimación del tamaño angular de Mercurio. El tránsito de Venus del 7 de diciembre del mismo año no fue observado, al no ser visible desde Europa occidental. El primer paso de Venus observado es el del 4 de diciembre de 1639, por Jeremiah Horrocks (1618-1641), quien había predicho su visibilidad poco antes. Pudo obtener una mejor estimación del tamaño angular de Venus, que no fue publicada hasta décadas después por Johannes Hevelius (1611-1687).

Años después Edmond Halley (1656-1742), a raíz de su observación del tránsito de Mercurio del 7 de noviembre de 1677, propuso una campaña para determinar la distancia al Sol (la Unidad Astronómica, ua) mediante la observación simultánea de tránsitos desde lugares distantes, según el método sugerido por James Gregory (1638-1675) años antes, procedimiento que sería refinado posteriormente por Joseph-Nicolas Delisle (1688-1768). Centenares de observaciones de los tránsitos de Venus de 1761 y 1769 sirvieron a Jérôme Lalande (1732-1807) para acotar el valor de la ua entre 152 y 154 millones de km.

Condiciones para los tránsitos

La rareza de estos fenómenos viene dada por la ligera inclinación que tiene la órbita de cada uno de los planetas con respecto de la de los demás, suficiente para que en la mayoría de ocasiones el planeta no sea visto pasar por delante del disco solar. En el caso particular de un observador en la Tierra, una dificultad añadida proviene de la gran inclinación de las órbitas de Mercurio y Venus, las mayores entre los planetas del sistema solar. La inclinación es de 7°,0 en el caso de Mercurio y de 3°,4 en el caso de Venus. En este último caso, la mayor distancia media del planeta al Sol produce una mayor amplitud en sus cruces con el Sol (conjunciones inferiores), siendo de 17°,5 en el caso de Venus y de 8°,8 para Mercurio, en promedio.

Para que se produzca un tránsito debe ocurrir que la conjunción inferior del planeta interior (es decir, cuando dicho planeta pasa entre la Tierra y el Sol) ocurra cuando se encuentra en uno de sus nodos orbitales, aquellos puntos de su órbita en que cruza el plano de la órbita de la Tierra. Sólo

en este caso Sol, planeta y Tierra estarán prácticamente en línea recta y se podrá ver pasar el planeta por delante del disco del Sol. Conviene recordar que el Sol tiene sólo medio grado de diámetro. El número de conjunciones inferiores por siglo de estos planetas es de 315 en el caso de Mercurio y de 62 o 63 para Venus. Con sólo considerar estos dos factores, amplitud del movimiento en latitud eclíptica y conjunciones inferiores, deducimos que la posibilidad de tránsito de Mercurio es diez veces mayor que para Venus.

Los tránsitos de Mercurio

En el caso de Mercurio, el tránsito puede producirse si la conjunción inferior ocurre durante unos dos días antes o después de su paso por el nodo descendente, que tiene lugar alrededor del 8 de mayo, y durante unos cuatro días antes o después de su paso por el nodo ascendente, que tiene lugar alrededor del 10 de noviembre. A ello cabe añadir un día más por la falta de coincidencia entre el año civil y el año trópico. Consecuencia inmediata de ello es que sus tránsitos en noviembre son dos veces más frecuentes que en mayo. Además, el diámetro aparente del Sol es un 2% mayor visto desde la Tierra, por hallarse ésta acercándose al perihelio. Obsérvese que el tamaño medio de Mercurio visto desde la Tierra durante una conjunción inferior es de 11″, menos del 1% del tamaño del Sol.

Desde el año 1600 al 2300 habrá 31 tránsitos de Mercurio en mayo, que habrán tenido lugar entre los días 2 y 13 (fechas dadas en TU), dándose con mayor frecuencia (del 13% en cada fecha) los días 7, 8 y 10. La media cae cerca del día 8 de mayo. Además habrá 63 tránsitos en noviembre, que habrán tenido lugar entre los días 1 y 17, dándose la mayor frecuencia el día 9 (16% de los casos). La media cae entre los días 9 y 10 de noviembre.

La gran dispersión de estas fechas parece exceder lo antes dicho, relativo al margen de fechas alrededor de la conjunción en que se puede dar un tránsito. Ello se explica por dos hechos. En primer lugar, que el paso por el nodo puede darse en varias fechas alrededor del 8 de mayo y del 10 de noviembre, debido a las variaciones en la órbita: tanto la posición del perihelio, como el valor de la excentricidad, como el resto de elementos de la órbita son variables. Si incluimos además la variación secular de la longitud del nodo en las órbitas, concluimos que se irá produciendo un desplazamiento (en efecto, es un retraso de más de un día por siglo) en la fecha media en que se da el paso por el nodo. A ello hay que añadir que no sólo varía la órbita del planeta que transita, sino también la del planeta desde el que se observa el tránsito, en este caso la Tierra.

Otra característica que diferencia los tránsitos de mayo y noviembre es la duración máxima de un tránsito central, o sea aquél en que los centros llegan a coincidir. En mayo pueden llegar a durar casi 8 horas, mientras que en noviembre sólo llegan a cinco horas y media.

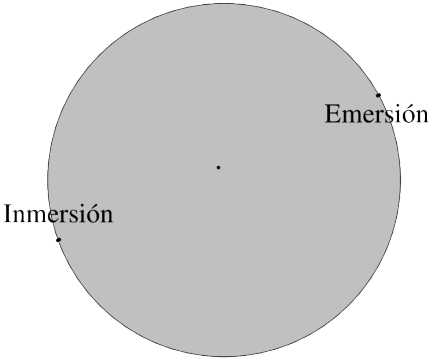
Tránsito de Mercurio del día 11 de noviembre de 2019

El transito será visible en su totalidad en las islas Canarias. En el resto de España será visible el inicio y gran parte del tránsito, excepto sus últimas fases que se producirán tras la puesta de Sol.

Será visible en su totalidad en Sudamérica, América Central, el este de Norteamérica y el extremo más occidental de África. Al inicio será visible desde el oeste de Asia, Europa y África; al final será visible desde el oeste de Norteamérica y el océano Pacífico. La duración total del fenómeno será de 5 horas y 29 minutos.

Las efemérides de un tránsito suelen darse como los instantes en que se producen los contactos entre el disco del planeta y el del Sol. Hay cuatro contactos, dos exteriores y dos interiores, que se ilustran en la figura adjunta, junto con la posición indicando el máximo acercamiento entre los centros de los planetas. (En dicha figura los discos están a escala.)

En Madrid el contacto exterior de la inmersión será a las 13^h35^m TU, con una altura aproximada del Sol de 32°; el instante de máximo acercamiento se producirá a las 15^h20^m TU, con una altura del Sol de 16°; la emersión no será visible porque se producirá tras la puesta de Sol.



Los contactos exteriores (**iT**, **fT**) son muy difíciles de observar, especialmente el primero para el cual se carece de referencia, además del efecto cegador de la luz del Sol. Los contactos interiores están mejor definidos, pero aún y así la precisión en su observación no alcanza la típica en ocultaciones de estrellas por la Luna, fenómeno que se puede calificar de instantáneo a efectos prácticos.

Los instantes que se indican a continuación se refieren al centro de la Tierra. Las efemérides topocéntricas (en algún lugar de la superficie de la Tierra) diferirán en segundos e incluso en algún minuto respecto de tales valores. Los tiempos están dados en TU. Las zonas de visibilidad se indican en la figura correspondiente.

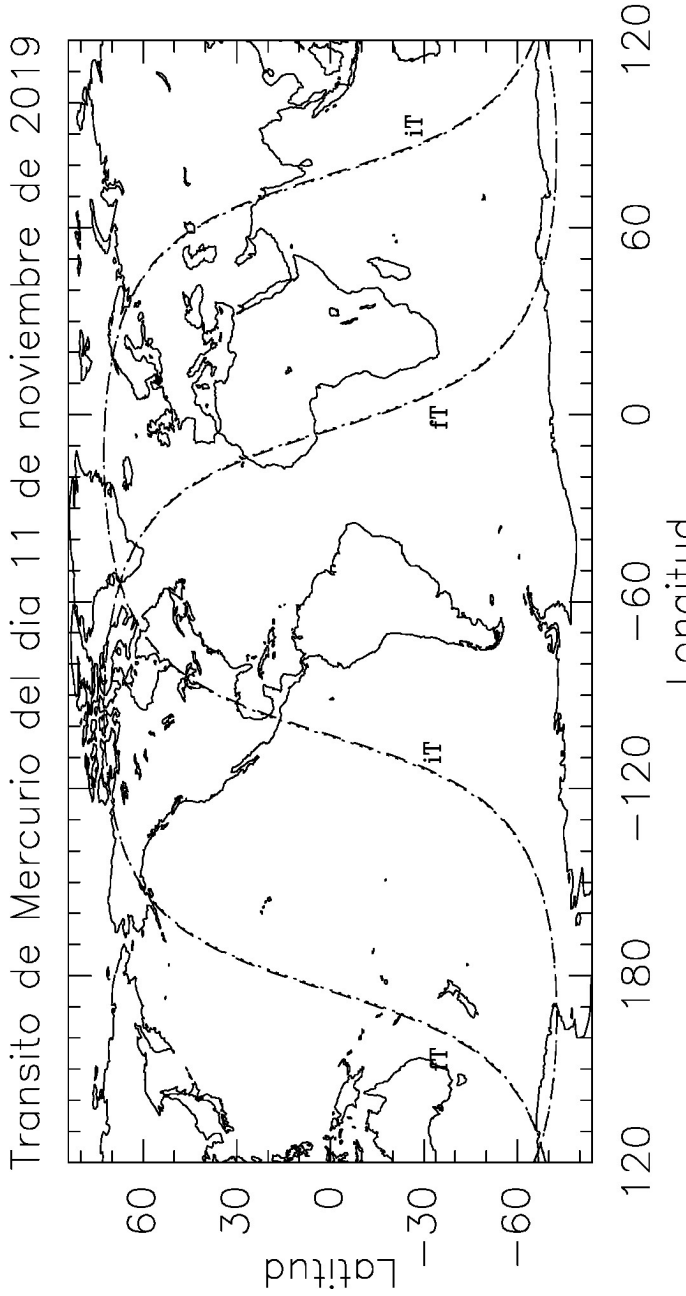
Características geocéntricas (TU):

Immersión:	
Contacto exterior	$12^h35^m.4$
Angulo de posición	$109°.8$
Contacto interior	$12^h37^m.1$
Angulo de posición	$109°.8$
Mínima distancia:	
Instante medio	$15^h19^m.8$
Angulo de posición	$24°.3$
Distancia mínima	$1'15''.9$
Emersión:	
Contacto interior	$18^h02^m.5$
Angulo de posición	$298°.8$
Contacto exterior	$18^h04^m.2$
Angulo de posición	$298°.7$
Duración total del fenómeno:	5 h 29 min

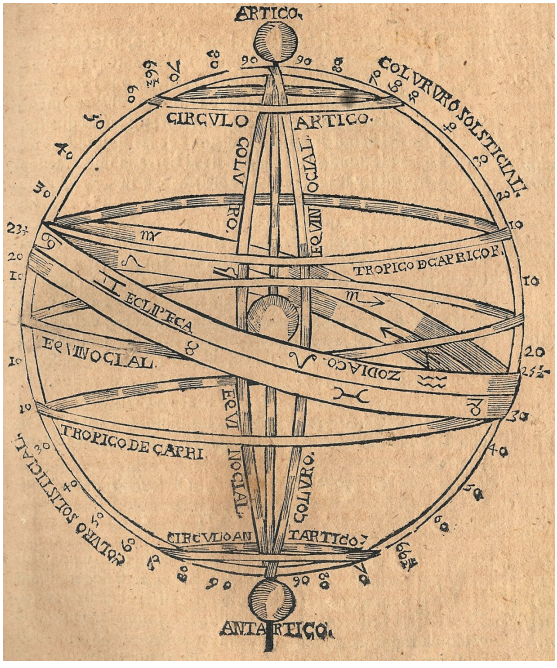
Condiciones a mitad del tránsito:

Sol:	
Diámetro	$32'18''.6$
Paralaje	$8''.883$
Ascensión recta	$15^h5^m.8$
Declinación	-17°26.9′
Mercurio:	
Diámetro	$9''.95$
Paralaje	$13''.013$

El siguiente tránsito de Mercurio se producirá el 13 de noviembre de 2032.


Transito de Mercurio del dia 11 de noviembre de 2019
Latitud
60
30
0
−30
−60
120
180
−120
−60
0
60
120
Longitud
iT
fT
iT
fT

CALENDARIOS Y TIEMPOS



CALENDARIOS

Introducción
Día juliano
Calendario gregoriano
Calendario católico
Calendario juliano
Calendario musulmán
Calendario israelita
Día de la semana correspondiente a una fecha

Introducción

Un calendario es un sistema que, con propósitos civiles o religiosos, organiza largos intervalos de tiempo en periodos de tiempo menores (tales como año, mes y semana) utilizando como unidad el día, con el propósito de que cada día se exprese de manera unívoca (sin ambigüedad).

En la actualidad hay unos 40 calendarios distintos en uso y aún más han dejado de ser usados. La mayoría de ellos tienen una cierta base astronómica, por cuanto intentan dividir el año trópico (correspondiente al ciclo de las estaciones climáticas) o el mes sinódico (correspondiente al ciclo de fases lunares) en un número entero de días. En la práctica, cada calendario se define con un conjunto de reglas establecidas por convenio con las que se trata de conseguir un sistema que no se desvie excesivamente, a medio plazo, del tipo de ajuste astronómico en que se basa; pero sin pretender un ajuste muy preciso (que exigiría un excesivo número de reglas), pues su fin es social, no científico.

El calendario civil usado en las relaciones internacionales y en la mayoría de países es el **calendario gregoriano** que, además, constituye la base del calendario litúrgico de católicos y protestantes. La unidad de este calendario es el **día**, definido como 86400 segundos de Tiempo Atómico Internacional (TAI).

Para facilitar los intercambios internacionales, la Organización Internacional de Normalización (ISO) adoptó dos recomendaciones referidas a la escritura numérica de las fechas y a la numeración de las semanas:

Escritura numérica de fechas

Los tres elementos de la fecha se expresarán en cifras árabes y se pondrán en el orden: año, mes y día. El mes y el día se expresarán cada uno con dos cifras, pudiendo la de la izquierda ser un cero. Dada la ambigüedad que se presentó con la llegada del año 2000, se recomienda expresar el año con sus cuatro cifras. *Ejemplo*: el 28 de febrero de 2019 se escribe como 2019-02-28 o bien 20190228.

Numeración de las semanas

El lunes se considera como el primer día de la semana. Las semanas se numeran de 01 a 52. La primera semana del año, numerada 01, es la que contiene el primer jueves de enero. Se incluye una semana numerada 53 cuando el año considerado termina en jueves, o bien en jueves o viernes en caso de ser bisiesto.

Los **siglos**, periodos de 100 años, también son susceptibles de ser numerados en relación con un origen arbitrario. En el caso de la era

cristiana, el primer siglo empezó el 1 de enero del año 1 y finalizó el 31 de diciembre del año 100; el siglo XX empezó el 1 de enero del año 1901 y acabó el 31 de diciembre del año 2000; el siglo XXI empezó el 1 de enero del año 2001 y acabará el 31 de diciembre del año 2100.

Día juliano

Una manera conveniente de expresar el instante en que un determinado fenómeno astronómico se produce consiste en dar el *día juliano* en que tal fenómeno se dio o se dará. La facilidad de uso se debe a que es una medida del tiempo continua, que puede ser fácilmente introducida en ecuaciones; la determinación del tiempo transcurrido entre dos sucesos se obtendrá mucho más fácilmente como una resta de dos días julianos que como la diferencia entre dos fechas de cualquier calendario. El basarse en una numeración continua de los días y fracción lo hace muy apropiado para expresar los tiempos en las aplicaciones astronómicas. El día juliano también es conocido como *fecha juliana*, lo que en ocasiones da lugar a su confusión con la *fecha del calendario juliano*, que se explica más abajo.

Se habla de *número de día juliano* cuando se prescinde de la parte fraccionaria. Facilita la realización de transformaciones entre fechas expresadas en distintos calendarios, así como la determinación del tiempo transcurrido entre dos fechas determinadas o el cálculo del día de la semana.

En su forma actual, el día juliano se refiere al Meridiano cero o de Greenwich y en la escala de Hora o Tiempo Universal (TU). Se considera que el día juliano cero se inició a las 12 horas del día 1 de enero del año −4712 del calendario juliano proléptico o del 24 de noviembre del −4713 del calendario gregoriano proléptico (ver más abajo). Por ello, el día juliano se expresará como un número entero al mediodía de Greenwich (12^h de TU) y tendrá una fracción 0,5 a las 0^h de TU (medianoche en el meridiano de Greenwich). *Ejemplo*: el día juliano correspondiente a las 0^h de TU del día 29 de abril de 2019 es 2 458 602,5.

Para obtener el día juliano correspondiente a un día D de un mes, basta con sumar el valor D al día juliano dado para el día cero de tal mes en la tabla siguiente. (Se entiende por día cero el último día del mes precedente.)

Día a 0^h de TU	Día juliano	Día a 0^h de TU	Día juliano
2019 Ene 0	2 458 483,5	2019 Jul 0	2 458 664,5
2019 Feb 0	2 458 514,5	2019 Ago 0	2 458 695,5
2019 Mar 0	2 458 542,5	2019 Set 0	2 458 726,5
2019 Abr 0	2 458 573,5	2019 Oct 0	2 458 756,5
2019 May 0	2 458 603,5	2019 Nov 0	2 458 787,5
2019 Jun 0	2 458 634,5	2019 Dic 0	2 458 817,5

Día juliano correspondiente al día 0 de enero de los años indicados:

2011	2455561,5	2016	2457387,5	2021	2459214,5
2012	2455926,5	2017	2457753,5	2022	2459579,5
2013	2456292,5	2018	2458118,5	2023	2459944,5
2014	2456657,5	2019	2458483,5	2024	2460309,5
2015	2457022,5	2020	2458848,5	2025	2460675,5

A continuación se indican algunos días julianos a los que se refieren sistemas de coordenadas astronómicas y expresiones de elementos orbitales:

B1850	=	2396758,203	=	1850 Ene 0,703
J1900	=	2415020,0	=	1900 Ene 0,500
B1900	=	2415020,313	=	1900 Ene 0,813
J1950	=	2433282,5	=	1950 Ene 1,000
B1950	=	2433282,423	=	1950 Ene 0,923
J2000	=	2451545,0	=	2000 Ene 1,500
J2050	=	2469807,5	=	2050 Ene 1,000

Las tablas siguientes permiten determinar con un cálculo sencillo el día juliano correspondiente a una fecha gregoriana dada entre los años 1600 y 2199. Para ello hay que sumar la contribución *DJC* de la centuria a la que corresponde el año, la contribución *DJF* de la fracción de centuria F, que viene dada por la ecuación $DJF = 365 * F + int[F/4]$, la contribución *DJM* del mes, con la corrección correspondiente en caso de tratarse de un año bisiesto (columna *bis*), el día del mes y la fracción de éste (TU/24) si no son las 0^h de TU. La función *int*[] calcula la parte entera de un número.

Centuria

Año	DJC
1600	2305447,5
1700	2341971,5
1800	2378495,5
1900	2415019,5
2000	2451544,5
2100	2488068,5

Mes

Mes	DJM	bis.	Mes	DJM	bis.
Ene	0	−1	Jul	181	0
Feb	31	−1	Ago	212	0
Mar	59	0	Set	243	0
Abr	90	0	Oct	273	0
May	120	0	Nov	304	0
Jun	151	0	Dic	334	0

Ejemplo: para el 29 de abril de 2019 a las 0^h TU son:

$DJC(2000)$=2 451 544,5
$DJF(19) = 365 * 19 + int[19/4] = 6939$
$DJM(\text{abril}) = 90$

Por consiguiente, el día juliano es: $DJC + DJF + DJM + día = 2451544{,}5 + 6939 + 90 + 29 = 2458602{,}5$. Tal día será lunes.

Conocido el día juliano correspondiente a una fecha, el **día de la semana** se determina sumando 0,5 al día juliano, calculando el resto de la división *entera* por 7 y sumando la unidad. Si el resultado de la operación es 1, corresponde a un lunes, y así sucesivamente:

$$\textit{día de la semana} = \text{resto}\left[\frac{\textit{día juliano} + 0{,}5}{7}\right] + 1$$

En ocasiones se usa el *día juliano modificado* establecido en 1957, que se obtiene restando al día juliano la cantidad 2 400 000,5. De esta forma la expresión es más corta y desaparece la fracción 0,5 en la expresión de un día a las 0^{h} de TU.

Ejemplo: el día juliano correspondiente al 29 de abril de 2019 a las 0^{h} TU es 2 458 602,5; el día juliano modificado correspondiente es 58 602.

Calendario gregoriano

Es un calendario solar, que trata de ajustar su duración media a la del ciclo estacional (año trópico). Consta de años comunes, de 365 días, y de años bisiestos, con un día adicional que se coloca antes del 1 de marzo y se denomina 29 de febrero. Son bisiestos los años divisibles por 4 excepto cuando sean divisibles por 100, a no ser que sean divisibles por 400. Según esta regla, el año 1900 no fue bisiesto y el año 2000 sí lo fue.

El calendario gregoriano se compone de un ciclo de 146 097 días (20 871 semanas) que se repite exactamente cada 400 años. La duración media de un año resulta ser de 365,24250 días, excediendo la duración del año trópico (365,24219 días) en sólo 27 segundos.

El calendario gregoriano (introducido por el Papa Gregorio XIII) constituye una modificación al calendario *juliano* descrito más abajo, reforma que supuso: (1) la supresión de 3 días intercalares cada cuatro siglos (tres años bisiestos pasaron a ser comunes), (2) la modificación de la determinación del día de Pascua y (3) el aumento de la fecha en diez días, lo que tuvo lugar al establecer el 15 de octubre de 1582 (gregoriano) como el día siguiente al 4 de octubre (juliano). Se respetó la sucesión de los días de la semana: al jueves 4 de octubre le siguió el viernes 15 de octubre. Este calendario fue adoptado oficialmente de manera inmediata en los países católicos (entre ellos España) y, a lo largo de varios siglos, en otros muchos países.

En ocasiones se utilizan fechas gregorianas para indicar hechos acaecidos antes de la reforma del calendario, lo cual se indica como calendario gregoriano *proléptico*. Para que se apliquen adecuadamente las reglas que lo definen es necesario introducir el año bisiesto 0 (equivalente al 1 a. de C.), el cual viene precedido del año común -1 (2 a. de C.).

Calendario católico para 2019

Cómputo eclesiástico		
Número áureo	6	(ciclo lunar de 19 años)
Epacta	24	(edad de la Luna al 1 de enero)
Ciclo solar	12	(ciclo de 28 años)
Letra dominical	F	(ciclo de 28 años)
Indicción romana	12	(ciclo de 15 años)

Principales fiestas movibles		
Septuagésima	Feb	17
Miércoles de Ceniza	Mar	6
Primer domingo de Cuaresma	Mar	10
Viernes Santo	Abr	19
Pascua	Abr	21
Ascensión	May	30
Pentecostés	Jun	9
La Santísima Trinidad	Jun	16
Corpus Christi	Jun	20
El Sagrado Corazón de Jesús	Jun	28
Primer domingo de Adviento	Dic	1

Témporas	
I	Mar 13, 15, 16
II	Jun 12, 14, 15
III	Set 18, 20, 21
IV	Dic 18, 20, 21

Velaciones
Se cierran:
Mar 5 y Nov 30
Se abren:
Abr 23 y Dic 26

La mayor parte de fiestas movibles del calendario eclesiástico pueden deducirse a partir de la fecha del domingo de Pascua. Este es el primer domingo posterior a la Luna llena *eclesiástica* que se da en o tras el 21 de marzo; para evitar la dificultad de las observaciones, su dependencia del lugar de observación o el cálculo del complejo movimiento de la Luna, se utilizan unas tablas que definen el movimiento de la denominada *Luna eclesiástica*. En base a ellas se han calculado las fechas del Domingo de Pascua que figuran a continuación, para los años 1900 a 2099. Las letras M y A indican el mes, respectivamente marzo y abril.

Las fechas de otras fiestas movibles que se calculan a partir de la del Domingo de Pascua se pueden encontrar sumando (restando, si es negativo) el número de días que se indican a continuación a la fecha indicada en la tabla posterior:

Septuagésima −63
Miércoles de Ceniza −46
Primer domingo de Cuaresma −42
Ascensión +39
Pentecostés +49
Corpus Christi +60

Domingo de Pascua (gregoriano)

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1900	15 A	7 A	30 M	12 A	3 A	23 A	15 A	31 M	19 A	11 A
1910	27 M	16 A	7 A	23 M	12 A	4 A	23 A	8 A	31 M	20 A
1920	4 A	27 M	16 A	1 A	20 A	12 A	4 A	17 A	8 A	31 M
1930	20 A	5 A	27 M	16 A	1 A	21 A	12 A	28 M	17 A	9 A
1940	24 M	13 A	5 A	25 A	9 A	1 A	21 A	6 A	28 M	17 A
1950	9 A	25 M	13 A	5 A	18 A	10 A	1 A	21 A	6 A	29 M
1960	17 A	2 A	22 A	14 A	29 M	18 A	10 A	26 M	14 A	6 A
1970	29 M	11 A	2 A	22 A	14 A	30 M	18 A	10 A	26 M	15 A
1980	6 A	19 A	11 A	3 A	22 A	7 A	30 M	19 A	3 A	26 M
1990	15 A	31 M	19 A	11 A	3 A	16 A	7 A	30 M	12 A	4 A
2000	23 A	15 A	31 M	20 A	11 A	27 M	16 A	8 A	23 M	12 A
2010	4 A	24 A	8 A	31 M	20 A	5 A	27 M	16 A	1 A	21 A
2020	12 A	4 A	17 A	9 A	31 M	20 A	5 A	28 M	16 A	1 A
2030	21 A	13 A	28 M	17 A	9 A	25 M	13 A	5 A	25 A	10 A
2040	1 A	21 A	6 A	29 M	17 A	9 A	25 M	14 A	5 A	18 A
2050	10 A	2 A	21 A	6 A	29 M	18 A	2 A	22 A	14 A	30 M
2060	18 A	10 A	26 M	15 A	6 A	29 M	11 A	3 A	22 A	14 A
2070	30 M	19 A	10 A	26 M	15 A	7 A	19 A	11 A	3 A	23 A
2080	7 A	30 M	19 A	4 A	26 M	15 A	31 M	20 A	11 A	3 A
2090	16 A	8 A	30 M	12 A	4 A	24 A	15 A	31 M	20 A	12 A

Calendario juliano

Es un calendario solar introducido por Julio César en el año 45 a. de C. y seguido en la Europa cristiana y sus colonias hasta la adopción del *calendario gregoriano* a partir del año 1582. La duración del año en el calendario juliano es de 365 días, repartidos en 12 meses de duración fija, con un día suplementario ("intercalar") cada cuatro años sin excepción. El primer día de cada mes se denominaba "calendas" en latín, de donde proviene la actual palabra **calendario**.

La duración media de un año juliano es de 365,25 días, unos 11 minutos más largo que la duración del año trópico, al que pretende aproximar. Como consecuencia de tal imprecisión, el retraso acumulado respecto del calendario gregoriano es ya de 13 días, retraso que se mantendrá desde el 1 de marzo de 1900 hasta el 28 de febrero del 2100. En la actualidad, el inicio del año juliano tiene lugar el día 14 de enero del correspondiente año gregoriano.

Los datos del cómputo eclesiástico en el calendario juliano no difieren de los del católico más que en la epacta y, consiguientemente, en la letra dominical:

Cómputo eclesiástico juliano
para el año 2019

Pascua	15 de abril (juliano) 28 de abril (gregoriano)
Epacta	3
Letra dominical	G

Cronología: La designación del año aproximado del nacimiento de Cristo como año 1 en el cómputo del calendario juliano se realizó en el siglo IV. Otro instante inicial distinto para contabilizar años julianos se debe a J.J. Scaliger (siglo XIV), quien propuso partir de una fecha anterior a cualquier dato histórico a fin de evitar el uso de años negativos o la expresión a. de C., designando como año 1 del *periodo juliano* al año 4713 a. de C. Esta constituye la época inicial para el denominado *día juliano*, de amplio uso en astronomía y en investigaciones históricas y arqueológicas, pero que no hay que confundir con la *fecha del calendario juliano*.

Calendario musulmán

Es un calendario puramente lunar, sin relación alguna con las estaciones. El primer día del año 1 de la Hégira corresponde al 16 de julio del año 622 juliano (algunas cronologías lo asignan al día 15).

En su versión religiosa tradicional, el inicio de cada mes se determina observacionalmente coincidiendo con la primera visión de la luna creciente. En un lugar dado, el mes se inicia a la puesta de sol del día en que el creciente lunar ha sido visto. Como consecuencia, el mes se inicia en fechas distintas en distintos lugares. En las últimas décadas se ha realizado un considerable esfuerzo en modelar la visibilidad del creciente lunar en base a la posición de la Luna respecto del Sol, su distancia a la Tierra, las condiciones atmosféricas y climáticas, el modo de observación, la posición geográfica y altitud del lugar de observación, etc, con el fin de poder sustituir por un método preciso las observaciones del creciente o las reglas empíricas adoptadas en distintos paises, entre ellos Arabia Saudí. Se ha propuesto, incluso, el establecimiento de una línea internacional de cambio de mes como regla única, pero la falta de acuerdo en los criterios específicos para su establecimiento y su posición cambiante sobre la Tierra mes a mes dificultan su adopción.

El calendario civil trata de ajustar la duración del mes lunar medio (29,530589 días) con un ciclo de 30 años (360 meses) preestablecido. Cada año consta de 12 meses, en que los impares tienen 30 días y los pares 29, salvo en el caso de los años *embolísticos* o *abundantes* en que el último mes tiene 30 días. En cada ciclo de 30 años, se consideran abundantes los años 2, 5, 7, 10, 13, 16, 18, 21, 24, 26 y 29 del ciclo. Ello da lugar

a una duración media del mes que difiere del mes lunar medio en unos 3 segundos. La duración media del año musulmán es de 354,3667 días.

Para transformar una época gregoriana (G) a musulmana (M) o viceversa de una manera orientativa se pueden usar las fórmulas siguientes:

$$G = 0,9702\,M + 621,58 \qquad \text{y} \qquad M = 1,0307\,G - 640,66$$

Ejemplo: el 1 de enero de 2019 ($G = 2019{,}00$) corresponde a $M = 1440{,}32$, o sea a principios del año musulmán 1440. Este es un año común pues es el año 30 del ciclo 48.

Fechas gregorianas correspondientes al inicio de los meses del calendario musulmán establecido según las reglas anteriores:

Inicio del mes musulmán			Fecha gregoriana		
1440	Ŷumādà al-ūlà	1	2019	Ene	8
1440	Ŷumādà al-ājira	1	2019	Feb	7
1440	Raŷab	1	2019	Mar	8
1440	Ša‘bān	1	2019	Abr	7
1440	Ramaḍān	1	2019	May	6
1440	Šawwāl	1	2019	Jun	5
1440	Ḏū-l-qa‘da	1	2019	Jul	4
1440	Ḏū-l-ḥiŷŷa	1	2019	Ago	3
1441	Muḥarram	1	2019	Set	1
1441	Ṣafar	1	2019	Oct	1
1441	Rabī‘ al-awwal	1	2019	Oct	30
1441	Rabī‘ al-ṯānī	1	2019	Nov	29
1441	Ŷumādà al-ūlà	1	2019	Dic	28

El mes se inicia a la puesta de sol del día anterior al que figura en la tabla.

Fechas gregorianas correspondientes a las principales festividades del calendario musulmán:

Ascensión del Profeta	2019	Abr	3
Primer día del ramadán	2019	May	6
Conquista de la Meca	2019	May	25
Revelación del Corán	2019	Jun	1
Ultimo día del ramadán	2019	Jun	4
Pascua postayuno	2019	Jun	5
Pascua de Inmolación	2019	Ago	12
Primer día del año	2019	Set	1
‘Āshūrā’	2019	Set	10
Huida del Profeta (*Hégira*)	2019	Oct	30
Nacimiento del Profeta	2019	Nov	10

El calendario musulmán que se usa en cada lugar debe regirse, en sentido estricto, por el inicio de un mes dado por la primera visión del creciente lunar que sigue al novilunio. Se trata de una observación astronómica en un lugar dado, por lo que dependerá de condiciones tales como la altura de la Luna sobre el horizonte y la transparencia de la atmósfera. A lo largo de la historia se ha tratado de encontrar criterios para predecir la visibilidad del creciente bajo buenas condiciones atmosféricas. En la tabla siguiente se indica la predicción de visibilidad del creciente lunar en Madrid bajo uno de estos criterios. A diferencia de la tabla que da el inicio de los meses según una determinada regla, en la tabla que sigue cada mes se inicia a la puesta de sol del día que figura ella.

Visibilidad del creciente lunar en Madrid tras la puesta de Sol de la fecha indicada

Mes musulmán		Fecha gregoriana		
1440	Ŷumādà al-ūlà	2019	Ene	7
1440	Ŷumādà al-ājira	2019	Feb	6
1440	Raŷab	2019	Mar	7
1440	Ša‘bān	2019	Abr	6
1440	Ramaḍān	2019	May	6
1440	Šawwāl	2019	Jun	4
1440	D̲ū-l-qa‘da	2019	Jul	3
1440	D̲ū-l-ḥiŷŷa	2019	Ago	2
1441	Muḥarram	2019	Ago	31
1441	Ṣafar	2019	Set	29
1441	Rabī‘ al-awwal	2019	Oct	29
1441	Rabī‘ al-ṯānī	2019	Nov	27
1441	Ŷumādà al-ūlà	2019	Dic	27

Calendario israelita

Es un calendario lunisolar, esto es: pretende ajustar la duración media de los meses a la del mes lunar y la duración media de los años a la del año trópico. Por ello, su definición es más compleja que los anteriormente descritos. Los años constan de 12 o 13 meses de 29 o 30 días, siguiendo un ciclo de 19 años. Los años *comunes regulares* tienen 12 meses de, alternativamente, 30 y 29 días. El primer mes del año se llama tišrī. En ocasiones el segundo mes (ḥešwān) tiene 30 días, dando lugar a un año *común completo o abundante*. En ocasiones el tercer mes (kislew) tiene 29 días, con lo que el año se denomina *común defectivo*. Los años *embolísticos* tienen 13 meses, siendo el mes intercalar añadido en los años 3, 6, 8, 11, 14, 17 y 19 del ciclo de 19 años. Dicho mes se llama ve-adār y se intercala entre los meses de adār y nisan. Los años embolísticos pueden a su vez ser defectivos, regulares o abundantes. A consecuencia de ello, el año puede

tener seis duraciones distintas, algunas de las cuales figuran en la tabla que sigue.

Con todo ello se consigue una duración media del mes (29,530594 días) que difiere del mes lunar medio en menos de medio segundo y una duración media del año (365,246822 días = $365^{d}\ 5^{h}\ 55^{m}\ 25^{s}$) que difiere del año trópico en menos de 7 minutos. El primer día del año israelita 1 corresponde al 7 de Octubre de −3760 (3761 a. de C.) del calendario juliano proléptico.

Primer día del año	Fecha gregoriana	Duración (días)
5773	2012 Set 17	353
5774	2013 Set 5	385
5775	2014 Set 25	354
5776	2015 Set 14	385
5777	2016 Oct 3	353
5778	2017 Set 21	354
5779	2018 Set 10	385
5780	2019 Set 30	355
5781	2020 Set 19	353
5782	2021 Set 7	384
5783	2022 Set 26	355

Fechas gregorianas correspondientes al inicio de cada uno de los meses del calendario israelita:

Inicio del mes			Fecha gregoriana		
5779	Šebāṭ	1	2019	Ene	7
5779	Adār	1	2019	Feb	6
5779	ve-Adār	1	2019	Mar	8
5779	Nisan	1	2019	Abr	6
5779	Iyyār	1	2019	May	6
5779	Siwān	1	2019	Jun	4
5779	Tammūz	1	2019	Jul	4
5779	Ab	1	2019	Ago	2
5779	Elūl	1	2019	Set	1
5780	Tišrī	1	2019	Set	30
5780	Ḥešwān	1	2019	Oct	30
5780	Kislew	1	2019	Nov	29
5780	Ṭebēt	1	2019	Dic	29

El mes se inicia a la puesta de sol del día anterior al que figura en la tabla.

Esta forma del calendario fue establecida a partir del siglo 4 de la era cristiana (año 358/359), sustituyendo progresivamente un calendario lunar anterior en que los meses se iniciaban con la visibilidad del creciente lunar. En su forma actual, es el calendario religioso de los judíos y el oficial de Israel. El primer día de la semana se inicia a la puesta de sol del sábado

que, para propósitos civiles y para evitar su variación a lo largo del año, se considera que ocurre a las 6 de la tarde, y termina a la siguiente puesta de sol. El sábado es el último día de la semana.

Fechas gregorianas correspondientes a las principales festividades del calendario israelita (los ayunos se inician al amanecer del día indicado, las demás festividades se inician a la puesta de sol del día anterior):

Año nuevo de los árboles	2019	Ene	21
Ayuno de Ester	2019	Mar	20
Suertes (*Purim*)	2019	Mar	21
Pascua (*Pesaḥ*)	2019	Abr	20
Lag B'Omer	2019	May	23
Pentecostés (*Shavuot*)	2019	Jun	9
Ayuno del mes de tammūz	2019	Jul	21
Ayuno. Destrucción de Jerusalén	2019	Ago	11
Año nuevo (*Rosh-hashana*)	2019	Set	30
Ayuno de Guedaliah	2019	Oct	2
Expiación (*Yom Kippur*)	2019	Oct	9
Tabernáculos (*Sukkot*)	2019	Oct	14
Alegría de la Ley	2019	Oct	22
Dedicación del Templo (*Ḥanukka*)	2019	Dic	23

Determinación del día de la semana correspondiente a una fecha

En la sección dedicada al día juliano se ha descrito un procedimiento para calcular el día de la semana que corresponde a una fecha dada válido para el calendario gregoriano. En esta sección se dan unas tablas que permiten dicho cálculo entre los años 0 y 3000, incluyendo el calendario juliano hasta el 4 de octubre de 1582 y el gregoriano desde el día siguiente, que fue el 15 de octubre de 1582. Para ello se utiliza la tabla que se encuentra en la página siguiente y que constituye lo que se conoce popularmente como un *calendario perpetuo*.

Para determinar el día de la semana de una fecha dada hay que sumar los valores del índice que corresponden a: (1) el millar y las centenas del año considerado, (2) las decenas y unidades del año considerado, (3) el mes considerado, y (4) el día del mes. A continuación, al resultado de la suma hay que restarle 7 tantas veces como haga falta para obtener un número entre 1 y 7. Este número corresponde al índice del día de la semana.

Ejemplo: 29 de abril de 2019: a 20␣␣ le corresponde el índice 7; a ␣␣19, el índice 1; a abril, el índice 6; y al día 29, el índice 1. La suma es: $7+1+6+1=15$. Restándole dos veces 7 se obtiene 1, índice que corresponde a lunes.

Indice	1	2	3	4	5	6	7

Millar y centena del año							
	4␣␣	3␣␣	2␣␣	1␣␣	0␣␣		
	11␣␣	10␣␣	9␣␣	8␣␣	7␣␣	6␣␣	5␣␣
	G15␣␣			J15␣␣	14␣␣	13␣␣	12␣␣
	19␣␣		18␣␣		17␣␣		16␣␣
	23␣␣		22␣␣		21␣␣		20␣␣
	27␣␣		26␣␣		25␣␣		24␣␣
			30␣␣		29␣␣		28␣␣

(G=Gregoriano, J=Juliano)

Decena y unidad del año							
						00	01
	02	03		04	05	06	07
		08	09	10	11		12
	13	14	15		16	17	18
	19		20	21	22	23	
	24	25	26	27		28	29
	30	31		32	33	34	35
		36	37	38	39		40
	41	42	43		44	45	46
	47		48	49	50	51	
	52	53	54	55		56	57
	58	59		60	61	62	63
		64	65	66	67		68
	69	70	71		72	73	74
	75		76	77	78	79	
	80	81	82	83		84	85
	86	87		88	89	90	91
		92	93	94	95		96
	97	98	99				

Mes							
		Feb(B)	Feb			Ene(B)	Ene
	May		Mar	Jun		Abr	
		Ago	Nov		Set	Jul	Oct
					Dic		

(B=bisiesto)

Día del mes							
	1	2	3	4	5	6	7
	8	9	10	11	12	13	14
	15	16	17	18	19	20	21
	22	23	24	25	26	27	28
	29	30	31				

Día de la semana	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom

Indice	1	2	3	4	5	6	7

(Ver la sección **calendario gregoriano** para la regla de los bisiestos.)

TIEMPOS

Escalas de tiempo
Emisores de señales de tiempo
Tiempo oficial y husos horarios
La hora en España
Tablas de tiempos

Relaciones válidas en el año 2019

Días desde el inicio de siglo = 6574 + día del año
Días hasta el fin de siglo = 29950 − día del año
Día juliano = 2458483,5 + día del año + $TU/24^{\mathrm{h}}$
Día juliano modificado = 58483 + día del año + $TU/24^{\mathrm{h}}$
Siglos julianos desde la época J2000 hasta la mitad del año:
$\mathrm{T} = (J2019.5 - J2000.0)/36525 = 0{,}195$
Tiempo sidéreo local en el día d, instante TU y longitud λ_E:
$\theta_{med} = 6^{\mathrm{h}}{,}624992 + 0^{\mathrm{h}}{,}065709825\ d + 1{,}00273791\ TU + \lambda_E$
$\theta_{ver} = \theta_{med}$ + ecuación de los equinoccios
Ecuación de los equinoccios $= -0^{\mathrm{s}}{,}91 - 0^{\mathrm{s}}{,}00052\ d$ (error $< 0^{\mathrm{s}}{,}1$)

Escalas de tiempo

El instante en que ocurre un determinado fenómeno o suceso se indica por medio de una *escala de medida del tiempo*, que debe ser adecuada a la precisión que se requiera. Una escala de tiempo viene definida por una *unidad de medida* y un instante *origen de escala*. Los grandes avances habidos desde fines de los años 1950 en desarrollar y mantener sistemas de medida del tiempo muy precisos y estables, han llevado a sustituir progresivamente escalas basadas en fenómenos astronómicos, como la rotación de la Tierra, por escalas basadas en fenómenos cuánticos.

La unidad básica de medida del tiempo, que utilizan o a la que se refieren todas las escalas de tiempo, es el *segundo* (del Sistema Internacional de Unidades, SI), el cual se define (desde 1967) como la duración de 9 192 631 770 oscilaciones de la radiación emitida en la transición entre dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio 133, a nivel de mar. El número de oscilaciones se escogió de manera que su duración correspondiera con la mayor precisión posible con la unidad de tiempo utilizada hasta entonces (el segundo de efemérides, definido como la fracción $31\,556\,925,9747$ de la duración del año trópico a las 12 TE del día 0 de enero de 1900).

El **día**, como unidad de tiempo en astronomía, se define como exactamente 86 400 segundos (del Sistema Internacional).

Escala atómica: TAI

La realización práctica de una escala de tiempo uniforme basada en el segundo antes definido se denomina Tiempo Atómico Internacional (TAI), oficial desde 1972. Todas las escalas distribuidas por satélite o señales horarias se obtienen a partir de ésta. El TAI se obtiene como un promedio ponderado de los tiempos indicados por más de doscientos relojes atómicos (de cesio y máseres de hidrógeno) distribuidos en unos 50 laboratorios por todo el mundo. Su estabilidad (mejor que 1 microsegundo por año) supera con mucho la de cualquier escala de tiempo astronómica. Por el momento sólo se conoce un fenómeno en la naturaleza aparentemente más estable, la rotación de púlsares aislados cuyo periodo sea del orden del milisegundo.

Escalas dinámicas: TE $\simeq$ TDT $\simeq$ TT, TDB

El TAI ha sustituido en 1972 al Tiempo de Efemérides (TE) como medida básica del transcurrir del tiempo. El TE está ligado a un fenómeno astronómico observable, el movimiento orbital de la Tierra alrededor del Sol según el formalismo de S. Newcomb que data de 1898 y que se adoptó en 1952. Por razones históricas (TE $\simeq$ TU en $\sim$1900, TAI $\simeq$ TU en 1958),

los orígenes de las escalas de TE y TAI son ligeramente distintos. TE y TAI difieren en un valor constante:

$$TE = TAI + 32^{s},184 \, .$$

La denominación "tiempo de efemérides" ha caido en desuso dado que su utilización en la descripción de la dinámica del sistema solar no tiene en cuenta efectos relativistas, medibles hoy en día: la introducción de éstos implica que la escala de tiempo empleada debe referirse al sistema de referencia de coordenadas que se considere. Por ello, en 1976 se definieron dos nuevas escalas de tiempo: el Tiempo Dinámico Terrestre (TDT, escala uniforme de tiempo adecuada para describir las efemérides referidas al centro de la Tierra y, en la práctica, da continuidad al TE) y el Tiempo Dinámico Baricéntrico (TDB, adecuado para describir las efemérides referidas al baricentro del sistema solar). Difieren en menos de dos milésimas de segundo; en buena aproximación, su diferencia en el día d del año viene dada por:

$$TDB \simeq TDT + 0^{s},00166 \ \mathrm{sen}\,(0^{\circ},9856\, d - 4^{\circ}).$$

Estas escalas están en uso oficial desde 1984. En 1991 la Unión Astronómica Internacional (UAI) introdujo unas nuevas escalas de tiempo que complementan las anteriores en cuanto que se refieren al tiempo propio en las coordenadas espacio-temporales que les corresponde. Se denominan Tiempo Coordenado Geocéntrico (TCG) y Tiempo Coordenado Baricéntrico (TCB). Además, para dar continuidad al TDT en este nuevo sistema, se definió el Tiempo Terrestre (TT) como un tiempo uniforme geocéntrico cuya unidad es el segundo (SI) sobre el geoide. Una nueva resolución de la UAI en 2000 refinó la definición del TT ligándolo de manera más simple al TCG. Existen expresiones para relacionar cada una de estas escalas de tiempo con el TAI.

Escala ligada a la rotación de la Tierra: TU (UT1)

La escala de Hora o Tiempo Universal (TU, internacionalmente designada por UT) está ligada a la rotación de la Tierra con referencia al Sol. Corresponde al tiempo solar medio (Sol ficticio) en Greenwich, denominación en desuso. Dado que la rotación de la Tierra no es uniforme, la escala del TU tampoco es uniforme si la comparamos con el TAI. Hay muchas causas que contribuyen, en distinto grado, a las variaciones en la rotación: a corto plazo, los efectos periódicos causados por las mareas y por las variaciones atmosféricas estacionales, así como desplazamientos de la superficie terrestre respecto del eje de rotación y movimientos en el interior; a largo plazo, la rotación es frenada por la fricción causada por las mareas. Por todo ello, la definición del segundo como la 86 400ava parte del

día solar medio fue abandonada en 1960 y sustituida por la del segundo de efemérides antes citado y, actualmente, por el segundo dado por los relojes atómicos.

El TU que se obtiene directamente de las observaciones de tránsitos de estrellas se denomina UT0 y constituye una aproximación local al TU. Cuando UT0 es corregido de la componente rotacional debida a los movimientos del polo, se obtiene la escala UT1, que es independiente de la posición del observador sobre la Tierra. Esta escala debe ser usada siempre que la orientación de la Tierra en el espacio sea un parámetro esencial y, por lo tanto, es la adecuada para astronomía, navegación y ciertas aplicaciones de la geodesia. Entre los fenómenos estrechamente ligados a esta escala se encuentran los eclipses y ocultaciones, las observaciones de los periodos de los púlsares y los estudios de la rotación de la Tierra (en comparación con el TAI).

El TU y el TE se definieron de tal manera que a principios del siglo XX su diferencia era aproximadamente nula. En la actualidad la diferencia TE−TU (o con mayor propiedad TT–UT1) es de aproximadamente un minuto y, en promedio, aumenta casi un segundo por año. De una manera aproximada, para el año (incluyendo fracción) A se puede calcular:

$$TT - UT1 = 66^{\mathrm{s}}{,}0 + 0^{\mathrm{s}}{,}22\,(A - 2010) + 0^{\mathrm{s}}{,}037\,(A - 2010)^2 - 0^{\mathrm{s}}{,}0024\,(A - 2010)^3,$$

expresión válida entre 2008 y 2019.

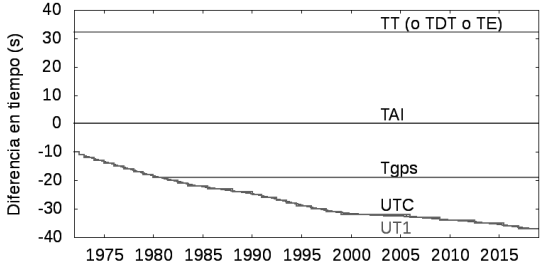
El Servicio Internacional de la Rotación Terrestre y de los Sistemas de Referencia (IERS) proporciona periódicamente los valores medidos y las predicciones de la diferencia *TT–UT1*.

Escala de difusión mundial: UTC

La escala de tiempo utilizada en la práctica se originó en la escala de TU, pues se basa en el tiempo solar medio y precedió históricamente al TAI. Sin embargo, dadas las variaciones no predecibles de la escala de TU respecto de una escala uniforme, continua y precisa como es el TAI, en 1972 se adoptó como base para los tiempos legales la escala de Tiempo Universal Coordinado (UTC) que supone un compromiso entre ambas escalas. En cada instante el UTC difiere del TAI en un número entero de segundos y difiere del UT1 en menos de un segundo. Dado que la diferencia entre TAI y UT1 se incrementa a razón de una fracción de segundo por año, ocasionalmente resulta necesario retocar la escala del UTC en exactamente 1^{s}; ello suele hacerse "repitiendo" el último segundo (*intercalar*) del 30 de junio o, más comúnmente, del 31 de diciembre. Es decir, la disminución gradual de la velocidad de rotación de la Tierra se

traduce en un alargamiento del día y en que deba añadirse un segundo cada uno o varios años. El primer cambio se produjo en el propio año 1972.

La escala UTC es la que se difunde como señales horarias y, por lo tanto, resulta fácilmente disponible para la mayor parte de usos civiles, de navegación y astronómicos. Si se requiere algo más de precisión, es posible decodificar electrónicamente una predicción de la diferencia UT1−UTC que, redondeada a la décima de segundo, es transmitida en algunas señales horarias y se denomina DUT1. Si se necesita disponer del TT o del TAI con mucha más precisión (como ocurre en ciertas observaciones astronómicas y geodésicas), se puede recurrir a las señales emitidas por la flotilla de satélites que constituyen el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), con los que se obtiene una precisión instantánea mejor que el microsegundo. Promediando medidas en diez días se llega a una precisión de 10 nanosegundos. Su tiempo interno es tal que T_{GPS} = TAI−19^s, pero incorpora correcciones para suministrar también UTC a los usuarios.



Fecha	TT–UT1
2011 Ene 1	66^s,32
2012 Ene 1	66^s,60
2013 Ene 1	66^s,91
2014 Ene 1	67^s,28
2015 Ene 1	67^s,64
2016 Ene 1	68^s,10
2017 Ene 1	68^s,59
2018 Ene 1	68^s,97
2019 Ene 1 (pred.)	69^s,2
2020 Ene 1 (pred.)	69^s,5

Fecha	TAI–UTC
2012 Jul 1	35^s
2015 Jul 1	36^s
2017 Ene 1	37^s

En las tablas anteriores se indican la diferencia TT–UT1 para el primer día del año y las fechas en que se ha anunciado un salto de 1^s en la diferencia DTA=TAI–UTC, desde 2011 hasta 2020.

El contexto en que aparece la expresión “tiempo universal” debe sugerir si se trata de UT1 o de UTC. En astronomía siempre se refiere a UT1, salvo si se indica otra cosa. Aunque la escala de tiempos propia para el cálculo de las efemérides es una escala uniforme (como son TT y TAI), en este

ANUARIO hemos referido los tiempos al tiempo universal pues es de más fácil acceso. Para ello ha sido necesario extrapolar la diferencia TT−UT1.

Tiempo sidéreo: θ_v, θ_m

El tiempo sidéreo es otra escala de tiempo astronómica ligada a la rotación de la Tierra en la que, a diferencia del tiempo solar, se toma como referencia la posición de las estrellas. Se determina observando los instantes de tránsito de estrellas por el meridiano, pues el tiempo sidéreo local verdadero (o aparente) de un lugar en un instante dado coincide con la ascensión recta del astro que culmina en tal instante. En la actualidad también se determina por medidas efectuadas con láser de la distancia a la Luna y a satélites artificiales (cuyas órbitas no están afectadas por las pequeñas irregularidades en la rotación de la Tierra) y por observaciones interferométricas de radiofuentes, que constituye el método más preciso.

El tiempo sidéreo se define, con rigor, con referencia a la dirección en que se cruzan el plano del ecuador y el de la eclíptica. Tal dirección se conoce como *equinoccio de primavera, punto vernal* o *punto Aries*. Dado que éste es el origen de medida de la *ascensión recta*, el ángulo horario AH de un astro de ascensión recta α se relaciona con el tiempo sidéreo local θ mediante:

$$\begin{gathered} \textit{tiempo sidéreo local} = \textit{ángulo horario} + \textit{ascensión recta}, \\ \theta = AH + \alpha. \end{gathered}$$

Cuando se consideran el ecuador y la eclíptica medios (los obtenidos considerando sólo la precesión), se obtiene el *tiempo sidéreo medio*, θ_m, que constituye una escala prácticamente uniforme y que se relaciona por medio de una fórmula con la del tiempo universal UT1. Cuando se incluyen los efectos de la nutación (ecuador y eclíptica verdaderos), se obtiene el *tiempo sidéreo verdadero*, θ_v. La diferencia entre ellos es inferior a $1^s\!,2$ y se denomina *ecuación de los equinoccios*:

$$\begin{aligned} EcEq &= \theta_v - \theta_m, \\ &\simeq -1^s\!,05\ \operatorname{sen}(344^\circ - 0^\circ\!,052954\ DJ) - 0^s\!,08\ \operatorname{sen}(123^\circ + 1^\circ\!,9713\ DJ) \end{aligned}$$

siendo DJ el día juliano considerado.

La relación entre el tiempo sidéreo verdadero local (θ_v) y el tiempo universal (UT1) para un lugar de longitud (positiva hacia el Este) λ_E en el día juliano DJ se obtiene mediante:

$$\begin{aligned} \theta_v = {} & 6^h\!,697\,374 + 0^h\!,065\,709\,824\ (DJ_{0^h} - 2\,451\,545) + EcEq + \\ & + 1,002\,737\,9093\ UT1 + \lambda_E \end{aligned}$$

donde los dos primeros sumandos dan el tiempo sidéreo medio en Greenwich a 0^h de TU para el día *DJ* considerado, el tercer sumando (ecuación de los equinoccios) corrige de tiempo sidéreo medio a verdadero, el cuarto sumando añade la contribución del TU (si no es nulo), y el último sumando corrige por la longitud del lugar. Esta ecuación da errores de a lo sumo un milisegundo para fechas comprendidas entre el año 2000 y el 2025. El resultado debe expresarse entre 0^h y 24^h. Si se desea obtener el tiempo sidéreo medio, basta con prescindir del sumando *EcEq*. El cálculo del tiempo sidéreo local θ_v es necesario, por ejemplo, para determinar el ángulo horario *AH* de un astro a observar en un instante dado y cuya ascensión recta α sea conocida:

$$\textit{ángulo horario} = \textit{tiempo sidéreo verdadero} - \textit{ascensión recta}$$
$$AH = \theta_v - \alpha.$$

Valores precisos del tiempo sidéreo verdadero en Greenwich a 0^h TU y de la ecuación de los equinoccios vienen dadas para cada día en las tablas al final de esta sección.

Si se desea calcular el TU dado el tiempo sidéreo, primero se calcula

$$\theta_v - EcEq - 6^h{,}745\,117 - 0^h{,}065\,709\,824\,(DJ_{0^h} - 2\,450\,450) - \lambda_E$$

se expresa el resultado entre 0^h y 24^h, se suman 24^h si es necesario y a continuación se multiplica por 0,997 269 5663.

La duración de un día sidéreo medio es de $23^h56^m04^s{,}0905$. El periodo de rotación de la Tierra respecto de las estrellas, en que se prescinde del efecto de la precesión del equinoccio, es de $23^h56^m04^s{,}0989$.

Tiempos solares

En el origen del concepto de Tiempo Universal se encuentra el del *tiempo solar*. El tiempo que indica un reloj de sol puede diferir en muchos minutos, incluso en horas, del Tiempo Oficial en un lugar dado, pues uno se basa en el movimiento diurno del Sol verdadero tal como es observado en tal lugar y el otro en un convenio que uniformiza el tiempo en países.

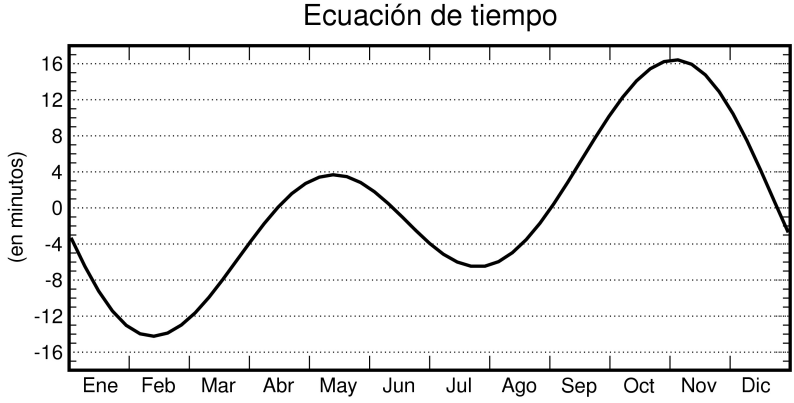
El *tiempo solar (local) verdadero* se define como el ángulo horario del Sol (o sea, la diferencia entre el tiempo sidéreo local verdadero θ_v y la ascensión recta del Sol $\alpha_\odot$). Este tiempo no es uniforme debido a la elipticidad de la órbita de la Tierra, a la inclinación relativa entre el plano de la eclíptica y el del ecuador, y a las irregularidades de la rotación de la Tierra. Dicha no uniformidad da lugar a que la duración de un día solar verdadero (dado por pasos consecutivos del centro del Sol por el meridiano del lugar) pueda diferir de la del día precedente en casi un segundo; su diferencia con 24 horas exactas (86 400 segundos) puede ser de

hasta 30 segundos. El *tiempo solar verdadero* puede ser determinado por observación del Sol y fue la base de las efemérides astronómicas publicadas hasta mediados del siglo XIX, siendo sustituido por el *tiempo solar medio*.

Se denomina *tiempo solar (local) medio* al que se obtiene considerando un Sol "ficticio" que se mueve en el plano del ecuador de manera que su ángulo horario varíe de manera uniforme, coincidiendo con el movimiento medio del Sol verdadero. La diferencia entre el tiempo solar verdadero y el medio se denomina *ecuación de tiempo* y puede llegar a superar los 16 minutos. Una expresión aproximada de esta diferencia, válida para un día d de este año, viene dada por:

$$\begin{aligned} Ec.Tiempo &= tiempo\ solar\ verdadero\ -\ tiempo\ solar\ medio \\ &= 595^{\mathrm{s}}\ \mathrm{sen}\,(199^\circ + 1^\circ\!,9713\,d) + 443^{\mathrm{s}}\ \mathrm{sen}\,(175^\circ + 0^\circ\!,9856\,d) \end{aligned}$$

La pretendida uniformidad de la escala del *tiempo solar medio* se basaba en la suposición de que la rotación de la Tierra era uniforme. Al descubrirse que no lo es, se abandonó el uso del tiempo solar medio en las efemérides, siendo sustituido por el Tiempo de Efemérides.



Para evitar la incomodidad que supone que el tiempo solar medio tome el valor cero al mediodía se introdujo el concepto de *tiempo civil*, el cual no es más que el tiempo solar medio aumentado en doce horas. Dado que el Tiempo Universal se definió de manera que coincidiera con el tiempo civil en Greenwich, para un lugar cuya longitud (positiva hacia el Este y expresada en horas) sea λ_E, se puede escribir:

$$tiempo\ civil = tiempo\ solar\ medio + 12^{\mathrm{h}} = TU + \lambda_E$$

El tiempo solar (medio o verdadero) y el tiempo civil son tiempos locales, por lo que no resultan útiles como escalas de tiempo de interés general.

Emisores de señales de tiempo

El método de obtención del tiempo correspondiente a una escala dada (en general TAI o UTC) depende de la precisión que se requiera. Vía teléfono (y señales horarias) la precisión no es de esperar que sea mejor que 30 ms (milisegundos), debido a inestabilidades y retardos en la propagación telefónica.

El método más común de obtener mejor precisión consiste en captar la señal emitida por emisoras especializadas. La propagación de señales de alta frecuencia presenta retardos y variaciones diurnas que limitan su precisión a 1 ms. Sistemas usados en navegación, como el Loran−C y similares, funcionan a baja frecuencia y permiten aproximarse al microsegundo, tras realizar correcciones por propagación.

Emisoras de señales horarias con emisión continua

Indicativo	Emplazamiento país	Latitud Longitud	Frecuencia de la portadora
	Onda corta		**MHz**
BSF	Chungli Taiwán	+24°56′ 121°09′	5; 15
CHU	Ottawa Canadá	+45°18′ –75°45′	3,33; 7,335; 14,67
NNG	Llandilo Australia	–33°42′ 150°47′	5
RWM	Moscú Rusia	55°48′ 38°18′	4,996; 9,996
WWV	Fort Collins EEUU	+40°41′ –105°02′	2,5; 5; 10; 15; 20; 25
WWVH	Kekaha EEUU	+21°59′ –159°46′	2,5; 5; 10; 15
	Onda larga		**kHz**
DCF77	Mainflingen Alemania	+50°01′ +09°00′	77,5
HBG	Prangins Suiza	+46°24′ +06°15′	75
MSF	Rugby Reino Unido	+52°22′ –01°11′	60
OMA	Liblice Rep. Checa	+50°04′ +14°53′	50
WWVB	Fort Collins EEUU	+40°40′ –105°03′	60

Los sistemas de navegación vía satélite (como GPS, GLONASS) permiten más precisión, pues la propagación puede ser modelada muy bien. Si se corrigen los retardos debidos a cables y se recibe la señal en un lugar no perturbado (por grandes estructuras, tendidos eléctricos o similares) se puede conseguir una precisión mejor que la décima de microsegundo.

En la tabla anterior constan algunas de las emisoras terrestres que emiten de manera continua, durante todo el día y de acuerdo con la escala de tiempos de UTC, habitual desde 1972. En España, el Real Instituto y Observatorio de la Armada (San Fernando, Cádiz) emite señales horarias en onda corta (modo A_3J) desde las 10^h00^m a las 10^h25^m TUC a la frecuencia de 15,006 MHz y desde las 10^h30^m a las 10^h55^m TUC a 4,998 MHz.

Las señales que se transmiten están codificadas de distinta manera, según cual sea la emisora. En general se emiten impulsos cortos cuyo inicio corresponde al segundo exacto en la escala de tiempo considerada (normalmente UTC). El minuto exacto habitualmente se indica con un impulso más largo.

Sincronización de ordenadores al UTC

El "Network Time Protocol" (NTP) permite la sincronización de los relojes de ordenadores a través de una red. Mantiene los ordenadores sincronizados al UTC con un error máximo de 10 milisegundos, valor que puede reducirse a 200 microsegundos en redes locales en condiciones ideales.

El NTP utiliza un sistema jerárquico de distribución. Los sistemas de nivel ("estrato") 1 son aquellos que están sincronizados con un reloj externo como un servidor de tiempos GPS. El OAN dispone de dos servidores NTP de este nivel para uso interno. En España hay varios servidores públicos NTP de nivel 1, como son `hora.roa.es` y `hora.rediris.es`.

Tiempo oficial y husos horarios

En lugar del *tiempo solar medio*, que varía de un punto a otro en la superficie de la Tierra, la organización administrativa y laboral de los países así como la gran importancia adquirida por las comunicaciones internacionales han llevado a establecer un horario oficial para cada país, de tal manera que en un país o en grandes regiones de él se utilice la misma hora y que ésta sea fácilmente convertible en la de otro país. Para facilitar el establecimiento de los tiempos oficiales, progresivamente se ha adoptado un sistema por el cual sólo se retiene el tiempo solar medio de una serie de meridianos de referencia. El *sistema mundial de husos horarios* considera la superficie de la Tierra dividida en 24 husos esféricos delimitados por

meridianos distantes 15° (1^h) entre sí. Como origen se toma el huso número 0 centrado en el meridiano de Greenwich que, por lo tanto, está delimitado por los meridianos cuya longitud es $-7^\circ\!.5$ y $+7^\circ\!.5$. Con esta división se pretende favorecer que cada país adopte como tiempo oficial el correspondiente al huso en que se encuentra la mayor parte del país (tiempo legal). De esta manera, la diferencia entre el tiempo oficial de distintos países (o entre distintas zonas de un mismo país muy extenso) sería de un número entero de horas. Este sistema se complementa con una *línea internacional de cambio de fecha*, que zigzaguea alrededor del meridiano 180°. Al cruzarla viajando en la dirección Este, hay que disminuir la fecha en un día; en la dirección Oeste, incrementarla en un día.

En la práctica hay muchas desviaciones respecto del sistema anterior. Algunos países han adoptado un tiempo oficial adelantado o retrasado en una unidad a fin de coincidir con aquellos países vecinos con los que tiene mayores intercambios comerciales. Es el caso de España, que se encuentra en el huso 0 y emplea el tiempo legal en el huso 1. Hay varios países que, por razón de su extensión, se encuentran en varios husos horarios, por lo que tienen diferentes tiempos oficiales en distintas regiones. Tal es el caso de Australia, Brasil, Canadá, Estados Unidos, Indonesia, México, Rusia y la Rep. Dem. del Congo (antiguo Zaire). La delimitación de los diferentes tiempos oficiales dentro de estos países sigue diversos criterios, tales como accidentes geográficos o divisiones administrativas. Una excepción entre los países muy extensos es China, donde se ha optado por un único horario (el correspondiente a Pekín) en lugar de los cinco que le corresponden. Algunos países han adoptado un tiempo oficial que difiere en una fracción de hora respecto del correspondiente al huso horario, como es el caso de Afganistán, India, Irán, Myanmar, Nepal, Sri Lanka, Venezuela y parte de Australia.

Otra excepción muy corriente al sistema de los husos horarios viene dada por el cambio del tiempo oficial que adoptan muchos países durante una parte del año. El adelanto es de 1^h en todos los casos (salvo en la isla Lord Howe). La mayoría de países europeos, incluido el Reino Unido, adelantan en una hora el tiempo oficial durante unos siete meses, desde el último domingo de marzo al último de octubre. En un proceso de uniformización del horario europeo, a partir de otoño de 1996 los países europeos pasaron a cambiar la hora en la madrugada del último domingo de octubre, en lugar del último de setiembre como solía ser. La mayoría de estados en Estados Unidos y Canadá adelantan su tiempo oficial desde el primer domingo de abril al último de octubre. En algunos países del hemisferio sur también hay un cambio de horario en una hora, en general entre los meses de octubre y marzo. Actualmente unos 80 países del mundo adoptan un horario adelantado durante parte del año.

En la tablas que siguen se indica el tiempo oficial (TO) de países y territorios del mundo, agrupados por continentes, referido al Tiempo

Universal (TU). Es decir, para obtener el tiempo oficial en un país correspondiente a un TU dado, basta con sumar al TU el valor indicado en la tabla para tal país. Para obtener la diferencia de horario entre dos países, basta con restar los números indicados en la tabla. *Ejemplo*: La diferencia horaria entre España (península e I. Baleares) y Chile el día 1 de enero es de 4 horas: en la península y Baleares está en vigor el horario de invierno ($TU + 1^h + 0^h$), mientras que en Chile lo está el de verano ($TU - 4^h + 1^h$).

El uso de los datos aquí reseñados debe hacerse con reserva por varias razones. Muchos países cambian de horario durante el año (lo que hemos indicado con un asterisco *). Además, en cualquier momento los gobiernos pueden tanto modificar el tiempo oficial en su país, como instaurar o eliminar la adopción de un horario adelantado durante parte del año. Por ejemplo, en 2018 Corea del Norte cambió su horario en media hora. En 2019 posiblemente se supriman los cambios de hora en la Unión Europea.

Tiempo oficial referido al Tiempo Universal

TO−TU	Países o regiones
	EUROPA
-1^h	I. Azores* (Portugal)
$+0^h$	I. Canarias* (España); I. Feroe* (Dinamarca); Irlanda*; Islandia; I. Madeira* (Portugal); Portugal*; Reino Unido*
$+1^h$	Albania*; Alemania*; Andorra*; Austria*; I. Baleares* (España); Bélgica*; Bosnia-Herzegovina*; Croacia*; R. Checa*; Dinamarca*; R. Eslovaca*; Eslovenia*; España* (península); Francia*; Hungría*; Italia*; I. Jan Mayen (Noruega); Liechtenstein*; Luxemburgo*; R. Macedonia*; Malta*; Mónaco*; Montenegro*; Noruega*; Países Bajos*; Polonia*; San Marino*; Serbia*; I. Spitzberg y Svalbarad (Noruega); Suecia*; Suiza*; Vaticano*
$+2^h$	Bulgaria*; Estonia*; Finlandia*; Grecia*; Kaliningrado (Rusia); Letonia*; Lituania*; R. Moldova*; Rumania*; Ucrania*
$+3^h$	Belarús; Rusia (hora de Moscú)
	ÁFRICA
-1^h	I. Cabo Verde
$+0^h$	I. Ascensión (RU); Burkina Faso; Costa de Marfil; Gambia; Ghana; Guinea; Guinea Bissau; Liberia; Malí; Marruecos*; Mauritania; I. Santa Elena (RU); Santo Tomé y Príncipe; Senegal; Sierra Leona; Togo
$+1^h$	Angola; Argelia; Benin; Camerún; R. Centroafricana; Congo; Chad; Gabón; Guinea Ecuatorial; Libia*; Níger; Nigeria; Túnez*; R.D. Congo: Bajo Zaire, Bandundu, Ecuador
$+2^h$	Botswana; Burundi; Egipto; Lesotho; Malawi; Mozambique; Namibia; Ruanda; R. Sudáfrica; R.D. Congo: Alto Zaire, Kasai, Kivu, Shaba; Sudán; Swazilandia; Zambia; Zimbabwe
$+3^h$	Comoras; Eritrea; Etiopía; Kenia; Madagascar; I. Mayotte (Fr.); Somalia; Sudán del Sur; Tanzania; Uganda; Yibuti
$+4^h$	Mauricio*; I. Reunión (Fr.); I. Seychelles

Tiempo oficial referido al Tiempo Universal

TO−TU	Países o regiones
	ASIA
$+2^h$	Chipre*; Israel*; Jordania*; Líbano*; Palestina*; Siria*
$+3^h$	Arabia Saudí; Bahrein; Iraq; Kuwait; Qatar; Yemen; Turquía
$+3^h\,30^m$	Irán*
$+4^h$	Armenia; Azerbaiyán; Emiratos Arabes Unidos; Georgia; Omán
$+4^h\,30^m$	Afganistán
$+5^h$	Kazajastán (Aqtau, Aqtobe); I. Maldivas; Pakistán; Rusia (hora de Ekaterimburgo); Tayikistán; Turkmenistán; Uzbekistán
$+5^h\,30^m$	I. Andaman (India); India; Sri Lanka
$+5^h\,45^m$	Nepal
$+6^h$	Bangladesh; Bhután; Kazajastán (Almaty, Astana); Kirguistán
$+6^h\,30^m$	Myanmar; I. Cocos (Australia)
$+7^h$	Camboya; Indonesia: Java, Madura y Sumatra; Laos; Mongolia (Hovd); Rusia (hora de Krasnoyarsk y Novosibirsk); Tailandia; Vietnam
$+8^h$	Brunei Darassalam; China; Filipinas; Hong Kong (China); Indonesia: Bali, Célebes, Flores, Kalimantan, Sumba, Sumbawa y Timor; Macao (China); Malasia; Mongolia (Choibalsan, Ulaanbaatar); Rusia (hora de Irkutsk); Singapur; Taiwán
$+9^h$	Corea del Sur; Corea del Norte; Indonesia: Irian Jaya, I. Molucas; Japón (excepto Bonin); Rusia (hora de Yakutsk); Timor-Leste
$+10^h$	I. Bonin (Japón); Guam (EEUU); Rusia (hora de Vladivostok)
$+11^h$	Rusia (hora de Cherskiy)
$+12^h$	Rusia (hora de Kamchatka)
	OCEANÍA
$+7^h$	I. Christmas (Australia)
$+8^h$	Australia: Occidental*
$+9^h$	R. Palau
$+9^h\,30^m$	Australia: Meridional* y Territorio del Norte
$+10^h$	Australia: Canberra*, Queensland, N. Gales del Sur*, Tasmania*, Victoria*, I. Whitsunday*; Marianas del Norte; Papúa-Nueva Guinea
$+10^h\,30^m$	I. Lord Howe* (Australia)
$+11^h$	Micronesia; I. Norfolk (Au.); Nueva Caledonia (Fr.); I. Salomón; Vanuatu
$+11^h\,30^m$	I. Banaba (Kiribati)
$+12^h$	Fiji; Kiribati; I. Marshall (EEUU); Nauru; Nueva Zelanda*; Tuvalu; I. Wake (EEUU); I. Wallis y Fortuna (Fr.)
$+12^h\,45^m$	I. Chatham* (Nueva Zelanda)
$+13^h$	I. Fenix (Kiribati); Tonga
$+14^h$	I. Christmas (Kiribiati)
-11^h	I. Midway (EEUU); Niue; Samoa; Samoa americana
-10^h	Cook; Hawaii (EEUU); Tahití (Fr.); I. Tuamotu (Fr.); Tubuai (Fr.)
$-9^h\,30^m$	I. Marquesas (Fr.)
-9^h	I. Gambier (Fr.)

Tiempo oficial referido al Tiempo Universal

TO−TU	Países o regiones
	AMÉRICA
-10^{h}	I. Aleutianas* (al oeste de $-169^{\circ}5$, EEUU)
-9^{h}	EEUU: Alaska* e I. Aleutianas (al este de $-169^{\circ}5$)
-8^{h}	Canadá: Columbia* y Yukón*; EEUU ($\lambda \lesssim -102^{\circ}$); Baja California Norte* (México)
-7^{h}	Canadá: Alberta* y oeste del Territorio del Noroeste*; EEUU* ($-115^{\circ} \lesssim \lambda \lesssim -102^{\circ}$); México*: Sonora, Sinaola, Nayarit y Baja California Sur
-6^{h}	Belice; Canadá: Manitoba*, Ontario* ($\lambda \lesssim -90^{\circ}$), Saskatchewan, Territorio del Noroeste* ($-102^{\circ} < \lambda \lesssim -85^{\circ}$); Costa Rica; EEUU* ($-102^{\circ} \lesssim \lambda \lesssim -86^{\circ}$); I. Galápagos (Ecuador); Guatemala; Honduras; México* (excep. Sonora, Sinaola, Nayarit y Baja California); Nicaragua; I. de Pascua* (Chile); El Salvador
-5^{h}	Bahamas*; I. Caimán (RU); Canadá: Ontario* ($\lambda > -90^{\circ}$), Quebec* ($\lambda < -63^{\circ}$) y Territorio del Noroeste* ($-85^{\circ} < \lambda < -68^{\circ}$); Colombia; Cuba*; Ecuador; EEUU* (al este de aprox. -86°); Haití*; Jamaica; I. Juan Fernández (Chile); Panamá; Perú; I. Turcas y Caicos* (RU)
-4^{h}	Anguila; Antigua y Barbuda; Antillas Francesas; Antillas Holandesas; Aruba; Barbados; Bermudas* (RU); Bolivia; Brasil: Acre, Amazonas, Mato Grosso* (Norte y Sur), oeste de Pará, estados centrales y del noroeste; Canadá: Labrador*, Quebec ($\lambda > -63^{\circ}$), Nueva Escocia*, Nueva Brunswick* y Territorio del Noroeste ($\lambda < -68^{\circ}$); Chile*; Dominica; R. Dominicana; Granada; Guadalupe (Fr.); Guyana; Martinica (Fr.); Montserrat (RU); Paraguay*; Puerto Rico; San Cristóbal y Nevis; Santa Lucía; San Vicente y las Granadinas; Thule* (Groenlandia); Trinidad y Tobago; I. Vírgenes (EEUU, RU); Venezuela
$-3^{h}30^{m}$	I. Terranova* (Canadá)
-3^{h}	Argentina; Brasil: Bahia, Goiás*, Brasilia*, costa sudeste*, costa noroeste, este de Pará; Groenlandia*; Guayana francesa; I. Malvinas (RU); I. de San Pedro y Miguelon* (Fr.); Surinam; Uruguay*
-2^{h}	I. Fernando do Noronha (Brasil)
-1^{h}	Groenlandia: Scorebysund*, Constaple Pynt

La mayor parte de esta información se refiere al tiempo oficial en vigor el día 1 de enero de 2013.

La longitud, λ, se considera positiva al Este y negativa al Oeste del meridiano de Greenwich.

Símbolos: $<, \lesssim$ significan "al oeste de"; $>, \gtrsim$ significan "al este de".

Abreviaturas: **Fr.** Francia, **I.** isla, **R.** República, **RU** Reino Unido.

La hora en España

Todos los tiempos en el ANUARIO viene expresados en Tiempo Universal (UT1), salvo que se indique lo contrario. El tiempo oficial en la península y Baleares corresponde a UTC+1^h en el horario de otoño e invierno y a UTC+2^h en el horario de primavera y verano (horario "adelantado"). UTC es el Tiempo Universal Coordinado, que se da con las señales horarias. El tiempo oficial en Canarias corresponde a una hora menos que el peninsular, de manera que es igual al UTC en otoño e invierno. Desde otoño de 1996 los cambios de horario son comunes para toda Europa central: el horario adelantado se inicia a la 1^h TU (las 2^h de la madrugada en la península) del último domingo de marzo, momento en que los relojes se adelantan una hora, y dura hasta la 1^h TU (las 3^h de la madrugada en la península) del último domingo de octubre, momento en que los relojes se retrasan una hora.

El último domingo de marzo cae entre los días 25 y 31 (ambos inclusive). Este día tiene oficialmente una hora menos. El último domingo de octubre cae entre los días 25 y 31 (ambos inclusive). Este día tiene oficialmente una hora más.

El día 12 de septiembre de 2018, la Comisión Europea presentó una propuesta para poner fin a los cambios de hora durante el año 2019. Probablemente el último cambio de hora que se realice en la Unión Europea sea el del domingo 31 de marzo, adoptando el horario de primavera y verano (UTC+2^h).

Los próximos cambios de horario deberían tener lugar en las siguientes fechas:

2019 Domingos 31 de marzo y 27 de octubre.

A la espera de la aprobación de la propuesta de supresión de cambio horario.

Enero 2019

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.−med.)	Ecuación de tiempo (v.−m.)	
				h	*m*	*s*	*s*	*m*	*s*
1	M	1	2458484,5	06	41	25,605	−0,922	−03	12
2	M	2	2458485,5	06	45	22,162	−0,920	−03	40
3	J	3	2458486,5	06	49	18,722	−0,916	−04	08
4	V	4	2458487,5	06	53	15,283	−0,910	−04	36
5	S	5	2458488,5	06	57	11,846	−0,903	−05	03
6	D	6	2458489,5	07	01	08,408	−0,897	−05	30
7	L	7	2458490,5	07	05	04,969	−0,891	−05	57
8	M	8	2458491,5	07	09	01,528	−0,886	−06	23
9	M	9	2458492,5	07	12	58,086	−0,884	−06	48
10	J	10	2458493,5	07	16	54,642	−0,884	−07	13
11	V	11	2458494,5	07	20	51,195	−0,886	−07	37
12	S	12	2458495,5	07	24	47,747	−0,889	−08	01
13	D	13	2458496,5	07	28	44,298	−0,894	−08	24
14	L	14	2458497,5	07	32	40,850	−0,898	−08	47
15	M	15	2458498,5	07	36	37,402	−0,900	−09	09
16	M	16	2458499,5	07	40	33,957	−0,901	−09	30
17	J	17	2458500,5	07	44	30,514	−0,899	−09	50
18	V	18	2458501,5	07	48	27,075	−0,894	−10	10
19	S	19	2458502,5	07	52	23,639	−0,885	−10	29
20	D	20	2458503,5	07	56	20,204	−0,876	−10	48
21	L	21	2458504,5	08	00	16,768	−0,867	−11	05
22	M	22	2458505,5	08	04	13,329	−0,861	−11	22
23	M	23	2458506,5	08	08	09,887	−0,859	−11	38
24	J	24	2458507,5	08	12	06,440	−0,860	−11	53
25	V	25	2458508,5	08	16	02,991	−0,865	−12	08
26	S	26	2458509,5	08	19	59,541	−0,870	−12	21
27	D	27	2458510,5	08	23	56,092	−0,875	−12	34
28	L	28	2458511,5	08	27	52,644	−0,878	−12	47
29	M	29	2458512,5	08	31	49,199	−0,879	−12	58
30	M	30	2458513,5	08	35	45,756	−0,877	−13	09
31	J	31	2458514,5	08	39	42,315	−0,874	−13	18

Todos los tiempos indicados en esta tabla se refieren a las 0^h de tiempo universal (TU) del día considerado.

Febrero 2019

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.−med.)	Ecuación de tiempo (v.−m.)	
				h	*m*	*s*	*s*	*m*	*s*
1	V	32	2458515,5	08	43	38,875	−0,869	−13	27
2	S	33	2458516,5	08	47	35,434	−0,865	−13	36
3	D	34	2458517,5	08	51	31,994	−0,861	−13	43
4	L	35	2458518,5	08	55	28,551	−0,859	−13	50
5	M	36	2458519,5	08	59	25,107	−0,858	−13	55
6	M	37	2458520,5	09	03	21,660	−0,860	−14	00
7	J	38	2458521,5	09	07	18,212	−0,864	−14	05
8	V	39	2458522,5	09	11	14,762	−0,870	−14	08
9	S	40	2458523,5	09	15	11,310	−0,876	−14	10
10	D	41	2458524,5	09	19	07,859	−0,883	−14	12
11	L	42	2458525,5	09	23	04,408	−0,889	−14	13
12	M	43	2458526,5	09	27	00,960	−0,893	−14	13
13	M	44	2458527,5	09	30	57,513	−0,895	−14	13
14	J	45	2458528,5	09	34	54,070	−0,894	−14	11
15	V	46	2458529,5	09	38	50,629	−0,890	−14	09
16	S	47	2458530,5	09	42	47,190	−0,884	−14	06
17	D	48	2458531,5	09	46	43,752	−0,878	−14	03
18	L	49	2458532,5	09	50	40,312	−0,873	−13	58
19	M	50	2458533,5	09	54	36,869	−0,872	−13	53
20	M	51	2458534,5	09	58	33,422	−0,874	−13	47
21	J	52	2458535,5	10	02	29,971	−0,880	−13	41
22	V	53	2458536,5	10	06	26,518	−0,888	−13	34
23	S	54	2458537,5	10	10	23,066	−0,896	−13	26
24	D	55	2458538,5	10	14	19,615	−0,903	−13	18
25	L	56	2458539,5	10	18	16,166	−0,906	−13	09
26	M	57	2458540,5	10	22	12,720	−0,908	−13	00
27	M	58	2458541,5	10	26	09,277	−0,907	−12	50
28	J	59	2458542,5	10	30	05,834	−0,905	−12	39

Algunas fechas julianas notables son:

B1850	= 2 396 758,203	= 0,703 de enero de 1850
J1900	= 2 415 020,0	= 0,500 de enero de 1900
B1900	= 2 415 020,313	= 0,813 de enero de 1900
J1950	= 2 433 282,5	= 1,000 de enero de 1950
B1950	= 2 433 282,423	= 0,923 de enero de 1950
J1991.25	= 2 448 349,0625	= 2,5625 de abril de 1991
J2000	= 2 451 545,0	= 1,500 de enero de 2000
B2000	= 2 451 544,533	= 1,033 de enero de 2000
J2050	= 2 469 807,5	= 1,000 de enero de 2050

Marzo 2019

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.−med.)	Ecuación de tiempo (v.−m.)	
				h	*m*	*s*	*s*	*m*	*s*
1	V	60	2458543,5	10	34	02,392	−0,903	−12	28
2	S	61	2458544,5	10	37	58,949	−0,901	−12	17
3	D	62	2458545,5	10	41	55,504	−0,901	−12	05
4	L	63	2458546,5	10	45	52,058	−0,902	−11	52
5	M	64	2458547,5	10	49	48,610	−0,906	−11	39
6	M	65	2458548,5	10	53	45,159	−0,912	−11	26
7	J	66	2458549,5	10	57	41,707	−0,919	−11	12
8	V	67	2458550,5	11	01	38,254	−0,928	−10	58
9	S	68	2458551,5	11	05	34,801	−0,937	−10	44
10	D	69	2458552,5	11	09	31,348	−0,945	−10	29
11	L	70	2458553,5	11	13	27,896	−0,951	−10	13
12	M	71	2458554,5	11	17	24,447	−0,956	−09	58
13	M	72	2458555,5	11	21	21,001	−0,957	−09	42
14	J	73	2458556,5	11	25	17,558	−0,956	−09	25
15	V	74	2458557,5	11	29	14,116	−0,953	−09	09
16	S	75	2458558,5	11	33	10,676	−0,949	−08	52
17	D	76	2458559,5	11	37	07,234	−0,946	−08	35
18	L	77	2458560,5	11	41	03,791	−0,944	−08	18
19	M	78	2458561,5	11	45	00,344	−0,947	−08	00
20	M	79	2458562,5	11	48	56,893	−0,953	−07	43
21	J	80	2458563,5	11	52	53,440	−0,962	−07	25
22	V	81	2458564,5	11	56	49,986	−0,971	−07	07
23	S	82	2458565,5	12	00	46,533	−0,979	−06	49
24	D	83	2458566,5	12	04	43,083	−0,985	−06	31
25	L	84	2458567,5	12	08	39,635	−0,988	−06	13
26	M	85	2458568,5	12	12	36,190	−0,988	−05	55
27	M	86	2458569,5	12	16	32,747	−0,987	−05	36
28	J	87	2458570,5	12	20	29,305	−0,985	−05	18
29	V	88	2458571,5	12	24	25,862	−0,983	−05	00
30	S	89	2458572,5	12	28	22,417	−0,982	−04	42
31	D	90	2458573,5	12	32	18,972	−0,984	−04	24

El día juliano da el número de días transcurridos desde el mediodía medio en Greenwich del 1 de enero del año 4713 antes de Cristo. Por ello, a las 0^{h} de TU aparece la fracción 0,5. El denominado "día juliano modificado' se obtiene restando 2 400 000,5 días al día juliano que figura en la tabla. Se inicia a medianoche, lo cual resulta más conveniente en ciertas aplicaciones. Se suele designar por DJM o, por sus siglas en inglés, MJD.

Abril 2019

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.−med.)	Ecuación de tiempo (v.−m.)	
				h	*m*	*s*	*s*	*m*	*s*
1	L	91	2458574,5	12	36	15,524	−0,987	−04	06
2	M	92	2458575,5	12	40	12,074	−0,992	−03	48
3	M	93	2458576,5	12	44	08,622	−0,999	−03	31
4	J	94	2458577,5	12	48	05,169	−1,008	−03	13
5	V	95	2458578,5	12	52	01,715	−1,017	−02	56
6	S	96	2458579,5	12	55	58,262	−1,025	−02	39
7	D	97	2458580,5	12	59	54,811	−1,032	−02	22
8	L	98	2458581,5	13	03	51,362	−1,036	−02	05
9	M	99	2458582,5	13	07	47,915	−1,038	−01	49
10	M	100	2458583,5	13	11	44,472	−1,037	−01	32
11	J	101	2458584,5	13	15	41,031	−1,034	−01	16
12	V	102	2458585,5	13	19	37,590	−1,029	−01	00
13	S	103	2458586,5	13	23	34,150	−1,025	−00	45
14	D	104	2458587,5	13	27	30,708	−1,023	−00	30
15	L	105	2458588,5	13	31	27,262	−1,023	−00	15
16	M	106	2458589,5	13	35	23,814	−1,027	−00	00
17	M	107	2458590,5	13	39	20,362	−1,034	+00	14
18	J	108	2458591,5	13	43	16,910	−1,042	+00	28
19	V	109	2458592,5	13	47	13,457	−1,050	+00	42
20	S	110	2458593,5	13	51	10,007	−1,056	+00	55
21	D	111	2458594,5	13	55	06,560	−1,058	+01	07
22	L	112	2458595,5	13	59	03,116	−1,058	+01	20
23	M	113	2458596,5	14	02	59,674	−1,055	+01	31
24	M	114	2458597,5	14	06	56,233	−1,051	+01	43
25	J	115	2458598,5	14	10	52,792	−1,047	+01	54
26	V	116	2458599,5	14	14	49,350	−1,044	+02	04
27	S	117	2458600,5	14	18	45,907	−1,043	+02	14
28	D	118	2458601,5	14	22	42,462	−1,044	+02	23
29	L	119	2458602,5	14	26	39,014	−1,047	+02	32
30	M	120	2458603,5	14	30	35,565	−1,051	+02	40

El tiempo solar verdadero se obtiene sumando la ecuación de tiempo al tiempo solar medio que, a su vez, se obtiene sumando el TU del instante considerado y la longitud (Este) del lugar.

$$\text{tiempo solar medio} = \text{TU} + \text{longitud}_{Este}$$

$$\text{tiempo solar verdadero} = \text{tiempo solar medio} + \text{ecuación de tiempo}$$

Mayo 2019

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.−med.)	Ecuación de tiempo (v.−m.)	
				h	*m*	*s*	*s*	*m*	*s*
1	M	121	2458604,5	14	34	32,114	−1,057	+02	48
2	J	122	2458605,5	14	38	28,663	−1,064	+02	55
3	V	123	2458606,5	14	42	25,212	−1,071	+03	02
4	S	124	2458607,5	14	46	21,762	−1,076	+03	08
5	D	125	2458608,5	14	50	18,314	−1,079	+03	13
6	L	126	2458609,5	14	54	14,869	−1,079	+03	18
7	M	127	2458610,5	14	58	11,427	−1,077	+03	23
8	M	128	2458611,5	15	02	07,988	−1,071	+03	27
9	J	129	2458612,5	15	06	04,550	−1,065	+03	30
10	V	130	2458613,5	15	10	01,112	−1,058	+03	33
11	S	131	2458614,5	15	13	57,672	−1,053	+03	35
12	D	132	2458615,5	15	17	54,230	−1,051	+03	37
13	L	133	2458616,5	15	21	50,785	−1,051	+03	38
14	M	134	2458617,5	15	25	47,336	−1,055	+03	38
15	M	135	2458618,5	15	29	43,886	−1,061	+03	38
16	J	136	2458619,5	15	33	40,436	−1,067	+03	38
17	V	137	2458620,5	15	37	36,987	−1,071	+03	37
18	S	138	2458621,5	15	41	33,541	−1,072	+03	35
19	D	139	2458622,5	15	45	30,098	−1,071	+03	33
20	L	140	2458623,5	15	49	26,657	−1,066	+03	30
21	M	141	2458624,5	15	53	23,219	−1,060	+03	27
22	M	142	2458625,5	15	57	19,781	−1,054	+03	23
23	J	143	2458626,5	16	01	16,342	−1,048	+03	18
24	V	144	2458627,5	16	05	12,902	−1,043	+03	14
25	S	145	2458628,5	16	09	09,459	−1,041	+03	08
26	D	146	2458629,5	16	13	06,015	−1,041	+03	02
27	L	147	2458630,5	16	17	02,569	−1,043	+02	56
28	M	148	2458631,5	16	20	59,120	−1,046	+02	49
29	M	149	2458632,5	16	24	55,671	−1,051	+02	41
30	J	150	2458633,5	16	28	52,222	−1,055	+02	33
31	V	151	2458634,5	16	32	48,774	−1,059	+02	25

El tiempo sidéreo verdadero (o aparente) se mide como el ángulo horario del punto de intersección del plano del ecuador verdadero con el de la eclíptica para el instante considerado. El tiempo sidéreo medio se obtiene restando la ecuación de los equinoccios al tiempo sidéreo verdadero.

tiempo sidéreo medio = tiempo sidéreo verdadero – Ec.Equin.

Junio 2019

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.−med.)	Ecuación de tiempo (v.−m.)	
				h	*m*	*s*	*s*	*m*	*s*
1	S	152	2458635,5	16	36	45,327	−1,061	+02	16
2	D	153	2458636,5	16	40	41,883	−1,060	+02	07
3	L	154	2458637,5	16	44	38,443	−1,056	+01	57
4	M	155	2458638,5	16	48	35,005	−1,049	+01	47
5	M	156	2458639,5	16	52	31,569	−1,040	+01	37
6	J	157	2458640,5	16	56	28,134	−1,031	+01	26
7	V	158	2458641,5	17	00	24,697	−1,023	+01	15
8	S	159	2458642,5	17	04	21,258	−1,018	+01	04
9	D	160	2458643,5	17	08	17,815	−1,016	+00	53
10	L	161	2458644,5	17	12	14,369	−1,018	+00	41
11	M	162	2458645,5	17	16	10,920	−1,022	+00	29
12	M	163	2458646,5	17	20	07,471	−1,026	+00	17
13	J	164	2458647,5	17	24	04,024	−1,029	+00	04
14	V	165	2458648,5	17	28	00,578	−1,030	−00	08
15	S	166	2458649,5	17	31	57,135	−1,028	−00	21
16	D	167	2458650,5	17	35	53,695	−1,023	−00	33
17	L	168	2458651,5	17	39	50,257	−1,017	−00	46
18	M	169	2458652,5	17	43	46,820	−1,009	−00	59
19	M	170	2458653,5	17	47	43,383	−1,002	−01	12
20	J	171	2458654,5	17	51	39,945	−0,995	−01	25
21	V	172	2458655,5	17	55	36,504	−0,991	−01	38
22	S	173	2458656,5	17	59	33,062	−0,989	−01	51
23	D	174	2458657,5	18	03	29,617	−0,989	−02	04
24	L	175	2458658,5	18	07	26,170	−0,992	−02	17
25	M	176	2458659,5	18	11	22,722	−0,995	−02	30
26	M	177	2458660,5	18	15	19,273	−0,999	−02	42
27	J	178	2458661,5	18	19	15,825	−1,002	−02	55
28	V	179	2458662,5	18	23	12,378	−1,005	−03	08
29	S	180	2458663,5	18	27	08,934	−1,004	−03	20
30	D	181	2458664,5	18	31	05,492	−1,001	−03	32

La ecuación de los equinoccios permite pasar del tiempo sidéreo verdadero (o aparente) medido astronómicamente a un tiempo sidéreo medio en que no se tiene en cuenta la nutación. A la ecuación de los equinoccios tradicionalmente se la denominó nutación en ascensión recta.

La ecuación de los equinoccios se puede calcular aproximadamente mediante:

$$Ec.Equin. = -1^{s},05 \operatorname{sen}(344^{\circ} - 0,^{\circ}052954\, DJ) - 0^{s},08 \operatorname{sen}(123^{\circ} + 1,^{\circ}9713\, DJ)$$

siendo DJ el día juliano considerado. (El error medio es $<0{,}02^{s}$ y el error máximo es de $0{,}05^{s}$.)

Julio 2019

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.−med.)	Ecuación de tiempo (v.−m.)	
				h	*m*	*s*	*s*	*m*	*s*
1	L	182	2458665,5	18	35	02,054	−0,995	−03	44
2	M	183	2458666,5	18	38	58,618	−0,986	−03	56
3	M	184	2458667,5	18	42	55,183	−0,977	−04	07
4	J	185	2458668,5	18	46	51,748	−0,968	−04	18
5	V	186	2458669,5	18	50	48,310	−0,961	−04	29
6	S	187	2458670,5	18	54	44,868	−0,958	−04	40
7	D	188	2458671,5	18	58	41,423	−0,959	−04	50
8	L	189	2458672,5	19	02	37,975	−0,962	−04	59
9	M	190	2458673,5	19	06	34,525	−0,967	−05	09
10	M	191	2458674,5	19	10	31,077	−0,971	−05	18
11	J	192	2458675,5	19	14	27,630	−0,973	−05	26
12	V	193	2458676,5	19	18	24,186	−0,972	−05	34
13	S	194	2458677,5	19	22	20,745	−0,969	−05	42
14	D	195	2458678,5	19	26	17,306	−0,963	−05	49
15	L	196	2458679,5	19	30	13,868	−0,957	−05	55
16	M	197	2458680,5	19	34	10,430	−0,950	−06	01
17	M	198	2458681,5	19	38	06,991	−0,944	−06	07
18	J	199	2458682,5	19	42	03,550	−0,940	−06	12
19	V	200	2458683,5	19	46	00,107	−0,939	−06	16
20	S	201	2458684,5	19	49	56,662	−0,939	−06	20
21	D	202	2458685,5	19	53	53,214	−0,942	−06	23
22	L	203	2458686,5	19	57	49,765	−0,946	−06	26
23	M	204	2458687,5	20	01	46,316	−0,952	−06	29
24	M	205	2458688,5	20	05	42,866	−0,957	−06	30
25	J	206	2458689,5	20	09	39,417	−0,961	−06	31
26	V	207	2458690,5	20	13	35,970	−0,963	−06	32
27	S	208	2458691,5	20	17	32,526	−0,963	−06	32
28	D	209	2458692,5	20	21	29,085	−0,959	−06	31
29	L	210	2458693,5	20	25	25,646	−0,953	−06	30
30	M	211	2458694,5	20	29	22,209	−0,946	−06	29
31	M	212	2458695,5	20	33	18,773	−0,938	−06	26

Día de tiempo solar medio: $1^{d} = 24^{h} = 1\,440^{m} = 86\,400^{s}$

Día de tiempo sidéreo medio: $1^{d}\ \mathrm{TSM} = 23^{h}56^{m}04^{s}{,}09053 = 86\,164^{s}{,}090\,53 = 0^{d}{,}997\,269\,566\,33$

$$\frac{1 \text{ día solar medio}}{1 \text{ día sidéreo medio}} = 1{,}002\,737\,909\,35$$

Periodo de rotación de la Tierra: $23^{h}56^{m}04^{s}{,}09890 = 86\,164^{s}{,}098\,90$

Agosto 2019

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.−med.)	Ecuación de tiempo (v.−m.)	
				h	*m*	*s*	*s*	*m*	*s*
1	J	213	2458696,5	20	37	15,334	−0,931	−06	23
2	V	214	2458697,5	20	41	11,893	−0,928	−06	20
3	S	215	2458698,5	20	45	08,447	−0,929	−06	16
4	D	216	2458699,5	20	49	04,998	−0,934	−06	11
5	L	217	2458700,5	20	53	01,547	−0,940	−06	05
6	M	218	2458701,5	20	56	58,096	−0,947	−05	59
7	M	219	2458702,5	21	00	54,647	−0,951	−05	53
8	J	220	2458703,5	21	04	51,200	−0,953	−05	45
9	V	221	2458704,5	21	08	47,756	−0,952	−05	38
10	S	222	2458705,5	21	12	44,315	−0,949	−05	29
11	D	223	2458706,5	21	16	40,874	−0,945	−05	20
12	L	224	2458707,5	21	20	37,434	−0,941	−05	10
13	M	225	2458708,5	21	24	33,993	−0,937	−05	00
14	M	226	2458709,5	21	28	30,551	−0,935	−04	49
15	J	227	2458710,5	21	32	27,106	−0,935	−04	38
16	V	228	2458711,5	21	36	23,659	−0,937	−04	26
17	S	229	2458712,5	21	40	20,210	−0,942	−04	14
18	D	230	2458713,5	21	44	16,759	−0,948	−04	01
19	L	231	2458714,5	21	48	13,307	−0,955	−03	47
20	M	232	2458715,5	21	52	09,855	−0,963	−03	34
21	M	233	2458716,5	21	56	06,403	−0,969	−03	19
22	J	234	2458717,5	22	00	02,954	−0,975	−03	04
23	V	235	2458718,5	22	03	59,506	−0,978	−02	49
24	S	236	2458719,5	22	07	56,061	−0,978	−02	34
25	D	237	2458720,5	22	11	52,619	−0,975	−02	17
26	L	238	2458721,5	22	15	49,179	−0,971	−02	01
27	M	239	2458722,5	22	19	45,740	−0,965	−01	44
28	M	240	2458723,5	22	23	42,300	−0,961	−01	27
29	J	241	2458724,5	22	27	38,858	−0,958	−01	09
30	V	242	2458725,5	22	31	35,411	−0,960	−00	51
31	S	243	2458726,5	22	35	31,962	−0,965	−00	33

Duración media de distintos tipos de años:

Año juliano:	$365^{d}25000$
Año gregoriano:	$365^{d}24250$
Año trópico:	$365^{d}24219$
Año sidéreo:	$365^{d}25636$
Año anomalístico:	$365^{d}25964$
Año eclíptico:	$346^{d}62005$

Setiembre 2019

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.−med.)	Ecuación de tiempo (v.−m.)	
				h	*m*	*s*	*s*	*m*	*s*
1	D	244	2458727,5	22	39	28,509	−0,973	−00	14
2	L	245	2458728,5	22	43	25,056	−0,982	+00	05
3	M	246	2458729,5	22	47	21,604	−0,989	+00	24
4	M	247	2458730,5	22	51	18,154	−0,994	+00	43
5	J	248	2458731,5	22	55	14,708	−0,996	+01	03
6	V	249	2458732,5	22	59	11,264	−0,995	+01	23
7	S	250	2458733,5	23	03	07,822	−0,993	+01	44
8	D	251	2458734,5	23	07	04,380	−0,990	+02	04
9	L	252	2458735,5	23	11	00,937	−0,988	+02	25
10	M	253	2458736,5	23	14	57,493	−0,987	+02	46
11	M	254	2458737,5	23	18	54,048	−0,988	+03	07
12	J	255	2458738,5	23	22	50,599	−0,992	+03	28
13	V	256	2458739,5	23	26	47,149	−0,997	+03	49
14	S	257	2458740,5	23	30	43,697	−1,005	+04	11
15	D	258	2458741,5	23	34	40,243	−1,014	+04	32
16	L	259	2458742,5	23	38	36,790	−1,023	+04	53
17	M	260	2458743,5	23	42	33,336	−1,031	+05	15
18	M	261	2458744,5	23	46	29,885	−1,039	+05	37
19	J	262	2458745,5	23	50	26,435	−1,044	+05	58
20	V	263	2458746,5	23	54	22,988	−1,046	+06	19
21	S	264	2458747,5	23	58	19,544	−1,046	+06	41
22	D	265	2458748,5	00	02	16,102	−1,043	+07	02
23	L	266	2458749,5	00	06	12,661	−1,039	+07	23
24	M	267	2458750,5	00	10	09,220	−1,036	+07	44
25	M	268	2458751,5	00	14	05,777	−1,034	+08	05
26	J	269	2458752,5	00	18	02,332	−1,035	+08	26
27	V	270	2458753,5	00	21	58,882	−1,039	+08	46
28	S	271	2458754,5	00	25	55,430	−1,047	+09	07
29	D	272	2458755,5	00	29	51,976	−1,056	+09	27
30	L	273	2458756,5	00	33	48,523	−1,065	+09	47

Año juliano:

$$1 \text{ año} = 365^{\text{d}}{,}25 = 8\,766^{\text{h}} = 525\,960^{\text{m}} = 31\,557\,600^{\text{s}}$$

El número de segundos que tiene un año juliano puede aproximarse de varias maneras:

$$1 \text{ año} \simeq 316^3 \text{ s} \simeq \sqrt{10^{15}} \text{ s} \simeq \pi\, 10^7 \text{ s}$$

Octubre 2019

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.−med.)	Ecuación de tiempo (v.−m.)	
				h	*m*	*s*	*s*	*m*	*s*
1	M	274	2458757,5	00	37	45,072	−1,072	+10	06
2	M	275	2458758,5	00	41	41,624	−1,075	+10	26
3	J	276	2458759,5	00	45	38,179	−1,075	+10	45
4	V	277	2458760,5	00	49	34,737	−1,072	+11	04
5	S	278	2458761,5	00	53	31,295	−1,069	+11	22
6	D	279	2458762,5	00	57	27,853	−1,066	+11	40
7	L	280	2458763,5	01	01	24,410	−1,065	+11	58
8	M	281	2458764,5	01	05	20,965	−1,065	+12	15
9	M	282	2458765,5	01	09	17,518	−1,068	+12	32
10	J	283	2458766,5	01	13	14,068	−1,073	+12	49
11	V	284	2458767,5	01	17	10,617	−1,080	+13	05
12	S	285	2458768,5	01	21	07,164	−1,088	+13	21
13	D	286	2458769,5	01	25	03,711	−1,097	+13	36
14	L	287	2458770,5	01	29	00,258	−1,105	+13	50
15	M	288	2458771,5	01	32	56,806	−1,112	+14	04
16	M	289	2458772,5	01	36	53,357	−1,117	+14	18
17	J	290	2458773,5	01	40	49,910	−1,119	+14	31
18	V	291	2458774,5	01	44	46,466	−1,118	+14	43
19	S	292	2458775,5	01	48	43,025	−1,115	+14	55
20	D	293	2458776,5	01	52	39,584	−1,111	+15	06
21	L	294	2458777,5	01	56	36,144	−1,106	+15	17
22	M	295	2458778,5	02	00	32,703	−1,103	+15	26
23	M	296	2458779,5	02	04	29,260	−1,102	+15	36
24	J	297	2458780,5	02	08	25,813	−1,104	+15	44
25	V	298	2458781,5	02	12	22,363	−1,109	+15	52
26	S	299	2458782,5	02	16	18,911	−1,116	+15	59
27	D	300	2458783,5	02	20	15,459	−1,124	+16	05
28	L	301	2458784,5	02	24	12,008	−1,130	+16	10
29	M	302	2458785,5	02	28	08,561	−1,133	+16	15
30	M	303	2458786,5	02	32	05,117	−1,132	+16	19
31	J	304	2458787,5	02	36	01,676	−1,128	+16	22

La ecuación de tiempo se define como la corrección al tiempo medio (obtenido a partir de relojes de precisión) para obtener el tiempo solar verdadero. Antiguamente se consideraba como la corrección a aplicar al tiempo verdadero (obtenido con medidas astronómicas) para obtener el tiempo medio. Este cambio de definición se traduce en un cambio de signo respecto de ediciones del ANUARIO anteriores a 1994.

Noviembre 2019

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.−med.)	Ecuación de tiempo (v.−m.)	
				h	*m*	*s*	*s*	*m*	*s*
1	V	305	2458788,5	02	39	58,237	−1,123	+16	25
2	S	306	2458789,5	02	43	54,798	−1,117	+16	26
3	D	307	2458790,5	02	47	51,357	−1,113	+16	27
4	L	308	2458791,5	02	51	47,915	−1,110	+16	27
5	M	309	2458792,5	02	55	44,471	−1,110	+16	27
6	M	310	2458793,5	02	59	41,024	−1,112	+16	25
7	J	311	2458794,5	03	03	37,576	−1,116	+16	23
8	V	312	2458795,5	03	07	34,126	−1,121	+16	20
9	S	313	2458796,5	03	11	30,675	−1,128	+16	16
10	D	314	2458797,5	03	15	27,224	−1,134	+16	11
11	L	315	2458798,5	03	19	23,775	−1,138	+16	05
12	M	316	2458799,5	03	23	20,327	−1,141	+15	59
13	M	317	2458800,5	03	27	16,882	−1,142	+15	51
14	J	318	2458801,5	03	31	13,440	−1,139	+15	43
15	V	319	2458802,5	03	35	10,001	−1,134	+15	34
16	S	320	2458803,5	03	39	06,563	−1,127	+15	24
17	D	321	2458804,5	03	43	03,126	−1,120	+15	14
18	L	322	2458805,5	03	46	59,688	−1,113	+15	02
19	M	323	2458806,5	03	50	56,247	−1,109	+14	49
20	M	324	2458807,5	03	54	52,804	−1,108	+14	36
21	J	325	2458808,5	03	58	49,357	−1,109	+14	22
22	V	326	2458809,5	04	02	45,909	−1,114	+14	07
23	S	327	2458810,5	04	06	42,459	−1,119	+13	51
24	D	328	2458811,5	04	10	39,010	−1,123	+13	35
25	L	329	2458812,5	04	14	35,564	−1,125	+13	17
26	M	330	2458813,5	04	18	32,121	−1,123	+12	59
27	M	331	2458814,5	04	22	28,682	−1,117	+12	40
28	J	332	2458815,5	04	26	25,245	−1,110	+12	20
29	V	333	2458816,5	04	30	21,809	−1,101	+12	00
30	S	334	2458817,5	04	34	18,372	−1,093	+11	39

El valor absoluto máximo de la ecuación de tiempo no supera los 16,5 minutos. Su variación máxima en un día no excede los 30 segundos. La ecuación de tiempo para este año se puede calcular aproximadamente mediante la fórmula:

$$595^{s}\,\mathrm{sen}\,(199^{\circ} + 1{,}^{\circ}9713\,d) + 443^{s}\,\mathrm{sen}\,(175^{\circ} + 0{,}^{\circ}9856\,d)$$

siendo d el día del año. El error cometido es menor de medio minuto.

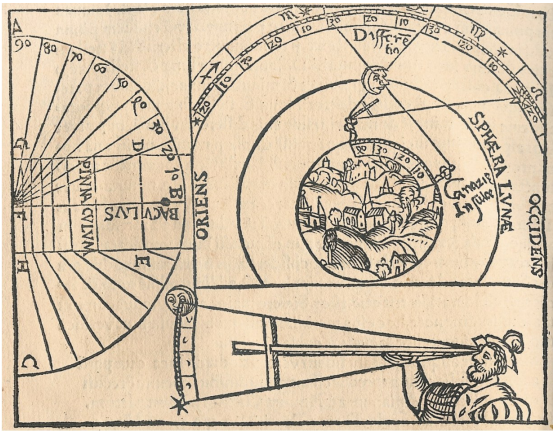
Diciembre 2019

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.−med.)	Ecuación de tiempo (v.−m.)	
				h	*m*	*s*	*s*	*m*	*s*
1	D	335	2458818,5	04	38	14,933	−1,087	+11	17
2	L	336	2458819,5	04	42	11,493	−1,083	+10	55
3	M	337	2458820,5	04	46	08,050	−1,082	+10	32
4	M	338	2458821,5	04	50	04,604	−1,083	+10	08
5	J	339	2458822,5	04	54	01,157	−1,085	+09	44
6	V	340	2458823,5	04	57	57,709	−1,089	+09	20
7	S	341	2458824,5	05	01	54,260	−1,093	+08	54
8	D	342	2458825,5	05	05	50,812	−1,096	+08	29
9	L	343	2458826,5	05	09	47,366	−1,097	+08	02
10	M	344	2458827,5	05	13	43,923	−1,096	+07	36
11	M	345	2458828,5	05	17	40,482	−1,092	+07	09
12	J	346	2458829,5	05	21	37,044	−1,085	+06	41
13	V	347	2458830,5	05	25	33,608	−1,077	+06	13
14	S	348	2458831,5	05	29	30,174	−1,067	+05	45
15	D	349	2458832,5	05	33	26,738	−1,058	+05	17
16	L	350	2458833,5	05	37	23,300	−1,051	+04	48
17	M	351	2458834,5	05	41	19,859	−1,047	+04	19
18	M	352	2458835,5	05	45	16,415	−1,047	+03	50
19	J	353	2458836,5	05	49	12,968	−1,049	+03	20
20	V	354	2458837,5	05	53	09,520	−1,052	+02	51
21	S	355	2458838,5	05	57	06,073	−1,055	+02	21
22	D	356	2458839,5	06	01	02,627	−1,057	+01	51
23	L	357	2458840,5	06	04	59,184	−1,055	+01	21
24	M	358	2458841,5	06	08	55,744	−1,050	+00	51
25	M	359	2458842,5	06	12	52,307	−1,042	+00	21
26	J	360	2458843,5	06	16	48,872	−1,033	−00	09
27	V	361	2458844,5	06	20	45,436	−1,024	−00	39
28	S	362	2458845,5	06	24	42,000	−1,016	−01	08
29	D	363	2458846,5	06	28	38,561	−1,010	−01	38
30	L	364	2458847,5	06	32	35,119	−1,007	−02	07
31	M	365	2458848,5	06	36	31,675	−1,007	−02	36

La ecuación de tiempo se anula en las siguientes cuatro fechas: 16 de abril, 13 de junio, 1 de setiembre y 25 de diciembre. En estas fechas, el tiempo solar medio y el verdadero prácticamente coinciden.

Su valor es mínimo el día 11 de febrero, con un mínimo secundario el 26 de julio. Su valor es máximo el día 3 de noviembre, con un máximo secundario el 14 de mayo.

EFEMERIDES ASTRONOMICAS



SOL

Datos solares
Efemérides diarias del Sol
Fórmulas para cálculos aproximados
Ortos y ocasos del Sol
Paso del Sol por el primer vertical
Crepúsculos
Duración del día (tiempo de insolación)
Paso del Sol por el meridiano
Rotaciones sinódicas del Sol
Manchas solares

Unidades prácticas

$\mathcal{R}_\odot$	= 695 660 km	= 6,957 10^{10} cm
$\mathcal{L}_\odot$	= 3,828 10^{26} W	= 3,828 10^{33} erg s^{-1}
$\mathcal{M}_\odot$	= 1,988547 10^{30} kg	= 1,989 10^{33} g
$G\mathcal{M}_\odot$	= 1,327 1244 10^{20} m^3 s^{-2}	= 39,476 93 UA^3 años^{-2}

Datos solares

Elementos medios de la órbita para 2019

Longitud media	$L_\odot =$	$279^\circ,381\,079 + 0^\circ,985\,647\,36\ d$
Anomalía media	$M_\odot =$	$356^\circ,116\,063 + 0^\circ,985\,600\,28\ d$
Longitud media del perigeo	$\varpi_\odot =$	$283^\circ,265\,015 + 0^\circ,000\,047\,08\ d$
Excentricidad promedio	$e_\odot =$	$0{,}016\,700\,91$
Oblicuidad media de la eclíptica	$\varepsilon =$	$23^\circ,436\,821 - 0^\circ,000\,000\,36\ d$

(En estas fórmulas d es el día del año, en la escala de TU.)

Longitud verdadera (error $< 30''$)

$$\begin{aligned}\odot &= L_\odot + 1^\circ,914\ \mathrm{sen}(M_\odot) + 0^\circ,020\ \mathrm{sen}(2\,M_\odot)\\ &= 279^\circ,385 + 0^\circ,98561\ d + 1^\circ,914\ \mathrm{sen}(0^\circ,9856\ d - 3^\circ,9)\\ &\quad + 0^\circ,020\ \mathrm{sen}(2^\circ d - 12^\circ)\end{aligned}$$

Duración de los años

año trópico:	$365^d,242\,188$	$365^d\ 05^h48^m45^s,08$	(equin.–equin.)
año sidéreo:	$365^d,256\,363$	$365^d\ 06^h09^m9^s,7$	(estrella–estrella)
año anomalístico:	$365^d,259\,636$	$365^d\ 06^h13^m52^s,5$	(nodo–nodo)

Distancia media

Semidiámetro a 1 ua	$15'59'',63$	$959'',63$
Distancia media	$1,000\,001\,018$ ua	$149\,598\,000$ km
Distancia media en tiempo luz	$\tau_A = 499^s,004\,784$	$\simeq 8^m19^s,0$
Paralaje horizontal ecuatorial a la distancia media		$8'',794\,148$

(La unidad astronómica de distancia es: 1 ua = 149 597 870,700 km.)

Datos físicos

			en unidades terrestres
Radio	$\mathcal{R}_\odot$	$= 695\,660$ km	$109\ \mathcal{R}_\oplus$
Superficie		$6,081\ \ 10^{12}$ km^2	11 900
Volumen		$1,4120\ \ 10^{18}$ km^3	1 300 000
Masa	$\mathcal{M}_\odot$	$= 1,988547\ \ 10^{30}$ kg	$333\,000\ \mathcal{M}_\oplus$
Densidad media		$1{,}410$ g cm^{-3}	0,256
Constante gravitatoria	$G\,\mathcal{M}_\odot$	$= 1,327\,1244\ \ 10^{20}$ m^{3}s^{-2}	332 946
Gravedad superficial		274 m s^{-2}	27,9
Velocidad de escape		617,5 km s^{-1}	55

Núcleo:

Densidad central	151 g cm^{-3}
Temperatura central	$15,6\ 10^6$ K
Presión central	$2,33\ 10^{11}$ atm
Fracción en masa del H	0,355

Generación de energía:

Por unidad de masa	1,9 erg g^{-1} s^{-1}
Consumo de masa	$4,3\ 10^{12}$ g s^{-1}
Potencia emitida	$\mathcal{L}_\odot = 3,846\ 10^{26}$ W = $3,846\ 10^{33}$erg s^{-1}
Emisividad superficial	$6,28\ 10^7$ W m^{-2}

Rotación

Velocidad angular (°/día)	$\omega = 14{,}713 - 2{,}396\ \text{sen}^2\phi_\odot - 1{,}787\ \text{sen}^4\phi_\odot$
Velocidad superficial en el ecuador solar ($\phi_\odot = 0°$)	2,1 km s^{-1}
Periodo de rotación sidéreo en el ecuador solar	$24^d\ 11^h14^m$
" " sidéreo (a $\phi_\odot = 26°$)	$25^d\ 09^h07^m$
" " sinódico (a $\phi_\odot = 26°$)	$27^d\ 06^h36^m$
Inclinación del ecuador sobre la eclíptica	$7°15'$
Longitud del nodo ascendente del ecuador solar	$76\overset{\circ}{,}0$
Orientación del Polo Norte solar	$\alpha_{PN} = 286\overset{\circ}{,}17$
	$\delta_{PN} = 63\overset{\circ}{,}90$

Luminosidad

Tipo estelar	G2 V
Temperatura efectiva	$T_{eff} = 5\,772$ K
Magnitudes absolutas	$M_{bol} = 4{,}74$ $M_U = 5{,}67$
	$M_V = 4{,}83$ $M_B = 5{,}48$

Temperatura equivalente de su emisión a longitudes de onda (λ) radio:

$T(\lambda < 2\text{ cm}) \simeq 10^4$ K

$T(\lambda > 2\text{ m}) \simeq 10^6$ K

Flujo fuera de la atmósfera terrestre:

Magnitudes aparentes	$m_{bol} = -26{,}832$	$m_U = -25{,}96$
	$V = m_V = -26{,}75$	$B = m_B = -26{,}09$
Constante solar	1 361 W m^{-2}	1,95 cal cm^{-2} min^{-1}

Fotosfera solar

presión del gas en superficie	0,868 mb
temperatura efectiva	5 780 K
grosor	$\sim$ 400 km
ciclo de manchas solares	11,04 años
composición	H (90,965%), He (8,889%)
	O, C, Ne, N ($< 10^{-4}$)

Campo magnético solar

campo general	$\sim$ 1 Gs
sombra de manchas solares	$\sim$ 3 000 Gs
penumbra de manchas solares	$\sim$ 1 500 Gs
protuberancias	2–100 Gs

Viento solar

pérdida de masa	$\sim 10^9$ kg s^{-1}
	$\sim 10^{-14}$ $\mathcal{M}_\odot$/año
velocidad del viento a 1 UA del Sol	$\sim$ 450 km s^{-1}
tiempo en alcanzar la Tierra	$\sim$ 5 días

Movimiento del Sol

Respecto de la velocidad media de sus estrellas vecinas, que constituye el denominado *Sistema de Referencia Local (LSR):*

Movimiento solar estándar:	$\alpha_{1900} = 271^\circ$	$\delta_{1900} = +30^\circ$
	V_{LSR} = 19,5 km s^{-1}= 0,01126 UA/día	
Según Mihalas y Binney:	$\alpha_{1900} = 267^\circ$	$\delta_{1900} = +28^\circ$
	V_{LSR} = 16,5 km s^{-1}= 0,00953 UA/día	
Convenio radioastronómico:	$\alpha_{1900} = 270^\circ$	$\delta_{1900} = +30^\circ$
	V_{LSR} = 20,0 km s^{-1}= 0,01155 UA/día	

Movimiento del LSR respecto de la Galaxia:

Distancia al centro galáctico	$\sim$8,5 kpc $\sim$ 28 000 años luz
Velocidad de traslación alrededor de la galaxia	220 km s^{-1}
Periodo de traslación	240 10^6 años

Abundancia de los elementos químicos en el sistema solar

La abundancia de los distintos elementos químicos en el Sistema Solar se basa principalmente en las abundancias medidas en la fotosfera del Sol y en los meteoritos. Se supone que tales abundancias también representan las *abundancias cósmicas*.

La abundancia de átomos de los elementos más comunes en el Sol se encuentra en la tabla siguiente, en la que se indica el número de átomos de cada especie por millón de átomos de hidrógeno (H). En ella constan los elementos cuya abundancia es superior a 1 en un millón.

Elemento	Número atómico	Abundancia ($H = 10^6$)
H	1	1 000 000
He	2	98 000
C	6	363
N	7	112
O	8	851
Ne	10	123
Na	11	2,1
Mg	12	38
Al	13	3,0
Si	14	35
S	16	16
Ar	18	3,6
Ca	20	2,2
Fe	26	33
Ni	28	1,8
el resto		$< 2{,}0$

Constantes para la época J2000.0

Convenio IAU 2006:

Precesión general en longitud, por siglo juliano	p	$= 5\,028''\!,796\,195$
Constante de nutación	N	$= 9''\!,205\,2331$
Constante de aberración	k	$= 20''\!,495\,51$
Oblicuidad de la eclíptica	$\varepsilon_\circ$	$= 23^\circ 26' 21''\!,406$
		$= 23^\circ\!,439\,2794$
		$= 84\,382''\!,406$

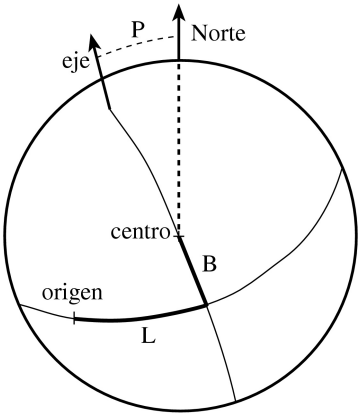
Efemérides del Sol para 2019

En las páginas siguientes se encuentran las efemérides del Sol para este año día a día. Los instantes de salida y puesta del Sol (**Orto** y **Ocaso**) han sido calculados para Madrid, corrigiendo por un valor medio de la refracción y prescindiendo del relieve en el horizonte. Se indica también, en la columna **Culminación**, el instante de paso del centro del disco solar por el meridiano de Madrid, lo que constituye el *mediodía verdadero*. Para conocer el tiempo *oficial* en que se da cada fenómeno, hay que sumar una o dos horas al valor obtenido de la tabla, dependiendo de la época del año. En páginas posteriores se explica cómo calcular el orto, el ocaso y la culminación del Sol en cualquier otro lugar de España (véanse los apartados *Ortos y ocasos del Sol* y *Paso del Sol por el meridiano*). Asímismo, un cálculo preciso para cualquier lugar de posición geográfica conocida se puede realizar consultando el apartado de **Efemérides** en la *web* del Real Instituto y Observatorio de la Armada: `http://www.roa.es`.

En las dos columnas centrales de las tablas se indica la posición aparente geocéntrica del Sol a las 0^h de TU, expresada en coordenadas ecuatoriales, **ascensión recta** y **declinación**. Para obtener las coordenadas en cualquier otro instante debe realizarse una interpolación de segundo grado partiendo de los valores de dichas columnas (véase el apartado *Interpolación* en la sección *TABLAS*).

En las últimas tres columnas figuran las efemérides necesarias para las observaciones físicas del Sol, o sea de aquellos fenómenos que tienen lugar en su superficie. Para indicar la posición en la superficie del Sol en que ha tenido lugar un fenómeno se utiliza un sistema de coordenadas heliográficas, cuya orientación viene dada en las tablas por los ángulos *P, B* y *L*. El ángulo *P* da la posición del extremo norte del eje de rotación del Sol, medido desde el norte positivamente hacia el este. *B* y *L* son la latitud y longitud heliográficas del centro del disco solar, es decir las coordenadas que sobre la superficie del Sol tiene el punto central del disco solar visto desde la Tierra. Las rotaciones del Sol se miden con respecto del origen de longitudes heliográficas ($L = 0$), según fue definido por R.C. Carrington en 1863.

En resumen, la salida, la culminación y la puesta del Sol vienen dadas en Tiempo Universal (TU) y se refieren a Madrid sin corrección por el relieve del horizonte. Las coordenadas ecuatoriales del Sol, Ascensión Recta ($\alpha_\odot$) y Declinación ($\delta_\odot$), y las coordenadas heliográficas *P, B* y *L* vienen dadas para las 0^h de TU.



Cálculos aproximados

Se llama culminación del Sol al paso del centro del Sol por el meridiano del lugar. El instante de la culminación del Sol en cualquier lugar de España se puede obtener de la siguiente manera aproximada:

(1) a la ascensión recta del día considerado se le resta el tiempo sidéreo en Greenwich a 0^{h} de TU de este día (tabla en *TIEMPOS*);

(2) se le resta la longitud Este del lugar (por ejemplo, en el caso de Madrid se suman 15^{m} (al ser la longitud de Madrid de -15^{m}); y

(3) si tenemos un tiempo negativo, se suman 24^{h}.

El ángulo de posición P del eje de rotación del Sol, así como la latitud B y longitud L heliográficas del centro del disco solar pueden ser calculados de manera aproximada mediante simples fórmulas:

$$P \simeq -23{,}^{\circ}5 \cos \odot - 7{,}^{\circ}2 \cos(\odot - 76^{\circ})$$
$$B \simeq 7{,}^{\circ}2 \operatorname{sen}(\odot - 76^{\circ})$$
$$L \simeq \odot + 81^{\circ} + 14{,}^{\circ}1844\,(2451545 - DJ)$$

siendo $\odot$ la longitud eclíptica del Sol y DJ el día juliano.

La latitud heliográfica B toma sus valores mínimo y máximo ($\pm 7{,}^{\circ}25$) cerca del 6 de marzo y de 8-9 de setiembre respectivamente, anulándose cerca del 6 de junio y el 7-8 de diciembre. El ángulo de posición P del eje del Sol respecto del Norte toma sus valores mínimo y máximo ($\pm 26{,}^{\circ}3$) cerca del 7 de abril y de 10-11 de octubre respectivamente, anulándose cerca del 5 de enero y el 6-7 de julio.

SOL Enero 2019

Día	en Madrid (TU) Orto	Culmin.	Ocaso	a 0h de TU Asc. recta	Declinac.	a 0h de TU P	B	L
	h m	*h m s*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	°	°	°
1 M	7 38	12 18 12	16 59	18 44 37,6	−23 02 20	02,2	−3,0	208,5
2 M	7 38	12 18 40	17 00	18 49 02,5	−22 57 24	01,7	−3,1	195,3
3 J	7 38	12 19 08	17 00	18 53 27,1	−22 52 00	01,2	−3,2	182,1
4 V	7 38	12 19 35	17 01	18 57 51,4	−22 46 09	00,6	−3,2	168,9
5 S	7 38	12 20 02	17 02	19 02 15,3	−22 39 51	00,3	−3,4	155,8
6 D	7 38	12 20 29	17 03	19 06 38,8	−22 33 06	−00,2	−3,5	142,6
7 L	7 38	12 20 55	17 04	19 11 01,8	−22 25 54	−00,6	−3,7	129,4
8 M	7 38	12 21 21	17 05	19 15 24,4	−22 18 16	−01,2	−3,7	116,3
9 M	7 38	12 21 46	17 06	19 19 46,4	−22 10 11	−01,7	−3,9	103,0
10 J	7 37	12 22 11	17 07	19 24 07,9	−22 01 41	−02,2	−4,0	89,9
11 V	7 37	12 22 35	17 08	19 28 28,9	−21 52 44	−02,6	−4,0	76,8
12 S	7 37	12 22 58	17 09	19 32 49,2	−21 43 22	−03,1	−4,2	63,6
13 D	7 37	12 23 21	17 10	19 37 08,9	−21 33 35	−03,6	−4,3	50,4
14 L	7 36	12 23 44	17 11	19 41 28,0	−21 23 22	−04,0	−4,4	37,2
15 M	7 36	12 24 05	17 12	19 45 46,4	−21 12 45	−04,5	−4,5	24,1
16 M	7 36	12 24 26	17 14	19 50 04,2	−21 01 43	−05,0	−4,5	10,9
17 J	7 35	12 24 46	17 15	19 54 21,2	−20 50 17	−05,5	−4,7	357,8
18 V	7 35	12 25 05	17 16	19 58 37,5	−20 38 28	−05,9	−4,8	344,6
19 S	7 34	12 25 24	17 17	20 02 53,2	−20 26 15	−06,4	−4,9	331,3
20 D	7 34	12 25 42	17 18	20 07 08,0	−20 13 39	−06,8	−5,0	318,3
21 L	7 33	12 25 59	17 19	20 11 22,2	−20 00 40	−07,3	−5,0	305,1
22 M	7 32	12 26 16	17 20	20 15 35,5	−19 47 19	−07,7	−5,2	291,8
23 M	7 32	12 26 31	17 22	20 19 48,1	−19 33 35	−08,1	−5,3	278,8
24 J	7 31	12 26 46	17 23	20 23 60,0	−19 19 30	−08,6	−5,4	265,6
25 V	7 30	12 27 00	17 24	20 28 11,0	−19 05 04	−09,1	−5,4	252,4
26 S	7 30	12 27 14	17 25	20 32 21,3	−18 50 16	−09,5	−5,5	239,3
27 D	7 29	12 27 26	17 26	20 36 30,8	−18 35 08	−09,9	−5,5	226,1
28 L	7 28	12 27 38	17 28	20 40 39,6	−18 19 40	−10,4	−5,7	212,9
29 M	7 27	12 27 49	17 29	20 44 47,5	−18 03 51	−10,8	−5,8	199,8
30 M	7 26	12 27 59	17 30	20 48 54,7	−17 47 43	−11,1	−5,8	186,6
31 J	7 25	12 28 09	17 31	20 53 01,1	−17 31 16	−11,6	−5,9	173,4

SOL Febrero 2019

Día	en Madrid (TU) Orto	Culmin.	Ocaso	a 0^h de TU Asc. recta	Declinac.	a 0^h de TU P	B	L
	h m	*h m s*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	°	°	°
1 V	7 24	12 28 17	17 33	20 57 06,6	−17 14 31	−12,0	−6,0	160,3
2 S	7 24	12 28 25	17 34	21 01 11,4	−16 57 26	−12,4	−6,0	147,1
3 D	7 23	12 28 32	17 35	21 05 15,3	−16 40 05	−12,8	−6,0	133,9
4 L	7 22	12 28 38	17 36	21 09 18,5	−16 22 25	−13,1	−6,2	120,8
5 M	7 20	12 28 43	17 37	21 13 20,8	−16 04 29	−13,6	−6,3	107,5
6 M	7 19	12 28 48	17 39	21 17 22,3	−15 46 15	−14,0	−6,3	94,4
7 J	7 18	12 28 52	17 40	21 21 23,0	−15 27 46	−14,4	−6,4	81,3
8 V	7 17	12 28 55	17 41	21 25 22,9	−15 09 01	−14,8	−6,5	68,0
9 S	7 16	12 28 57	17 42	21 29 22,0	−14 50 00	−15,1	−6,5	54,9
10 D	7 15	12 28 58	17 44	21 33 20,3	−14 30 45	−15,5	−6,5	41,7
11 L	7 14	12 28 59	17 45	21 37 17,8	−14 11 15	−15,9	−6,5	28,6
12 M	7 13	12 28 58	17 46	21 41 14,5	−13 51 31	−16,2	−6,7	15,4
13 M	7 11	12 28 57	17 47	21 45 10,4	−13 31 33	−16,6	−6,7	2,2
14 J	7 10	12 28 56	17 48	21 49 05,6	−13 11 22	−16,8	−6,8	349,1
15 V	7 09	12 28 53	17 50	21 53 00,0	−12 50 58	−17,3	−6,8	335,8
16 S	7 07	12 28 50	17 51	21 56 53,7	−12 30 22	−17,6	−6,9	322,8
17 D	7 06	12 28 46	17 52	22 00 46,6	−12 09 34	−17,8	−6,9	309,6
18 L	7 05	12 28 41	17 53	22 04 38,8	−11 48 34	−18,3	−6,9	296,3
19 M	7 03	12 28 36	17 54	22 08 30,3	−11 27 23	−18,6	−7,0	283,3
20 M	7 02	12 28 30	17 55	22 12 21,1	−11 06 01	−18,8	−7,0	270,1
21 J	7 01	12 28 23	17 57	22 16 11,3	−10 44 29	−19,2	−7,0	256,8
22 V	6 59	12 28 15	17 58	22 20 00,8	−10 22 47	−19,5	−7,0	243,6
23 S	6 58	12 28 07	17 59	22 23 49,7	−10 00 56	−19,8	−7,0	230,6
24 D	6 56	12 27 59	18 00	22 27 38,0	−09 38 55	−20,1	−7,0	217,4
25 L	6 55	12 27 50	18 01	22 31 25,7	−09 16 45	−20,3	−7,0	204,1
26 M	6 54	12 27 40	18 02	22 35 12,8	−08 54 27	−20,6	−7,2	191,1
27 M	6 52	12 27 30	18 04	22 38 59,4	−08 32 01	−20,8	−7,2	177,9
28 J	6 51	12 27 19	18 05	22 42 45,5	−08 09 27	−21,2	−7,2	164,6

SOL Marzo 2019

Día	en Madrid (TU) Orto	Culmin.	Ocaso	a 0h de TU Asc. recta	Declinac.	a 0h de TU P	B	L
	h m	*h m s*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	°	°	°
1 V	6 49	12 27 08	18 06	22 46 31,0	−07 46 46	−21,3	−7,2	151,5
2 S	6 48	12 26 56	18 07	22 50 16,1	−07 23 58	−21,7	−7,2	138,4
3 D	6 46	12 26 44	18 08	22 54 00,6	−07 01 03	−21,8	−7,2	125,2
4 L	6 45	12 26 31	18 09	22 57 44,7	−06 38 03	−22,2	−7,2	112,0
5 M	6 43	12 26 18	18 10	23 01 28,3	−06 14 57	−22,3	−7,3	98,9
6 M	6 41	12 26 04	18 11	23 05 11,5	−05 51 46	−22,6	−7,3	85,7
7 J	6 40	12 25 50	18 12	23 08 54,3	−05 28 29	−22,8	−7,3	72,5
8 V	6 38	12 25 36	18 14	23 12 36,6	−05 05 09	−23,1	−7,3	59,2
9 S	6 37	12 25 21	18 15	23 16 18,6	−04 41 44	−23,3	−7,3	46,2
10 D	6 35	12 25 06	18 16	23 20 00,2	−04 18 16	−23,5	−7,2	33,0
11 L	6 33	12 24 51	18 17	23 23 41,4	−03 54 45	−23,7	−7,2	19,8
12 M	6 32	12 24 35	18 18	23 27 22,3	−03 31 11	−23,8	−7,2	6,5
13 M	6 30	12 24 19	18 19	23 31 02,9	−03 07 34	−24,0	−7,2	353,3
14 J	6 29	12 24 02	18 20	23 34 43,2	−02 43 55	−24,2	−7,2	340,3
15 V	6 27	12 23 45	18 21	23 38 23,2	−02 20 15	−24,3	−7,2	327,1
16 S	6 25	12 23 29	18 22	23 42 02,9	−01 56 33	−24,5	−7,2	313,8
17 D	6 24	12 23 11	18 23	23 45 42,4	−01 32 51	−24,7	−7,0	300,7
18 L	6 22	12 22 54	18 24	23 49 21,7	−01 09 08	−24,8	−7,0	287,5
19 M	6 21	12 22 36	18 25	23 53 00,8	−00 45 25	−25,0	−7,0	274,3
20 M	6 19	12 22 19	18 26	23 56 39,7	−00 21 42	−25,1	−7,0	261,2
21 J	6 17	12 22 01	18 27	00 00 18,5	+00 02 01	−25,2	−7,0	248,0
22 V	6 16	12 21 43	18 29	00 03 57,1	+00 25 42	−25,3	−7,0	234,8
23 S	6 14	12 21 25	18 30	00 07 35,6	+00 49 23	−25,3	−7,0	221,6
24 D	6 12	12 21 07	18 31	00 11 14,1	+01 13 02	−25,5	−6,9	208,4
25 L	6 11	12 20 49	18 32	00 14 52,5	+01 36 39	−25,6	−6,9	195,3
26 M	6 09	12 20 30	18 33	00 18 30,9	+02 00 13	−25,7	−6,9	182,1
27 M	6 07	12 20 12	18 34	00 22 09,3	+02 23 46	−25,8	−6,8	168,9
28 J	6 06	12 19 54	18 35	00 25 47,7	+02 47 15	−25,8	−6,8	155,6
29 V	6 04	12 19 36	18 36	00 29 26,2	+03 10 41	−26,0	−6,7	142,5
30 S	6 02	12 19 18	18 37	00 33 04,7	+03 34 04	−26,0	−6,7	129,3
31 D	6 01	12 19 00	18 38	00 36 43,3	+03 57 22	−26,1	−6,5	116,0

Inicio de la primavera el día 20 a las $21^{h}58^{m}$ de TU.

SOL Abril 2019

Día	en Madrid (TU) Orto	Culmin.	Ocaso	a 0^h de TU Asc. recta	Declinac.	a 0^h de TU P	B	L
	h m	*h m s*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	°	°	°
1 L	5 59	12 18 42	18 39	00 40 22,0	+04 20 37	−26,1	−6,5	102,9
2 M	5 58	12 18 25	18 40	00 44 00,7	+04 43 47	−26,2	−6,5	89,7
3 M	5 56	12 18 07	18 41	00 47 39,7	+05 06 51	−26,2	−6,5	76,5
4 J	5 54	12 17 50	18 42	00 51 18,7	+05 29 50	−26,2	−6,4	63,4
5 V	5 53	12 17 32	18 43	00 54 57,9	+05 52 44	−26,3	−6,3	50,2
6 S	5 51	12 17 15	18 44	00 58 37,3	+06 15 31	−26,3	−6,3	37,0
7 D	5 50	12 16 59	18 45	01 02 16,9	+06 38 12	−26,3	−6,2	23,8
8 L	5 48	12 16 42	18 46	01 05 56,7	+07 00 46	−26,3	−6,2	10,6
9 M	5 46	12 16 25	18 47	01 09 36,7	+07 23 13	−26,3	−6,0	357,3
10 M	5 45	12 16 09	18 48	01 13 16,9	+07 45 33	−26,2	−6,0	344,2
11 J	5 43	12 15 53	18 49	01 16 57,4	+08 07 44	−26,2	−6,0	331,0
12 V	5 42	12 15 38	18 50	01 20 38,1	+08 29 48	−26,2	−5,9	317,8
13 S	5 40	12 15 22	18 51	01 24 19,2	+08 51 42	−26,1	−5,8	304,6
14 D	5 39	12 15 07	18 52	01 28 00,5	+09 13 28	−26,1	−5,7	291,3
15 L	5 37	12 14 52	18 53	01 31 42,1	+09 35 04	−26,0	−5,7	278,2
16 M	5 36	12 14 38	18 54	01 35 24,1	+09 56 31	−26,0	−5,5	265,0
17 M	5 34	12 14 24	18 55	01 39 06,4	+10 17 47	−25,8	−5,5	251,8
18 J	5 33	12 14 10	18 56	01 42 49,0	+10 38 54	−25,8	−5,4	238,6
19 V	5 31	12 13 57	18 57	01 46 32,1	+10 59 49	−25,8	−5,3	225,3
20 S	5 30	12 13 44	18 59	01 50 15,5	+11 20 34	−25,7	−5,2	212,1
21 D	5 28	12 13 32	19 00	01 53 59,4	+11 41 08	−25,6	−5,2	198,9
22 L	5 27	12 13 20	19 01	01 57 43,7	+12 01 30	−25,5	−5,0	185,6
23 M	5 25	12 13 08	19 02	02 01 28,4	+12 21 40	−25,3	−5,0	172,5
24 M	5 24	12 12 57	19 03	02 05 13,7	+12 41 38	−25,2	−4,9	159,3
25 J	5 23	12 12 46	19 04	02 08 59,4	+13 01 24	−25,1	−4,8	146,1
26 V	5 21	12 12 36	19 05	02 12 45,6	+13 20 57	−25,0	−4,7	132,9
27 S	5 20	12 12 27	19 06	02 16 32,3	+13 40 17	−24,8	−4,5	119,7
28 D	5 18	12 12 18	19 07	02 20 19,5	+13 59 23	−24,7	−4,5	106,5
29 L	5 17	12 12 09	19 08	02 24 07,3	+14 18 16	−24,5	−4,4	93,2
30 M	5 16	12 12 01	19 09	02 27 55,5	+14 36 54	−24,3	−4,3	80,0

SOL Mayo 2019

Día	en Madrid (TU) Orto *h m*	Culmin. *h m s*	Ocaso *h m*	a 0^h de TU Asc. recta *h m s*	Declinac. ° ′ ″	a 0^h de TU P °	B °	L °
1 M	5 15	12 11 54	19 10	02 31 44,3	+14 55 18	−24,2	−4,2	66,8
2 J	5 13	12 11 47	19 11	02 35 33,7	+15 13 28	−24,0	−4,0	53,6
3 V	5 12	12 11 40	19 12	02 39 23,6	+15 31 22	−23,8	−4,0	40,4
4 S	5 11	12 11 34	19 13	02 43 14,0	+15 49 01	−23,6	−3,9	27,2
5 D	5 10	12 11 29	19 14	02 47 05,1	+16 06 25	−23,3	−3,7	13,9
6 L	5 08	12 11 25	19 15	02 50 56,6	+16 23 32	−23,2	−3,7	0,6
7 M	5 07	12 11 20	19 16	02 54 48,8	+16 40 23	−23,0	−3,6	347,5
8 M	5 06	12 11 17	19 17	02 58 41,5	+16 56 57	−22,8	−3,5	334,3
9 J	5 05	12 11 14	19 18	03 02 34,7	+17 13 14	−22,6	−3,4	321,1
10 V	5 04	12 11 11	19 19	03 06 28,5	+17 29 14	−22,3	−3,2	307,8
11 S	5 03	12 11 09	19 20	03 10 22,9	+17 44 57	−22,1	−3,2	294,6
12 D	5 02	12 11 08	19 21	03 14 17,8	+18 00 21	−21,8	−3,1	281,3
13 L	5 01	12 11 07	19 22	03 18 13,3	+18 15 27	−21,6	−3,0	268,2
14 M	5 00	12 11 07	19 23	03 22 09,3	+18 30 14	−21,3	−2,7	254,9
15 M	4 59	12 11 07	19 24	03 26 05,8	+18 44 43	−21,1	−2,7	241,6
16 J	4 58	12 11 08	19 25	03 30 02,9	+18 58 53	−20,8	−2,6	228,5
17 V	4 57	12 11 09	19 26	03 34 00,6	+19 12 43	−20,5	−2,5	215,3
18 S	4 56	12 11 11	19 27	03 37 58,8	+19 26 14	−20,2	−2,4	202,0
19 D	4 55	12 11 14	19 28	03 41 57,5	+19 39 24	−19,8	−2,2	188,8
20 L	4 55	12 11 17	19 29	03 45 56,9	+19 52 15	−19,6	−2,2	175,6
21 M	4 54	12 11 20	19 29	03 49 56,7	+20 04 46	−19,3	−2,0	162,4
22 M	4 53	12 11 25	19 30	03 53 57,2	+20 16 56	−19,0	−1,8	149,1
23 J	4 52	12 11 29	19 31	03 57 58,1	+20 28 45	−18,7	−1,8	135,9
24 V	4 51	12 11 34	19 32	04 01 59,6	+20 40 13	−18,3	−1,7	122,7
25 S	4 51	12 11 40	19 33	04 06 01,6	+20 51 20	−18,0	−1,6	109,4
26 D	4 50	12 11 46	19 34	04 10 04,1	+21 02 05	−17,7	−1,5	96,2
27 L	4 50	12 11 53	19 35	04 14 07,2	+21 12 29	−17,3	−1,3	83,0
28 M	4 49	12 12 00	19 35	04 18 10,7	+21 22 30	−17,0	−1,2	69,7
29 M	4 48	12 12 08	19 36	04 22 14,7	+21 32 10	−16,6	−1,1	56,5
30 J	4 48	12 12 16	19 37	04 26 19,1	+21 41 27	−16,3	−1,0	43,2
31 V	4 47	12 12 25	19 38	04 30 24,1	+21 50 22	−15,9	−0,9	30,0

SOL Junio 2019

Día	en Madrid (TU) Orto	Culmin.	Ocaso	a 0^h de TU Asc. recta	Declinac.	a 0^h de TU P	B	L
	h m	*h m s*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	°	°	°
1 S	4 47	12 12 34	19 39	04 34 29,4	+21 58 54	−15,6	−0,6	16,8
2 D	4 47	12 12 43	19 39	04 38 35,2	+22 07 03	−15,1	−0,6	3,6
3 L	4 46	12 12 53	19 40	04 42 41,4	+22 14 49	−14,8	−0,5	350,3
4 M	4 46	12 13 03	19 41	04 46 47,9	+22 22 11	−14,4	−0,4	337,1
5 M	4 45	12 13 14	19 41	04 50 54,8	+22 29 10	−14,0	−0,3	323,8
6 J	4 45	12 13 25	19 42	04 55 02,0	+22 35 46	−13,6	−0,1	310,6
7 V	4 45	12 13 36	19 43	04 59 09,6	+22 41 58	−13,1	+0,0	297,3
8 S	4 45	12 13 47	19 43	05 03 17,4	+22 47 45	−12,8	+0,1	284,2
9 D	4 44	12 13 59	19 44	05 07 25,4	+22 53 09	−12,4	+0,2	270,8
10 L	4 44	12 14 10	19 44	05 11 33,7	+22 58 09	−12,0	+0,4	257,7
11 M	4 44	12 14 23	19 45	05 15 42,2	+23 02 44	−11,6	+0,5	244,5
12 M	4 44	12 14 35	19 45	05 19 50,9	+23 06 54	−11,1	+0,6	231,1
13 J	4 44	12 14 47	19 46	05 23 59,8	+23 10 41	−10,8	+0,6	218,0
14 V	4 44	12 15 00	19 46	05 28 08,8	+23 14 02	−10,4	+0,8	204,8
15 S	4 44	12 15 12	19 47	05 32 18,0	+23 16 59	−09,9	+1,0	191,5
16 D	4 44	12 15 25	19 47	05 36 27,2	+23 19 32	−09,5	+1,1	178,3
17 L	4 44	12 15 38	19 47	05 40 36,6	+23 21 39	−09,1	+1,2	165,0
18 M	4 44	12 15 51	19 48	05 44 46,0	+23 23 22	−08,6	+1,3	151,8
19 M	4 44	12 16 04	19 48	05 48 55,5	+23 24 41	−08,1	+1,3	138,6
20 J	4 44	12 16 17	19 48	05 53 05,1	+23 25 34	−07,8	+1,6	125,3
21 V	4 45	12 16 30	19 48	05 57 14,6	+23 26 03	−07,3	+1,7	112,0
22 S	4 45	12 16 43	19 49	06 01 24,2	+23 26 07	−06,9	+1,8	98,9
23 D	4 45	12 16 56	19 49	06 05 33,7	+23 25 46	−06,4	+1,8	85,5
24 L	4 45	12 17 09	19 49	06 09 43,2	+23 25 01	−06,0	+2,0	72,4
25 M	4 46	12 17 21	19 49	06 13 52,6	+23 23 50	−05,5	+2,1	59,2
26 M	4 46	12 17 34	19 49	06 18 01,9	+23 22 15	−05,0	+2,2	45,9
27 J	4 46	12 17 47	19 49	06 22 11,1	+23 20 16	−04,7	+2,4	32,7
28 V	4 47	12 17 59	19 49	06 26 20,1	+23 17 51	−04,2	+2,5	19,3
29 S	4 47	12 18 11	19 49	06 30 29,0	+23 15 02	−03,7	+2,6	6,2
30 D	4 48	12 18 23	19 49	06 34 37,7	+23 11 49	−03,2	+2,7	353,0

Inicio del verano el día 21 a las 15^h54^m de TU.

SOL Julio 2019

Día	en Madrid (TU) Orto	Culmin.	Ocaso	a 0h de TU Asc. recta	Declinac.	a 0h de TU P	B	L
	h m	*h m s*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	°	°	°
1 L	4 48	12 18 35	19 49	06 38 46,2	+23 08 11	−02,7	+2,7	339,7
2 M	4 49	12 18 47	19 49	06 42 54,5	+23 04 10	−02,4	+2,9	326,5
3 M	4 49	12 18 58	19 49	06 47 02,5	+22 59 43	−01,8	+3,0	313,3
4 J	4 50	12 19 09	19 48	06 51 10,2	+22 54 53	−01,5	+3,1	300,0
5 V	4 50	12 19 20	19 48	06 55 17,6	+22 49 39	−01,0	+3,2	286,8
6 S	4 51	12 19 30	19 48	06 59 24,6	+22 44 01	−00,6	+3,4	273,6
7 D	4 51	12 19 40	19 48	07 03 31,3	+22 37 59	−00,1	+3,5	260,3
8 L	4 52	12 19 50	19 47	07 07 37,6	+22 31 34	00,3	+3,6	247,1
9 M	4 53	12 19 59	19 47	07 11 43,4	+22 24 46	00,8	+3,7	233,9
10 M	4 53	12 20 07	19 46	07 15 48,9	+22 17 34	01,2	+3,7	220,6
11 J	4 54	12 20 15	19 46	07 19 53,9	+22 09 59	01,7	+3,9	207,4
12 V	4 55	12 20 23	19 46	07 23 58,4	+22 02 01	02,1	+4,0	194,1
13 S	4 56	12 20 31	19 45	07 28 02,5	+21 53 41	02,6	+4,0	180,9
14 D	4 56	12 20 37	19 45	07 32 06,1	+21 44 58	03,0	+4,2	167,6
15 L	4 57	12 20 44	19 44	07 36 09,2	+21 35 53	03,5	+4,3	154,4
16 M	4 58	12 20 49	19 43	07 40 11,8	+21 26 25	03,9	+4,4	141,1
17 M	4 59	12 20 55	19 43	07 44 13,9	+21 16 36	04,4	+4,5	128,0
18 J	4 59	12 20 59	19 42	07 48 15,4	+21 06 26	04,8	+4,5	114,7
19 V	5 00	12 21 04	19 41	07 52 16,5	+20 55 54	05,2	+4,7	101,5
20 S	5 01	12 21 07	19 41	07 56 17,0	+20 45 01	05,7	+4,8	88,3
21 D	5 02	12 21 10	19 40	08 00 16,9	+20 33 46	06,0	+4,8	75,0
22 L	5 03	12 21 13	19 39	08 04 16,3	+20 22 12	06,5	+4,9	61,7
23 M	5 04	12 21 15	19 38	08 08 15,1	+20 10 16	07,0	+5,0	48,6
24 M	5 04	12 21 16	19 38	08 12 13,4	+19 58 01	07,4	+5,0	35,4
25 J	5 05	12 21 17	19 37	08 16 11,1	+19 45 25	07,8	+5,2	22,1
26 V	5 06	12 21 17	19 36	08 20 08,2	+19 32 30	08,1	+5,3	8,9
27 S	5 07	12 21 17	19 35	08 24 04,8	+19 19 15	08,6	+5,4	355,7
28 D	5 08	12 21 16	19 34	08 28 00,8	+19 05 41	09,1	+5,4	342,3
29 L	5 09	12 21 15	19 33	08 31 56,2	+18 51 48	09,5	+5,5	329,2
30 M	5 10	12 21 13	19 32	08 35 51,0	+18 37 36	09,9	+5,5	316,0
31 M	5 11	12 21 10	19 31	08 39 45,2	+18 23 06	10,3	+5,7	302,8

SOL Agosto 2019

Día	en Madrid (TU) Orto	Culmin.	Ocaso	a 0^h de TU Asc. recta	Declinac.	a 0^h de TU P	B	L
	h m	*h m s*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	°	°	°
1 J	5 12	12 21 07	19 30	08 43 38,9	+18 08 18	10,6	+5,7	289,5
2 V	5 13	12 21 03	19 29	08 47 31,9	+17 53 12	11,1	+5,8	276,3
3 S	5 14	12 20 58	19 28	08 51 24,2	+17 37 49	11,5	+5,9	263,1
4 D	5 15	12 20 53	19 27	08 55 16,0	+17 22 08	11,9	+6,0	249,9
5 L	5 16	12 20 48	19 25	08 59 07,2	+17 06 11	12,1	+6,0	236,6
6 M	5 17	12 20 41	19 24	09 02 57,7	+16 49 57	12,6	+6,0	223,4
7 M	5 17	12 20 34	19 23	09 06 47,6	+16 33 27	13,0	+6,2	210,1
8 J	5 18	12 20 27	19 22	09 10 36,9	+16 16 40	13,4	+6,2	197,0
9 V	5 19	12 20 19	19 21	09 14 25,6	+15 59 38	13,6	+6,3	183,6
10 S	5 20	12 20 10	19 19	09 18 13,7	+15 42 21	14,1	+6,3	170,5
11 D	5 21	12 20 00	19 18	09 22 01,2	+15 24 49	14,5	+6,4	157,3
12 L	5 22	12 19 51	19 17	09 25 48,1	+15 07 02	14,8	+6,5	144,1
13 M	5 23	12 19 40	19 15	09 29 34,4	+14 49 01	15,1	+6,5	130,9
14 M	5 24	12 19 29	19 14	09 33 20,2	+14 30 45	15,5	+6,5	117,5
15 J	5 25	12 19 17	19 13	09 37 05,4	+14 12 16	15,9	+6,5	104,4
16 V	5 26	12 19 05	19 11	09 40 50,1	+13 53 33	16,2	+6,7	91,2
17 S	5 27	12 18 53	19 10	09 44 34,3	+13 34 38	16,5	+6,7	78,0
18 D	5 28	12 18 39	19 09	09 48 17,9	+13 15 29	16,8	+6,8	64,8
19 L	5 29	12 18 26	19 07	09 52 01,0	+12 56 07	17,2	+6,8	51,6
20 M	5 30	12 18 12	19 06	09 55 43,7	+12 36 34	17,5	+6,8	38,2
21 M	5 31	12 17 57	19 04	09 59 25,9	+12 16 48	17,8	+6,9	25,1
22 J	5 32	12 17 42	19 03	10 03 07,6	+11 56 51	18,1	+6,9	11,9
23 V	5 33	12 17 27	19 01	10 06 48,9	+11 36 42	18,3	+7,0	358,7
24 S	5 34	12 17 11	19 00	10 10 29,8	+11 16 22	18,7	+7,0	345,5
25 D	5 35	12 16 54	18 58	10 14 10,3	+10 55 51	19,0	+7,0	332,3
26 L	5 36	12 16 38	18 57	10 17 50,4	+10 35 10	19,3	+7,0	319,0
27 M	5 37	12 16 21	18 55	10 21 30,0	+10 14 19	19,6	+7,0	305,8
28 M	5 38	12 16 03	18 54	10 25 09,4	+09 53 17	19,8	+7,0	292,6
29 J	5 39	12 15 45	18 52	10 28 48,3	+09 32 07	20,2	+7,0	279,3
30 V	5 40	12 15 27	18 50	10 32 26,9	+09 10 47	20,3	+7,2	266,2
31 S	5 41	12 15 09	18 49	10 36 05,2	+08 49 18	20,7	+7,2	253,0

SOL Setiembre 2019

Día	en Madrid (TU) Orto	Culmin.	Ocaso	a 0^h de TU Asc. recta	Declinac.	a 0^h de TU P	B	L
	h m	*h m s*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	°	°	°
1 D	5 42	12 14 50	18 47	10 39 43,1	+08 27 41	21,0	+7,2	239,8
2 L	5 43	12 14 31	18 46	10 43 20,7	+08 05 56	21,2	+7,2	226,6
3 M	5 44	12 14 12	18 44	10 46 58,0	+07 44 03	21,5	+7,2	213,4
4 M	5 45	12 13 52	18 42	10 50 35,0	+07 22 03	21,7	+7,2	200,1
5 J	5 45	12 13 32	18 41	10 54 11,8	+06 59 55	21,8	+7,2	186,9
6 V	5 46	12 13 12	18 39	10 57 48,3	+06 37 41	22,2	+7,2	173,6
7 S	5 47	12 12 51	18 38	11 01 24,6	+06 15 20	22,3	+7,3	160,5
8 D	5 48	12 12 31	18 36	11 05 00,6	+05 52 54	22,6	+7,3	147,3
9 L	5 49	12 12 10	18 34	11 08 36,5	+05 30 21	22,8	+7,3	134,1
10 M	5 50	12 11 49	18 33	11 12 12,1	+05 07 43	23,0	+7,3	120,9
11 M	5 51	12 11 28	18 31	11 15 47,6	+04 44 60	23,2	+7,3	107,7
12 J	5 52	12 11 07	18 29	11 19 23,0	+04 22 12	23,3	+7,2	94,5
13 V	5 53	12 10 45	18 28	11 22 58,3	+03 59 20	23,6	+7,2	81,3
14 S	5 54	12 10 24	18 26	11 26 33,4	+03 36 23	23,8	+7,2	68,0
15 D	5 55	12 10 02	18 24	11 30 08,5	+03 13 23	24,0	+7,2	54,9
16 L	5 56	12 09 41	18 23	11 33 43,6	+02 50 19	24,1	+7,2	41,7
17 M	5 57	12 09 19	18 21	11 37 18,6	+02 27 11	24,3	+7,2	28,5
18 M	5 58	12 08 58	18 19	11 40 53,6	+02 04 01	24,5	+7,2	15,3
19 J	5 59	12 08 36	18 18	11 44 28,7	+01 40 48	24,6	+7,0	2,1
20 V	6 00	12 08 15	18 16	11 48 03,8	+01 17 33	24,8	+7,0	348,8
21 S	6 01	12 07 54	18 14	11 51 39,0	+00 54 16	24,8	+7,0	335,7
22 D	6 02	12 07 32	18 13	11 55 14,3	+00 30 57	25,0	+7,0	322,5
23 L	6 03	12 07 11	18 11	11 58 49,6	+00 07 37	25,2	+7,0	309,3
24 M	6 04	12 06 50	18 09	12 02 25,2	−00 15 44	25,3	+7,0	296,1
25 M	6 05	12 06 30	18 08	12 06 00,8	−00 39 06	25,3	+7,0	282,8
26 J	6 06	12 06 09	18 06	12 09 36,7	−01 02 28	25,5	+7,0	269,7
27 V	6 07	12 05 49	18 04	12 13 12,7	−01 25 50	25,6	+6,9	256,5
28 S	6 08	12 05 28	18 03	12 16 48,9	−01 49 12	25,7	+6,9	243,3
29 D	6 09	12 05 08	18 01	12 20 25,3	−02 12 33	25,8	+6,8	230,1
30 L	6 10	12 04 49	17 59	12 24 02,0	−02 35 53	25,8	+6,8	216,9

Inicio del otoño el día 23 a las 7^h50^m de TU.

SOL Octubre 2019

Día	en Madrid (TU) Orto	Culmin.	Ocaso	a 0^h de TU Asc. recta	Declinac.	a 0^h de TU P	B	L
	h m	*h m s*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	°	°	°
1 M	6 11	12 04 29	17 58	12 27 38,9	−02 59 11	25,8	+6,7	203,6
2 M	6 12	12 04 10	17 56	12 31 16,1	−03 22 27	26,0	+6,7	190,5
3 J	6 13	12 03 51	17 54	12 34 53,6	−03 45 41	26,1	+6,7	177,3
4 V	6 14	12 03 32	17 53	12 38 31,4	−04 08 53	26,1	+6,5	164,1
5 S	6 15	12 03 14	17 51	12 42 09,5	−04 32 01	26,2	+6,5	150,9
6 D	6 16	12 02 56	17 49	12 45 48,0	−04 55 06	26,2	+6,5	137,6
7 L	6 17	12 02 39	17 48	12 49 26,8	−05 18 08	26,2	+6,4	124,5
8 M	6 18	12 02 21	17 46	12 53 06,0	−05 41 05	26,2	+6,4	111,3
9 M	6 19	12 02 05	17 45	12 56 45,5	−06 03 57	26,3	+6,3	98,2
10 J	6 20	12 01 48	17 43	13 00 25,6	−06 26 45	26,3	+6,3	85,0
11 V	6 21	12 01 33	17 42	13 04 06,0	−06 49 27	26,3	+6,2	71,8
12 S	6 22	12 01 17	17 40	13 07 46,9	−07 12 04	26,3	+6,0	58,6
13 D	6 23	12 01 02	17 38	13 11 28,3	−07 34 35	26,2	+6,0	45,4
14 L	6 24	12 00 48	17 37	13 15 10,3	−07 57 00	26,2	+6,0	32,2
15 M	6 25	12 00 34	17 35	13 18 52,7	−08 19 18	26,2	+5,9	19,0
16 M	6 26	12 00 21	17 34	13 22 35,7	−08 41 29	26,2	+5,8	5,8
17 J	6 27	12 00 08	17 32	13 26 19,3	−09 03 33	26,1	+5,8	352,6
18 V	6 28	11 59 56	17 31	13 30 03,5	−09 25 29	26,1	+5,7	339,3
19 S	6 29	11 59 45	17 29	13 33 48,3	−09 47 17	26,0	+5,5	326,2
20 D	6 31	11 59 34	17 28	13 37 33,7	−10 08 57	25,8	+5,5	313,0
21 L	6 32	11 59 24	17 27	13 41 19,8	−10 30 28	25,8	+5,4	299,8
22 M	6 33	11 59 14	17 25	13 45 06,6	−10 51 50	25,8	+5,4	286,7
23 M	6 34	11 59 05	17 24	13 48 54,0	−11 13 02	25,7	+5,3	273,5
24 J	6 35	11 58 57	17 22	13 52 42,2	−11 34 04	25,6	+5,2	260,3
25 V	6 36	11 58 50	17 21	13 56 31,0	−11 54 55	25,5	+5,0	247,1
26 S	6 37	11 58 43	17 20	14 00 20,6	−12 15 36	25,3	+5,0	233,9
27 D	6 38	11 58 38	17 18	14 04 10,9	−12 36 06	25,3	+4,9	220,6
28 L	6 39	11 58 32	17 17	14 08 01,9	−12 56 24	25,1	+4,8	207,5
29 M	6 41	11 58 28	17 16	14 11 53,7	−13 16 30	25,0	+4,7	194,4
30 M	6 42	11 58 24	17 15	14 15 46,3	−13 36 24	24,8	+4,5	181,1
31 J	6 43	11 58 22	17 13	14 19 39,6	−13 56 04	24,7	+4,5	168,0

SOL Noviembre 2019

Día	en Madrid (TU) Orto	Culmin.	Ocaso	a 0^h de TU Asc. recta	Declinac.	a 0^h de TU P	B	L
	h m	*h m s*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	°	°	°
1 V	6 44	11 58 20	17 12	14 23 33,8	−14 15 31	24,5	+4,4	154,8
2 S	6 45	11 58 18	17 11	14 27 28,6	−14 34 45	24,3	+4,3	141,6
3 D	6 46	11 58 18	17 10	14 31 24,3	−14 53 44	24,2	+4,2	128,4
4 L	6 47	11 58 18	17 09	14 35 20,8	−15 12 29	24,0	+4,0	115,2
5 M	6 49	11 58 19	17 07	14 39 18,0	−15 30 59	23,8	+4,0	102,0
6 M	6 50	11 58 21	17 06	14 43 16,1	−15 49 13	23,6	+3,9	88,9
7 J	6 51	11 58 24	17 05	14 47 15,0	−16 07 11	23,3	+3,7	75,7
8 V	6 52	11 58 27	17 04	14 51 14,7	−16 24 53	23,2	+3,7	62,5
9 S	6 53	11 58 32	17 03	14 55 15,2	−16 42 19	23,0	+3,6	49,2
10 D	6 54	11 58 37	17 02	14 59 16,6	−16 59 28	22,8	+3,5	36,1
11 L	6 56	11 58 43	17 01	15 03 18,8	−17 16 19	22,5	+3,4	22,8
12 M	6 57	11 58 50	17 00	15 07 21,8	−17 32 52	22,3	+3,2	9,8
13 M	6 58	11 58 58	17 00	15 11 25,7	−17 49 07	22,0	+3,1	356,6
14 J	6 59	11 59 06	16 59	15 15 30,5	−18 05 04	21,8	+3,0	343,3
15 V	7 00	11 59 16	16 58	15 19 36,1	−18 20 42	21,5	+2,9	330,2
16 S	7 01	11 59 26	16 57	15 23 42,6	−18 36 00	21,2	+2,7	317,0
17 D	7 03	11 59 37	16 56	15 27 49,9	−18 50 59	20,8	+2,7	303,8
18 L	7 04	11 59 50	16 55	15 31 58,1	−19 05 38	20,6	+2,6	290,7
19 M	7 05	12 00 02	16 55	15 36 07,1	−19 19 57	20,3	+2,4	277,5
20 M	7 06	12 00 16	16 54	15 40 17,0	−19 33 54	20,0	+2,2	264,3
21 J	7 07	12 00 31	16 53	15 44 27,7	−19 47 31	19,7	+2,2	251,1
22 V	7 08	12 00 46	16 53	15 48 39,2	−20 00 46	19,3	+2,1	237,9
23 S	7 09	12 01 02	16 52	15 52 51,6	−20 13 39	19,1	+2,0	224,6
24 D	7 11	12 01 19	16 52	15 57 04,7	−20 26 10	18,7	+1,8	211,6
25 L	7 12	12 01 37	16 51	16 01 18,7	−20 38 19	18,3	+1,7	198,4
26 M	7 13	12 01 56	16 51	16 05 33,4	−20 50 04	18,1	+1,6	185,1
27 M	7 14	12 02 15	16 50	16 09 48,9	−21 01 27	17,7	+1,5	172,0
28 J	7 15	12 02 35	16 50	16 14 05,1	−21 12 25	17,3	+1,3	158,8
29 V	7 16	12 02 56	16 50	16 18 22,0	−21 22 60	17,0	+1,2	145,6
30 S	7 17	12 03 17	16 49	16 22 39,7	−21 33 10	16,6	+1,1	132,5

SOL Diciembre 2019

Día	en Madrid (TU) Orto	Culmin.	Ocaso	a 0h de TU Asc. recta	Declinac.	a 0h de TU P	B	L
	h m	*h m s*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	°	°	°
1 D	7 18	12 03 39	16 49	16 26 57,9	−21 42 56	16,2	+1,0	119,3
2 L	7 19	12 04 02	16 49	16 31 16,8	−21 52 16	15,8	+0,8	106,0
3 M	7 20	12 04 25	16 49	16 35 36,4	−22 01 12	15,4	+0,6	93,0
4 M	7 21	12 04 49	16 48	16 39 56,5	−22 09 42	15,1	+0,6	79,8
5 J	7 22	12 05 13	16 48	16 44 17,2	−22 17 46	14,6	+0,4	66,5
6 V	7 23	12 05 38	16 48	16 48 38,5	−22 25 24	14,1	+0,3	53,4
7 S	7 24	12 06 04	16 48	16 53 00,2	−22 32 36	13,8	+0,2	40,2
8 D	7 25	12 06 30	16 48	16 57 22,5	−22 39 22	13,4	+0,1	27,1
9 L	7 26	12 06 56	16 48	17 01 45,2	−22 45 41	13,0	−0,1	13,9
10 M	7 26	12 07 23	16 48	17 06 08,4	−22 51 33	12,6	−0,2	0,6
11 M	7 27	12 07 50	16 48	17 10 32,1	−22 56 58	12,1	−0,3	347,5
12 J	7 28	12 08 18	16 48	17 14 56,1	−23 01 55	11,6	−0,5	334,3
13 V	7 29	12 08 46	16 49	17 19 20,5	−23 06 26	11,3	−0,6	321,2
14 S	7 30	12 09 14	16 49	17 23 45,2	−23 10 29	10,8	−0,6	308,0
15 D	7 30	12 09 43	16 49	17 28 10,3	−23 14 04	10,4	−0,8	294,8
16 L	7 31	12 10 12	16 49	17 32 35,6	−23 17 12	09,9	−1,0	281,7
17 M	7 32	12 10 41	16 50	17 37 01,2	−23 19 51	09,4	−1,1	268,5
18 M	7 32	12 11 11	16 50	17 41 27,0	−23 22 03	09,0	−1,2	255,3
19 J	7 33	12 11 40	16 50	17 45 53,1	−23 23 47	08,5	−1,3	242,1
20 V	7 34	12 12 10	16 51	17 50 19,3	−23 25 03	08,1	−1,5	229,0
21 S	7 34	12 12 40	16 51	17 54 45,6	−23 25 50	07,5	−1,6	215,8
22 D	7 35	12 13 10	16 52	17 59 12,0	−23 26 09	07,0	−1,7	202,6
23 L	7 35	12 13 40	16 52	18 03 38,5	−23 26 00	06,7	−1,8	189,4
24 M	7 35	12 14 10	16 53	18 08 05,0	−23 25 23	06,2	−2,0	176,3
25 M	7 36	12 14 39	16 53	18 12 31,5	−23 24 17	05,7	−2,1	163,1
26 J	7 36	12 15 09	16 54	18 16 58,0	−23 22 44	05,2	−2,2	149,9
27 V	7 37	12 15 39	16 55	18 21 24,3	−23 20 42	04,7	−2,2	136,6
28 S	7 37	12 16 09	16 55	18 25 50,5	−23 18 12	04,3	−2,5	123,5
29 D	7 37	12 16 38	16 56	18 30 16,6	−23 15 14	03,7	−2,6	110,4
30 L	7 37	12 17 07	16 57	18 34 42,4	−23 11 48	03,2	−2,7	97,2
31 M	7 38	12 17 36	16 58	18 39 08,0	−23 07 54	02,7	−2,7	84,0

Inicio del invierno el día 22 a las $4^{h}19^{m}$ de TU.

Fórmulas para cálculos aproximados

Algunos de los parámetros que figuran en la tabla adjunta y en otras de este apartado pueden ser calculados de manera aproximada mediante sencillas fórmulas. Varias de ellas se basan en el cálculo previo de la distancia de la Tierra al Sol:

$$R \simeq 1{,}000 - 0{,}017 \cos(0{,}^\circ 986\, d - 4^\circ)$$

donde d es el día del año. En función de la distancia R se pueden calcular el semidiámetro, el movimiento diario, la paralaje horizontal ecuatorial, y el tiempo que tarda la luz en recorrer la distancia entre el Sol y la Tierra:

$$\begin{aligned}
&\text{semidiámetro} && s = \frac{0{,}^\circ 269}{R} = \frac{960''}{R} \\
&\text{movim. diario} && \simeq \frac{59',1}{R^2} \\
&\text{paralaje} && p = \frac{8{,}''794}{R} \\
&\text{tiempo luz} && \tau = 499^{\mathrm{s}} R \simeq 499^{\mathrm{s}} - 8^{\mathrm{s}} \cos(0{,}^\circ 986\, d)
\end{aligned}$$

El tiempo de paso del semidiámetro del Sol por el meridiano requiere una fórmula más complicada:

$$\text{paso del semidiámetro} \simeq \frac{66{,}^{\mathrm{s}}6}{R}\,[1 + 0{,}043\, \cos(2d + 14^\circ)]$$

La velocidad de traslación de la Tierra alrededor del Sol se obtiene con:

$$\text{velocidad} \simeq \frac{29{,}786}{R}\ \mathrm{km\,s^{-1}}$$

La longitud y latitud eclípticas del Sol viene dadas por:

$$\begin{aligned}
&\lambda_\odot \simeq \odot \simeq 279^\circ + 0{,}^\circ 9857\, d + 1{,}^\circ 9\, \mathrm{sen}\,(0{,}^\circ 9856\, d - 4^\circ) \\
&\beta_\odot \simeq 0^\circ
\end{aligned}$$

Las coordenadas rectangulares ecuatoriales del Sol viene dadas por:

$$\begin{aligned}
x &= R \cos \odot \\
y &= 0{,}917\, R\, \mathrm{sen}\, \odot \\
z &= 0{,}398\, R\, \mathrm{sen}\, \odot
\end{aligned}$$

A partir de ellas se pueden calcular las coordenadas ecuatoriales, ascensión recta $\alpha_\odot$ y declinación $\delta_\odot$:

$$\begin{aligned}
&\tan \alpha_\odot = y/x \qquad (\alpha_\odot \text{ en el mismo cuadrante que } \odot) \\
&\mathrm{sen}\, \delta_\odot = z/R
\end{aligned}$$

SOL **2019**

Fecha		distancia *R* (UA)	semidiá–metro, *s*	movimiento diario (′/día)	paralaje horizontal	paso semidiám. por meridiano
Ene	1	0,98331	16′17″	61	8″,94	70^{s},6
Ene	11	0,98342	16′17″	61	8″,94	70^{s},0
Ene	21	0,98398	16′17″	61	8″,94	69^{s},1
Ene	31	0,98513	16′16″	61	8″,93	68^{s},0
Feb	10	0,98668	16′14″	61	8″,91	66^{s},9
Feb	20	0,98858	16′12″	60	8″,90	65^{s},9
Mar	2	0,99092	16′10″	60	8″,87	65^{s},0
Mar	12	0,99347	16′07″	60	8″,85	64^{s},4
Mar	22	0,99618	16′05″	60	8″,83	64^{s},1
Abr	1	0,99908	16′02″	59	8″,80	64^{s},1
Abr	11	1,00194	15′59″	59	8″,78	64^{s},4
Abr	21	1,00470	15′57″	59	8″,75	64^{s},9
May	1	1,00741	15′54″	58	8″,73	65^{s},6
May	11	1,00983	15′52″	58	8″,71	66^{s},4
May	21	1,01195	15′50″	58	8″,69	67^{s},2
May	31	1,01380	15′48″	58	8″,67	67^{s},9
Jun	10	1,01518	15′47″	57	8″,66	68^{s},4
Jun	20	1,01612	15′46″	57	8″,65	68^{s},5
Jun	30	1,01668	15′45″	57	8″,65	68^{s},4
Jul	10	1,01668	15′45″	57	8″,65	67^{s},9
Jul	20	1,01621	15′46″	57	8″,65	67^{s},2
Jul	30	1,01536	15′47″	57	8″,66	66^{s},4
Ago	9	1,01397	15′48″	58	8″,67	65^{s},6
Ago	19	1,01220	15′50″	58	8″,69	64^{s},8
Ago	29	1,01014	15′52″	58	8″,71	64^{s},2
Set	8	1,00770	15′54″	58	8″,73	63^{s},8
Set	18	1,00504	15′56″	59	8″,75	63^{s},6
Set	28	1,00230	15′59″	59	8″,77	63^{s},8
Oct	8	0,99939	16′02″	59	8″,80	64^{s},3
Oct	18	0,99652	16′05″	60	8″,82	65^{s},0
Oct	28	0,99380	16′07″	60	8″,85	66^{s},0
Nov	7	0,99117	16′10″	60	8″,87	67^{s},1
Nov	17	0,98883	16′12″	60	8″,89	68^{s},3
Nov	27	0,98688	16′14″	61	8″,91	69^{s},4
Dic	7	0,98524	16′16″	61	8″,93	70^{s},2
Dic	17	0,98408	16′17″	61	8″,94	70^{s},7
Dic	27	0,98346	16′17″	61	8″,94	70^{s},8

Estos valores se refieren a las 0^{h} de Tiempo Universal.
1 ua (unidad astronómica) = 149 597 871 km

Ortos y ocasos del Sol

En las tablas de efemérides solares constan los instantes de salida y puesta del Sol (orto y ocaso) para Madrid día a día, expresados en la escala de Tiempo Universal (TU). Para conocer el instante de salida o de puesta del Sol en otro lugar de España es necesario aplicar dos correcciones, una debida a la diferente latitud y otra debida a la diferente longitud. Para conocer el tiempo oficial (TO), habrá que añadir una tercera corrección, que depende de la época del año: $+1^h$ o $+2^h$ en la Península y Baleares, 0^h o $+1^h$ en Canarias.

La corrección en longitud siempre tiene el mismo signo, se trate de orto o de ocaso: en los lugares situados al Este de Madrid el Sol sale y se pone antes que en Madrid; al Oeste de Madrid, orto y ocaso tienen lugar más tarde. Esta corrección viene dada simplemente por la diferencia de longitudes; se encuentra en la tabla siguiente, expresada en minutos de tiempo.

La corrección en latitud depende de la diferencia de latitudes y de la declinación del Sol, o sea de la época del año. Puede encontrarse, para varios paralelos, en la página 154. El paralelo 28° corresponde a las Canarias. El signo que figura en la tabla corresponde al orto; para el ocaso la corrección debe tener signo contrario.

Cálculo de orto y ocaso del Sol en una capital de provincia

Se puede calcular los instantes de salida y puesta del Sol para un día dado en una capital de provincia partiendo de los instantes de orto y ocaso en Madrid para tal fecha. Para ello basta realizar dos correcciones, cuyos valores viene dados en estas dos tablas. La corrección por longitud sólo depende del lugar y se aplica según el signo que aparece en la tabla correspondiente. La corrección en latitud depende de la fecha y se aplica de manera distinta según se trate del orto o del ocaso. Los cálculos a realizar son:

orto = orto en Madrid + corrección por longitud + corrección por latitud
ocaso = ocaso en Madrid + corrección por longitud – corrección por latitud

Ejemplo: cálculo de orto y ocaso del Sol el día 20 de mayo en Córdoba. En las dos tablas siguientes se encuentra que las correcciones a aplicar son de $+4^m$ en longitud y de $+6^m$ en latitud (para la latitud de 38,°0).

$$\text{orto} = 4^h55^m + (+4^m) + (+6^m) = 5^h5^m \text{ TU}$$
$$\text{ocaso} = 19^h29^m + (+4^m) - (+6^m) = 19^h27^m \text{ TU}$$

A continuación debe aplicarse la corrección al horario oficial, de $+2^h$ en este caso pues corresponde al horario de verano en la península.

Cálculo de orto y ocaso del Sol en un lugar cualquiera de España

Para un lugar de longitud λ_E:

$$\begin{aligned}\text{orto} &= \text{orto en Madrid} - 15^{\text{m}} - \lambda_E + \text{corrección por latitud}\\ \text{ocaso} &= \text{ocaso en Madrid} - 15^{\text{m}} - \lambda_E - \text{corrección por latitud}\end{aligned}$$

Ejemplo: orto y ocaso del Sol el día 1 de abril en un lugar de las Canarias de latitud $\phi = 28^\circ 06'$ y longitud $\lambda_E = -1^{\text{h}}1^{\text{m}}39^{\text{s}}$, en horario de verano:

$$\begin{aligned}\text{orto} &= 5^{\text{h}}59^{\text{m}} - 15^{\text{m}} - (-1^{\text{h}}2^{\text{m}}) + 6^{\text{m}} = 6^{\text{h}}52^{\text{m}}\ \text{TU} = 7^{\text{h}}52^{\text{m}}\ \text{TO}\\ \text{ocaso} &= 18^{\text{h}}39^{\text{m}} - 15^{\text{m}} - (-1^{\text{h}}2^{\text{m}}) - 6^{\text{m}} = 19^{\text{h}}20^{\text{m}}\ \text{TU} = 20^{\text{h}}20^{\text{m}}\ \text{TO}\end{aligned}$$

Corrección por longitud a las horas de orto, culminación y ocaso del Sol para las capitales de provincia, en minutos

Ciudad	Correc.	Lat.	Ciudad	Correc.	Lat.
Albacete	–7m	39°	Alicante / Alacant	–13m	38°4
Almería	–5m	37°	Avila	+4m	40°5
Badajoz	+13m	39°	Barcelona	–23m	41°5
Bilbao	–3m	43°	Burgos	0m	42°5
Cáceres	+11m	39°5	Cádiz	+10m	36°5
Castellón de la Plana	–15m	40°	Ceuta	+6m	36°
Ciudad Real	+1m	39°	Córdoba	+4m	38°
Coruña, A (La Coruña)	+19m	43°5	Cuenca	–6m	40°
Donostia-San Sebastián	–7m	43°5	Girona (Gerona)	–26m	42°
Granada	0m	37°	Guadalajara	–2m	40°5
Huelva	+13m	37°	Huesca	–13m	42°
Jaén	0m	38°	León	+8m	42°5
Logroño	–5m	42°5	Lugo	+15m	43°
Lleida (Lérida)	–17m	41°5	Madrid	0m	40°5
Málaga	+3m	36°5	Melilla	–3m	35°5
Murcia	–10m	38°	Ourense (Orense)	+17m	42°5
Oviedo	+9m	43°5	Palencia	+3m	42°
Palma de Mallorca	–25m	39°5	Palmas de G. C., Las	+47m	28°
Pamplona / Iruña	–8m	43°	Pontevedra	+20m	42°5
Salamanca	+8m	41°	Santa Cruz de Tenerife	+50m	28°5
Santander	0m	43°5	Segovia	+2m	41°
Sevilla	+9m	37°5	Soria	–5m	42°
Tarragona	–20m	41°	Teruel	–10m	40°5
Toledo	+1m	40°	Valencia	–13m	39°5
Valladolid	+4m	41°5	Vitoria-Gasteiz	–4m	43°
Zamora	+8m	41°5	Zaragoza	–11m	41°5

Corrección, en minutos, a las horas de orto y ocaso del Sol en diversos paralelos

Fecha		Latitud 28°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°	44°	Fecha	
Dic	21	−33	−13	−10	−7	−5	−2	2	5	8	12	Dic	23
Dic	26	−32	−13	−10	−7	−4	−1	2	5	8	12	Dic	18
Dic	31	−32	−13	−10	−7	−4	−1	2	5	8	12	Dic	13
Ene	5	−31	−12	−10	−7	−4	−1	2	5	8	11	Dic	8
Ene	10	−30	−12	−9	−7	−4	−1	2	5	8	11	Dic	3
Ene	15	−29	−11	−9	−6	−4	−1	2	4	7	10	Nov	28
Ene	20	−27	−11	−8	−6	−4	−1	2	4	7	10	Nov	23
Ene	25	−25	−10	−8	−6	−3	−1	1	4	6	9	Nov	18
Ene	30	−23	−9	−7	−5	−3	−1	1	4	6	8	Nov	13
Feb	4	−21	−8	−6	−5	−3	−1	1	3	5	8	Nov	8
Feb	9	−19	−7	−6	−4	−2	−1	1	3	5	7	Nov	3
Feb	14	−17	−6	−5	−4	−2	−1	1	3	4	6	Oct	28
Feb	19	−14	−6	−4	−3	−2	−1	1	2	4	5	Oct	23
Feb	24	−12	−5	−4	−3	−2	0	1	2	3	4	Oct	18
Mar	1	−9	−4	−3	−2	−1	0	1	1	2	3	Oct	13
Mar	6	−7	−3	−2	−1	−1	0	0	1	2	2	Oct	8
Mar	11	−4	−2	−1	−1	−1	0	0	1	1	1	Oct	3
Mar	16	−2	−1	−1	0	0	0	0	0	0	1	Set	28
Mar	21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Set	23
Mar	26	3	1	1	1	0	0	0	−1	−1	−1	Set	18
Mar	31	6	2	2	1	1	0	0	−1	−2	−2	Set	13
Abr	5	8	3	3	2	1	0	0	−1	−2	−3	Set	8
Abr	10	11	4	3	2	1	0	−1	−2	−3	−4	Set	3
Abr	15	13	5	4	3	2	1	−1	−2	−3	−5	Ago	29
Abr	20	16	6	5	3	2	1	−1	−2	−4	−6	Ago	24
Abr	25	18	7	6	4	2	1	−1	−3	−5	−7	Ago	18
Abr	30	20	8	6	4	3	1	−1	−3	−5	−7	Ago	13
May	5	22	9	7	5	3	1	−1	−4	−6	−8	Ago	8
May	10	24	10	8	5	3	1	−1	−4	−6	−9	Ago	3
May	15	26	10	8	6	3	1	−2	−4	−7	−10	Jul	29
May	20	28	11	9	6	4	1	−2	−4	−7	−10	Jul	24
May	25	30	12	9	7	4	1	−2	−5	−8	−11	Jul	19
May	30	31	12	10	7	4	1	−2	−5	−8	−12	Jul	14
Jun	4	32	13	10	7	4	1	−2	−5	−9	−12	Jul	9
Jun	9	33	13	10	7	4	1	−2	−5	−9	−12	Jul	4
Jun	14	34	13	11	8	5	1	−2	−5	−9	−13	Jun	29
Jun	19	34	14	11	8	5	1	−2	−5	−9	−13	Jun	24

orto = orto en Madrid $-15^{\mathrm{m}} - \lambda_E +$ corrección por latitud
ocaso = ocaso en Madrid $-15^{\mathrm{m}} - \lambda_E -$ corrección por latitud

Los instantes de orto y ocaso del Sol para un lugar dado de latitud ϕ pueden ser calculados de manera aproximada:

(1) se calculan la longitud del Sol, $\odot$, y el instante de culminación para el lugar usando la corrección dada en tabla de la página 153 o según de indica en la sección **Paso del Sol por el meridiano**.

(2) se calcula el tiempo auxiliar:

$$H = 6^{\mathrm{h}}5^{\mathrm{m}} + 99^{\mathrm{m}} \tan\phi \operatorname{sen}\odot$$

(3) para determinar el orto, se resta el valor H al instante de la culminación.

(4) para determinar el ocaso, se suman ambos valores.

La presencia de montañas o colinas en el horizonte tiene como efecto el retrasar el instante del orto o adelantar el del ocaso. Si el Sol sale en un lugar del horizonte en que el relieve alcanza una altura h (en metros) por encima del lugar de observación y se encuentra a una distancia D (en km), el retraso en el orto viene dado aproximadamente por: $19^{\mathrm{s}}\, h(\mathrm{m})/D(\mathrm{km})$. El adelanto en el ocaso se calcula análogamente. En Canarias, usar 16^{s} como factor multiplicativo.

Orientación del orto y del ocaso

El lugar en el horizonte en que sale o se pone el Sol se indica con el *acimut*, ángulo que se mide desde el Sur (acimut=0°) y es positivo hacia el Oeste. Utilizando desarrollos antes explicados, el acimut, a, del ocaso viene dado por:

$$a \simeq \arccos(-0{,}012 - 0{,}523 \operatorname{sen}\odot), \quad \text{en la Península y Baleares}$$
$$a \simeq \arccos(-0{,}008 - 0{,}452 \operatorname{sen}\odot), \quad \text{en Canarias.}$$

El acimut del orto se calcula de igual manera pero se toma con signo negativo.

Alternativamente, la orientación se puede referir a las direcciones Este y Oeste. El lugar del horizonte por el que tiene lugar la salida o puesta del Sol varía a lo largo del año, produciéndose en los puntos cardinales Este y Oeste sólo en los equinoccios (días en que se inician la primavera y el otoño). La desviación, en grados, respecto de las direcciones Este y Oeste puede encontrarse en la tabla correspondiente. El signo positivo indica que el orto y el ocaso tienen lugar más hacia el Norte y el signo negativo, más hacia el Sur de la línea Este−Oeste.

Ejemplo: En el día 21 de diciembre, en un lugar de latitud 40°, el Sol sale 30° al sur de la dirección Este y se pone 30° al sur de la dirección Oeste.

Lugares del horizonte por donde sale y se oculta el Sol, referidos al Este y al Oeste

Fecha		Latitud 28°	32°	36°	40°	44°	Fecha	
Dic	21	−26	−27	−29	−30	−33	Dic	23
Dic	26	−26	−27	−29	−30	−32	Dic	18
Dic	31	−26	−27	−28	−30	−32	Dic	13
Ene	5	−25	−26	−28	−29	−31	Dic	8
Ene	10	−25	−26	−27	−28	−30	Dic	3
Ene	15	−24	−25	−26	−27	−29	Nov	28
Ene	20	−23	−23	−25	−26	−28	Nov	23
Ene	25	−21	−22	−23	−24	−26	Nov	18
Ene	30	−20	−20	−21	−23	−24	Nov	13
Feb	4	−18	−19	−20	−21	−22	Nov	8
Feb	9	−16	−17	−18	−19	−20	Nov	3
Feb	14	−14	−15	−16	−16	−18	Oct	28
Feb	19	−12	−13	−13	−14	−15	Oct	23
Feb	24	−10	−11	−11	−12	−13	Oct	18
Mar	1	−8	−9	−9	−9	−10	Oct	13
Mar	6	−6	−6	−7	−7	−7	Oct	8
Mar	11	−4	−4	−4	−4	−4	Oct	3
Mar	16	−2	−2	−2	−2	−2	Set	28
Mar	21	1	1	1	1	1	Set	23
Mar	26	3	3	3	3	4	Set	18
Mar	31	5	5	6	6	6	Set	13
Abr	5	7	8	8	9	9	Set	8
Abr	10	9	10	10	11	12	Set	3
Abr	15	11	12	13	13	14	Ago	29
Abr	20	13	14	15	16	17	Ago	24
Abr	25	15	16	17	18	19	Ago	18
Abr	30	17	18	19	20	22	Ago	13
May	5	19	20	21	22	24	Ago	8
May	10	20	21	23	24	26	Ago	3
May	15	22	23	24	26	28	Jul	29
May	20	23	24	26	27	29	Jul	24
May	25	24	25	27	29	31	Jul	19
May	30	25	26	28	30	32	Jul	14
Jun	4	26	27	29	31	33	Jul	9
Jun	9	27	28	29	31	34	Jul	4
Jun	14	27	28	30	32	34	Jun	29
Jun	19	27	29	30	32	35	Jun	24

Para el día d del año, en un lugar de latitud ϕ se tiene, aproximadamente:

$$\textit{desviación} = 1^\circ - 24^\circ \cos(0{,}^\circ 986\, d + 10^\circ)/\cos\phi$$

Paso del Sol por el primer vertical en el meridiano de Madrid

Fecha		Latitud 36° Este	36° Oeste	38° Este	38° Oeste	40° Este	40° Oeste	42° Este	42° Oeste	44° Este	44° Oeste
		h m	*h m*	*h m*	*h m*	*h m*	*h m*	*h m*	*h m*	*h m*	*h m*
Mar	25	6 31	18 10	6 30	18 11	6 29	18 12	6 29	18 12	6 28	18 13
Mar	30	6 40	17 58	6 38	17 59	6 37	18 01	6 36	18 02	6 35	18 03
Abr	4	6 49	17 46	6 47	17 48	6 45	17 50	6 43	17 52	6 41	17 54
Abr	9	6 58	17 34	6 55	17 37	6 53	17 39	6 50	17 42	6 48	17 44
Abr	14	7 07	17 22	7 04	17 26	7 00	17 29	6 57	17 32	6 54	17 35
Abr	19	7 17	17 10	7 12	17 15	7 08	17 19	7 04	17 23	7 01	17 26
Abr	24	7 26	16 59	7 21	17 05	7 16	17 09	7 11	17 14	7 07	17 18
Abr	29	7 35	16 49	7 29	16 55	7 23	17 00	7 18	17 05	7 14	17 10
May	4	7 44	16 38	7 37	16 45	7 31	16 52	7 25	16 57	7 20	17 02
May	9	7 53	16 29	7 45	16 37	7 38	16 43	7 32	16 50	7 27	16 55
May	14	8 01	16 20	7 53	16 29	7 46	16 36	7 39	16 43	7 33	16 49
May	19	8 10	16 12	8 01	16 21	7 52	16 30	7 45	16 37	7 38	16 44
May	24	8 17	16 06	8 07	16 15	7 59	16 24	7 51	16 32	7 44	16 39
May	29	8 24	16 00	8 14	16 10	8 05	16 19	7 56	16 28	7 49	16 35
Jun	3	8 30	15 55	8 19	16 06	8 10	16 16	8 01	16 24	7 53	16 32
Jun	8	8 35	15 52	8 24	16 03	8 14	16 13	8 05	16 22	7 57	16 30
Jun	13	8 39	15 50	8 28	16 02	8 18	16 12	8 08	16 21	8 00	16 29
Jun	18	8 42	15 50	8 30	16 01	8 20	16 12	8 11	16 21	8 02	16 29
Jun	23	8 43	15 51	8 32	16 02	8 21	16 13	8 12	16 22	8 04	16 30
Jun	28	8 43	15 53	8 32	16 04	8 21	16 15	8 12	16 24	8 04	16 32
Jul	3	8 42	15 56	8 30	16 08	8 20	16 18	8 11	16 27	8 03	16 35
Jul	8	8 39	16 01	8 28	16 12	8 18	16 22	8 09	16 31	8 01	16 39
Jul	13	8 34	16 07	8 24	16 17	8 15	16 27	8 06	16 35	7 59	16 43
Jul	18	8 29	16 14	8 19	16 23	8 10	16 32	8 02	16 40	7 55	16 47
Jul	23	8 22	16 21	8 13	16 30	8 05	16 38	7 57	16 46	7 50	16 53
Jul	28	8 15	16 29	8 06	16 37	7 58	16 45	7 51	16 52	7 45	16 58
Ago	2	8 06	16 37	7 58	16 45	7 51	16 52	7 45	16 58	7 39	17 04
Ago	7	7 57	16 45	7 50	16 52	7 43	16 59	7 37	17 04	7 32	17 10
Ago	12	7 47	16 54	7 40	17 00	7 34	17 06	7 29	17 11	7 24	17 16
Ago	17	7 36	17 03	7 30	17 08	7 25	17 13	7 21	17 18	7 16	17 22
Ago	22	7 25	17 11	7 20	17 16	7 16	17 20	7 12	17 24	7 08	17 28
Ago	27	7 13	17 20	7 09	17 24	7 06	17 28	7 02	17 31	6 59	17 34
Set	1	7 02	17 29	6 58	17 32	6 55	17 35	6 52	17 38	6 50	17 40
Set	6	6 50	17 38	6 47	17 40	6 45	17 43	6 42	17 45	6 41	17 47
Set	11	6 37	17 47	6 35	17 48	6 34	17 50	6 32	17 51	6 31	17 53
Set	16	6 25	17 56	6 24	17 57	6 23	17 57	6 22	17 58	6 21	17 59

Primer vertical es el plano vertical orientado según la dirección Este–Oeste.

Crepúsculos

Se denomina *crepúsculo* a la claridad variable que precede la salida del Sol o sigue su puesta. Es producido por la difusión de la luz del Sol por las capas altas de la atmósfera, por lo que su intensidad depende de la latitud y altitud del observador, la época del año (o sea, de la declinación del Sol) y del tiempo atmosférico. Por convenio se han definido tres tipos de crepúsculos, en base a la altura h, por debajo del horizonte, a que el Sol se encuentra en el inicio o fin del crepúsculo. Cuando tal altura es $h = -6^\circ$ se habla de crepúsculo **civil**; en tal instante son visibles algunos planetas y estrellas de primera magnitud. Cuando es $h = -12^\circ$ se habla de crepúsculo **náutico**; en este instante son visibles el horizonte y las estrellas más brillantes de las principales constelaciones. Cuando es $h = -18^\circ$ se habla de crepúsculo **astronómico**; en este momento es noche cerrada y, si el cielo está bien despejado, son visibles estrellas de hasta sexta magnitud.

En las tablas siguientes figura la duración en minutos de cada tipo de crepúsculo, tomando como referencia el instante de salida o puesta del Sol. Para latitudes y fechas intermedias, deben realizarse interpolaciones.

Duración, en minutos, del crepúsculo civil el día 15 del mes

Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
28°	25	24	23	24	26	27	26	25	24	24	25	26
32°	27	25	24	25	27	28	28	26	25	25	26	27
36°	28	26	26	26	29	30	30	27	26	26	27	29
40°	30	28	27	28	31	33	32	29	27	27	29	31
44°	32	30	29	30	33	36	35	31	29	29	31	33

Duración, en minutos, del crepúsculo náutico el día 15 del mes

Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
28°	54	52	51	52	56	59	58	54	51	51	53	55
32°	56	54	53	55	59	63	61	56	53	53	55	57
36°	59	56	55	58	63	68	66	60	56	56	58	61
40°	63	59	58	62	69	74	72	64	59	59	62	65
44°	68	63	62	66	76	84	80	70	63	62	66	69

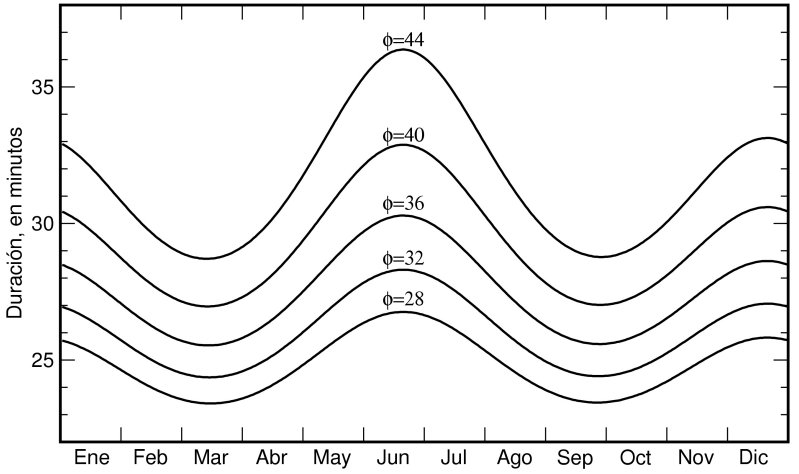
Duración, en minutos, del crepúsculo astronómico el día 15 del mes

Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
28°	82	79	78	81	88	93	91	84	79	78	81	84
32°	86	82	81	85	93	100	97	88	82	81	84	87
36°	90	86	85	90	101	109	105	94	86	85	88	92
40°	96	91	90	97	110	123	117	102	92	90	94	97
44°	102	97	96	105	124	144	134	112	99	96	100	104

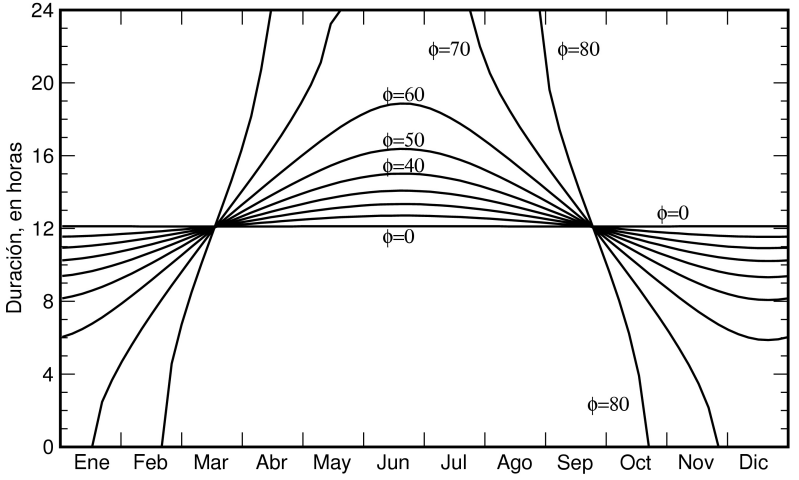
La duración aproximada del crepúsculo civil puede ser calculada mediante la siguiente fórmula, en la que ϕ es la latitud del lugar y $\delta_\odot$ es la declinación del Sol para el día considerado:

$$\text{Duración del crepúsculo civil} = \frac{21^{\text{m}}}{\sqrt{\cos(\phi - \delta_{\odot})\ \cos(\phi + \delta_{\odot})}}$$

Duración del crepúsculo civil en función de la latitud ϕ



Duración del día en función de la latitud ϕ



Tiempo de insolación (o duración del día)

Se denomina *tiempo de insolación* al intervalo de tiempo que transcurre entre la salida y la puesta del Sol en un lugar dado, lo que comúnmente se conoce como *duración del día*. Prescindiendo de efectos geométricos debidos al relieve en el horizonte y a condiciones atmosféricas adversas, tal intervalo de tiempo depende exclusivamente de la época del año y de la latitud del lugar. Su duración máxima se da en el solsticio de verano correspondiente al hemisferio y su duración mínima se da en el solsticio de invierno. La diferencia entre la duración máxima y mínima depende fuertemente de la latitud, siendo tales duraciones prácticamente idénticas en el ecuador. En nuestras latitudes, tal diferencia es de casi 6 horas. Entre cada círculo polar y el polo correspondiente, el día llega a durar 24 horas. En el hemisferio Norte, el Sol no se pone en un lugar dado cuando la suma de la latitud de tal lugar (ϕ) y la declinación del Sol ($\delta_\odot$) supera los 90°.

El tiempo de insolación a lo largo del año para distintas latitudes puede verse en la última figura de la página anterior. La duración mínima y máxima del tiempo de insolación para diversas latitudes se detalla en la tabla siguiente. Se ha tenido en cuenta el efecto de la refracción atmosférica media.

Tiempo de insolación

Latitud ϕ (°)	Duración máxima (h min)	Duración mínima (h min)	Diferencia máx–mín (h min)	Cociente máx/mín
0	12 07	12 07	0	1,00
10	12 42	11 32	1 10	1,10
20	13 20	10 55	2 25	1,22
30	14 05	10 13	3 52	1,38
40	15 01	09 19	5 44	1,61
50	16 22	08 04	8 18	2,03
60	18 52	05 52	13 0	3,22
70	24 00	00 00		

En Madrid se tiene, para el año 2019:

Día en que el Sol sale más tarde: 5 de enero
Día en que el Sol sale más pronto: 15 de junio
Día en que el Sol se pone más tarde: 28 de junio
Día en que el Sol se pone más pronto: 8 de diciembre
Día de mayor duración: 21 de junio (15^h3^m)
Día de menor duración: 22 de diciembre (9^h17^m)

Paso del Sol por el meridiano

Los instantes de paso del Sol por el meridiano que figuran en las tablas mensuales se refieren al centro del Sol y el observador en Madrid. Para obtener el instante de paso del centro del Sol por el meridiano en otro lugar, basta con corregir por la diferencia de longitudes (si tal diferencia no es muy grande). Si la longitud, expresada en hms, es λ_E, el instante de paso será:

$$paso\ meridiano = paso\ meridiano\ en\ Madrid - 14^{\mathrm{m}}45^{\mathrm{s}} - \lambda_E$$

Tal instante nos indica la dirección Sur.

El instante de la culminación del Sol puede obtenerse también a partir de la Ecuación de Tiempo ($EcTi$) que se encuentra en las tablas de la sección *TIEMPOS*. En un lugar de longitud $\lambda_E(hms)$, el instante de culminación del Sol viene dado por:

$$paso\ meridiano = 12^{\mathrm{h}} - EcTi - \lambda_E$$

Ejemplo: al mediodía del día 1 de abril la Ecuación de Tiempo es $-3^{\mathrm{m}}52^{\mathrm{s}}$, luego el Sol pasará por el meridiano de Madrid a las:

$$12^{\mathrm{h}} - (-3^{\mathrm{m}}52^{\mathrm{s}}) - (-14^{\mathrm{m}}45^{\mathrm{s}}) = 12^{\mathrm{h}}18^{\mathrm{m}}37^{\mathrm{s}}\ \mathrm{TU}$$

valor que coincide con el dado en la tabla correspondiente.

Si se desea obtener el instante de paso por el meridiano del borde anterior o del posterior, hay que realizar una corrección adicional, para tener en cuenta el tiempo de paso del semidiámetro, el cual viene indicado para cada diez días en la tabla de la página 151:

$$paso\ borde\ anterior = paso\ centro - paso\ semidiámetro$$
$$paso\ borde\ posterior = paso\ centro + paso\ semidiámetro$$

Rotaciones sinódicas del Sol

Las rotaciones sinódicas del Sol (o sea, tal como son vistas desde la Tierra) empezaron a numerarse a partir del 9 de noviembre de 1853 y su periodo medio es de $27^{\mathrm{d}}{,}2753$, correspondiente a una latitud heliográfica de 26°. Se considera que una rotación se inicia cuando la longitud heliográfica del centro del Sol es $L = 0$. El número de rotación de Carrington (*NRC*) para las 0^{h} TU de un día cualquiera se puede calcular aproximadamente mediante la fórmula:

$$NRC = 1958 + \frac{DJ - 2451545{,}11}{27{,}2753}$$

y tomando el valor entero (truncado) del resultado. *DJ* es el día juliano considerado. El instante de inicio de una rotación puede obtenerse con mayor precisión en las tablas mensuales del *SOL*, determinando, por interpolación, el instante en que la longitud heliográfica *L* se anula.

Instante de inicio de las rotaciones sinódicas del Sol en 2019

NRC	mes	día	hora	NRC	mes	día	hora	NRC	mes	día	hora
2213	Ene	16	20	2218	Jun	2	6	2223	Oct	16	11
2214	Feb	13	4	2219	Jun	29	11	2224	Nov	12	18
2215	Mar	12	12	2220	Jul	26	16	2225	Dic	10	1
2216	Abr	8	19	2221	Ago	22	22	2226	Ene	6	9
2217	May	6	1	2222	Set	19	4	2227	Feb	2	17

La primera rotación que se iniciará en 2019 es la número 2213, lo cual tendrá lugar el día 16 de enero a las $19^{h}{,}9$ TU. La primera rotación en 2020 será la número 2226, iniciándose el 6 de enero a las $9^{h}{,}2$ TU.

Manchas solares

Una mancha solar es una región de la superficie del sol con una zona central oscura (umbra) rodeada por una más clara (penumbra). Las manchas solares se caracterizan por tener una temperatura más baja que sus alrededores y una intensa actividad magnética. El número de manchas solares crece y decrece de unos años a otros de forma cíclica dando lugar a máximos y mínimos. Estos ciclos tienen un periodo medio de once años entre dos máximos consecutivos.

En la siguiente tabla se proporcionan los promedios anuales del número de manchas diario observado en los últimos 20 años, basada en la recalibración introducida el pasado 1 de julio de 2015 por el SIDC (Solar Influences Data Analysis Center, http://sidc.oma.be/silso/).

Número relativo de manchas solares en los últimos 20 años

año	manchas	año	manchas	año	manchas	año	manchas
1999	140	2004	66	2009	6	2014	107
2000	170	2005	45	2010	26	2015	72
2001	168	2006	26	2011	73	2016	41
2002	160	2007	13	2012	90	2017	22
2003	103	2008	4	2013	95	2018	6

El número de manchas del último año de la tabla es un valor provisional.

LUNA

Datos lunares
Coordenadas topocéntricas de la Luna
Efemérides diarias de la Luna
Ortos y ocasos de la Luna
Paso de la Luna por el meridiano
Distancia, semidiámetro y paralaje horizontal
Fases de la Luna
Perigeos y apogeos

Unidades prácticas

$\mathcal{R}_{(}$	$= 1\,738{,}14$ km	$= 0{,}2725\ \mathcal{R}_\oplus$
$\mathcal{M}_{(}$	$= 7{,}3463\ 10^{22}$ kg	$= 0{,}0123\ \mathcal{M}_\oplus$
$G\mathcal{M}_{(}$	$= 4{,}902\,8001\ 10^{12}$ m^3 s^{-2}	$= 0{,}012\,300\,0371\ G\ \mathcal{M}_\oplus$

Datos lunares

Elementos medios de la órbita para 2019

Longitud media	$L_{(} = 202^{\circ}753\,978 + 13^{\circ}176\,396\,45\ d$
Anomalía media	$M_{(} = 66^{\circ}427\,420 + 13^{\circ}064\,993\,04\ d$
Longitud del perigeo medio	$\varpi_{(} = 136^{\circ}326\,554 + 0^{\circ}111\,403\,41\ d$
Long. media del nodo ascendente	$\Omega_{(} = 117^{\circ}624\,859 - 0^{\circ}052\,953\,74\ d$
Elongación media referida al Sol	$D_{(} = 283^{\circ}372\,902 + 12^{\circ}190\,749\,09\ d$

(En estas fórmulas d es el día del año, en la escala de TU.)

Coordenadas eclípticas verdaderas

Desarrollos aproximados de longitud eclíptica, latitud eclíptica y paralaje:

$$\lambda_{(} = L_{(} + 377'\operatorname{sen} M_{(} + 76'\operatorname{sen}(2\,D_{(} - M_{(}) + 40'\operatorname{sen}(2\,D_{(}) + 13'\operatorname{sen}(2\,M_{(})$$
$$\beta_{(} = 309'\ \operatorname{sen}(\lambda_{(} - \Omega_{(})$$
$$\pi_{(} = 57' + 3'\ \cos M_{(}$$

A partir de la paralaje ecuatorial $\pi_{(}$ se pueden calcular:

$$\text{semidiámetro} = 0,2725\ \pi_{(}, \qquad \text{distancia geocéntrica} = \frac{1}{\operatorname{sen}\pi_{(}} R_{\oplus}$$

Distancia

Distancia media	384 400 km	60,268 $\mathcal{R}_{\oplus}$
	en tiempo luz	$1^{\mathrm{s}}282\,22$
Distancias extremas:	mínima	356 375 km = 55,874 $\mathcal{R}_{\oplus}$
	máxima	406 720 km = 63,768 $\mathcal{R}_{\oplus}$
Semidiámetro medio:	geocéntrico	$15'32''6$
	topocéntrico (cénit)	$15'48''3$
Paralaje ecuatorial horizontal media		$3422''608 = 57'02''608$

Otros datos orbitales

Excentricidad	$e_{(} = 0,054\,900\,489$	
Inclinación orbital media:		
	respecto de la eclíptica	$5^{\circ}145\,396$
	respecto del ecuador lunar	$6^{\circ}41'$
	respecto del ecuador terrestre	$18^{\circ}28$ a $28^{\circ}58$
Inclinación del ecuador lunar medio respecto de la eclíptica:	$1^{\circ}542\,42\ =\ 1^{\circ}32'32''7$	

Movimiento sidéreo medio diario	$13^\circ,176\,358$
Intervalo medio entre tránsitos o pasos por el meridiano	$24^h51^m28^s$
Velocidad orbital media	1,023 km s^{-1} = 3683 km h^{-1}
Aumento de la distancia a la Tierra	$\sim$4 m/siglo

Traslación y rotación

Duración media de los meses:

mes sinódico (luna nueva)	$29^d,530\,5884$	$29^d12^h44^m02^s,8$
mes sidéreo (estrella a estrella)	$27^d,321\,6616$	$27^d07^h43^m11^s,6$
mes anomalístico (perigeo)	$27^d,554\,5501$	$27^d13^h18^m33^s,1$
mes trópico (equinoccio)	$27^d,321\,5823$	$27^d07^h43^m04^s,7$
mes draconítico (nodo)	$27^d,212\,220$	$27^d05^h05^m35^s,8$

Algunos periodos de interés:

periodo de rotación del perigeo 3232 días
periodo de retrogradación del nodo 6798 días = 18,61 años trópicos
año eclíptico (pasos sucesivos del Sol por el nodo lunar): $346^d,620\,05$
periodo Saros = 223 meses sinódicos = 19 años eclípticos
= 6585,32 días = 18,030 01 años trópicos

Libraciones:

Desplazamiento máximo: en longitud: $7^\circ,9$ (periodo=mes anomalístico)
en latitud: $6^\circ,8$ (periodo=mes draconítico)
diurna: $1^\circ,0$

Desplazamiento medio:
libración óptica en longitud: $6^\circ,15$
libración óptica en latitud: $6^\circ,69$
libración física en longitud: $0^\circ,025$
libración física en latitud: $0^\circ,04$

Datos físicos

			en unidades terrestres
Radio ecuatorial	$\mathcal{R}_\mathbb{(}$	= 1738,14 km	0,2725 $\mathcal{R}_\oplus$
Radio medio		1737,42 km	
Superficie		3,788 10^7 km^2	0,0743
Volumen		2,199 10^{10} km^3	0,0203

Masa	$\mathcal{M}_{(} = 7{,}3460\ 10^{22}$ kg	$0{,}0123\ \mathcal{M}_{\oplus}$
Densidad media	$3{,}344$ g cm^{-3}	0,6063
Constante gravitatoria	$G\,\mathcal{M}_{(} = 4{,}902\,800\ 10^{12}$ m^3 s^{-2}	0,012 300 0371
Gravedad superficial	$1{,}623$ m s^{-2}	0,1652
Velocidad de escape	$2{,}375$ km s^{-1}	0,2123
Momento de inercia	$0{,}394\ \mathcal{M}_{(}\mathcal{R}_{(}^2$	
Momento gravitatorio J_2	$202{,}7\ 10^{-6}$	

Datos fotométricos

Albedo	0,12
Magnitud aparente en su oposición media:	V$= -12{,}74$
	B$= -11{,}82$
Magnitud visual V(1,0) a 1 ua	+0,21
Temperaturas medias: noche	104 K = -169 °C
día	365 K = 92 °C
ondas radio	$\sim$200 K
equivalente	395 K = 122 °C
del cuerpo negro	274,5 K

Coordenadas topocéntricas de la Luna

Las *coordenadas topocéntricas* se refieren a un sistema de coordenadas (ecuatoriales, etc) cuyo origen se encuentra en un punto de la superficie de la Tierra. Para un astro cercano, como es la Luna, puede haber una diferencia apreciable entre las coordenadas calculadas (tabuladas) para el centro de la Tierra (*geocéntricas*) y las que necesita o mide un observador (*topocéntricas*). En el caso de la Luna esta diferencia puede superar 1°.

Las coordenadas ecuatoriales topocéntricas de la Luna pueden obtenerse de manera precisa realizando unos simples cálculos a partir de las coordenadas geocéntricas que figuran en las tablas de las páginas siguientes. Sean λ_E la longitud (en horas) y ϕ la latitud (en grados) del lugar considerado y sea TU el instante de tiempo para el que se desea realizar el cálculo:

1) Se determina el tiempo sidéreo local, expresado en grados, para lo que hay que consultar el tiempo sidéreo en Greenwich en *TIEMPOS*:

$$\theta = 15\ (\text{ tiempo sidéreo en Greenwich a } 0^{\text{h}} + \lambda_E\ +\ 1{,}003\ TU\ )$$

2) Se determinan por interpolación de, al menos, 3er grado en las tablas de la Luna las coordenadas geocéntricas de ésta ($\alpha_{(}, \delta_{(}$) y la distancia r (en radios terrestres) para el instante TU considerado.

3) Se determinan las coordenadas rectangulares topocéntricas, a partir de las geocéntricas $\alpha_{(}$ y $\delta_{(}$ (expresadas en grados) y la distancia r (en radios terrestres) antes calculadas:

$$x = r \cos \delta_{(} \cos \alpha_{(} - \cos \phi \cos \theta$$
$$y = r \cos \delta_{(} \operatorname{sen} \alpha_{(} - \cos \phi \operatorname{sen} \theta$$
$$z = r \operatorname{sen} \delta_{(} - \operatorname{sen} \phi$$

4) Se determina la distancia topocéntrica:

$$r_t = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

que viene expresada en radios terrestres.

5) Las coordenadas topocéntricas α_t y δ_t y el semidiámetro s_t vienen dados por:

$$\alpha_t = \arctan(y/x) \ \ (\text{aprox. mismo cuadrante que } \alpha_{(})$$
$$\delta_t = \operatorname{arcsen}(z/r_t)$$
$$s_t = \frac{937'}{r_t}$$

Si se admiten errores de hasta $1'$, los cálculos 3), 4) y 5) pueden ser sustituidos por:

$$\alpha_t = \alpha_{(} - \frac{57^{\circ}30}{r} \frac{\cos \phi \operatorname{sen}(\theta - \alpha_{(})}{\cos \delta_{(}}$$
$$\delta_t = \delta_{(} - \frac{57^{\circ}30}{r} [\cos \delta_{(} \operatorname{sen} \phi - \operatorname{sen} \delta_{(} \cos \phi \cos(\theta - \alpha_{(})]$$

Efemérides de la Luna para 2019

En páginas siguientes se encuentran las efemérides de la Luna para este año día a día. Los instantes de salida y puesta del borde superior de la Luna (*Orto* y *Ocaso*) han sido calculados para Madrid, corrigiendo por paralaje, por un valor medio de la refracción y prescindiendo del relieve en el horizonte. Se indica también, en la columna *Culminación*, el instante de paso del centro del disco lunar por el meridiano de Madrid. La ausencia de la salida, culminación o puesta de la Luna en día dado se indica en las tablas con el símbolo **. Para conocer el tiempo oficial, puede ser necesario sumar una o dos horas al valor obtenido de la tabla. En páginas posteriores se explica cómo calcular el orto, el ocaso y la culminación de la Luna en cualquier otro lugar de España (véanse los apartados **Ortos y ocasos de la Luna** y **Paso de la Luna por el meridiano**).

En las dos columnas centrales se indica la posición aparente geocéntrica de la Luna a las 0^h de TU, expresada en coordenadas ecuatoriales, **ascensión recta** y **declinación**. La determinación de tales coordenadas para un instante cualquiera se debe realizar con una interpolación de, al menos, 3er grado dada la complejidad del movimiento de la Luna (ver el apartado **Interpolación** en la sección *TABLAS*). Con una interpolación de 4to grado los errores pueden llegar a ser de algunos segundos de arco en ambas coordenadas y con una interpolación de 3er grado pueden llegar hasta los $10''$, aunque el error típico es de unos $2''$. Con una interpolación de sólo segundo grado los errores pueden exceder $1'$.

En la última columna figura la distancia al centro de la Tierra expresada en radios terrestres ($1\ \mathcal{R}_\oplus = 6378{,}14$ km). En este caso una interpolación de 3er grado bastará para obtener la distancia con una precisión de unos 2 km ($0{,}0003\mathcal{R}_\oplus$).

Valores extremos en los siglos XX y XXI

Intervalos menor y mayor entre lunas nuevas consecutivas: $29^d{,}274$ y $29^d{,}829$

Intervalos menor y mayor entre perigeos sucesivos: $24^d{,}65$ y $28^d{,}54$

Intervalos menor y mayor entre dos apogeos sucesivos: $26^d{,}98$ y $27^d{,}90$

Valores extremos entre los que varía el perigeo lunar:

356 375 y 370 350 km

Valores extremos entre los que varía el apogeo lunar:

404 050 y 406 712 km

LUNA Enero 2019

Día		en Madrid (TU) Orto *h m*	Culm. *h m*	Ocaso *h m*	a 0^h de TU Asc. recta *h m s*	Declinación ° ′ ″	Distan. $\mathcal{R}_\oplus$
1	M	3 05	8 36	14 00	14 46 00,4	−10 42 17	60,6836
2	M	4 07	9 24	14 35	15 36 12,6	−14 33 57	61,2861
3	J	5 08	10 13	15 14	16 27 09,6	−17 41 35	61,8312
4	V	6 07	11 03	15 56	17 18 52,9	−19 57 05	62,3172
5	S	7 01	11 53	16 44	18 11 04,9	−21 14 41	62,7427
6	D	7 50	12 42	17 35	19 03 13,6	−21 31 42	63,1034
7	L	8 35	13 31	18 29	19 54 41,5	−20 48 59	63,3898
8	M	9 14	14 18	19 25	20 44 56,4	−19 10 45	63,5868
9	M	9 48	15 03	20 22	21 33 40,4	−16 43 37	63,6743
10	J	10 19	15 46	21 20	22 20 52,7	−13 35 33	63,6311
11	V	10 47	16 29	22 18	23 06 49,3	−09 54 52	63,4360
12	S	11 15	17 11	23 16	23 51 59,7	−05 49 41	63,0738
13	D	11 41	17 54	** **	00 37 03,8	−01 27 58	62,5379
14	L	12 09	18 38	0 15	01 22 48,6	+03 02 08	61,8343
15	M	12 39	19 25	1 17	02 10 06,6	+07 31 26	60,9857
16	M	13 13	20 15	2 21	02 59 51,7	+11 48 39	60,0325
17	J	13 52	21 10	3 27	03 52 53,0	+15 39 33	59,0335
18	V	14 39	22 08	4 35	04 49 42,4	+18 46 35	58,0630
19	S	15 35	23 10	5 42	05 50 17,4	+20 50 12	57,2040
20	D	16 39	** **	6 46	06 53 45,9	+21 32 34	56,5386
21	L	17 50	0 14	7 43	07 58 28,6	+20 43 10	56,1338
22	M	19 05	1 16	8 33	09 02 27,7	+18 23 21	56,0292
23	M	20 20	2 16	9 16	10 04 09,1	+14 46 48	56,2295
24	J	21 33	3 13	9 54	11 02 47,7	+10 15 15	56,7040
25	V	22 44	4 06	10 28	11 58 26,1	+05 12 44	57,3936
26	S	23 52	4 56	11 00	12 51 38,3	+00 01 19	58,2243
27	D	** **	5 45	11 31	13 43 11,4	−05 00 46	59,1205
28	L	0 57	6 33	12 03	14 33 53,6	−09 39 08	60,0144
29	M	2 01	7 22	12 37	15 24 25,5	−13 42 27	60,8536
30	M	3 03	8 10	13 14	16 15 15,2	−17 01 39	61,6018
31	J	4 01	8 59	13 55	17 06 34,6	−19 29 33	62,2391

Luna nueva	06^d 01^{h}28^m
Cuarto creciente	14^d 06^{h}46^m
Luna llena	21^d 05^{h}16^m
Cuarto menguante	27^d 21^{h}10^m

Apogeo	9^d 05^h
Perigeo	21^d 20^h

LUNA Febrero 2019

Día	en Madrid (TU) Orto	Culm.	Ocaso	a 0h de TU Asc. recta	Declinación	Distan.
	h m	*h m*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	$\mathcal{R}_\oplus$
1 V	4 57	9 49	14 40	17 58 18,3	−21 00 53	62,7586
2 S	5 47	10 38	15 30	18 50 05,5	−21 32 45	63,1618
3 D	6 33	11 27	16 23	19 41 26,1	−21 05 09	63,4547
4 L	7 13	12 14	17 19	20 31 50,1	−19 40 60	63,6443
5 M	7 49	13 00	18 16	21 20 55,5	−17 25 52	63,7343
6 M	8 21	13 44	19 13	22 08 34,3	−14 27 10	63,7247
7 J	8 51	14 27	20 11	22 54 53,5	−10 53 20	63,6103
8 V	9 18	15 10	21 09	23 40 13,5	−06 53 09	63,3820
9 S	9 45	15 52	22 07	00 25 05,6	−02 35 19	63,0293
10 D	10 11	16 35	23 07	01 10 09,3	+01 51 26	62,5435
11 L	10 40	17 19	** **	01 56 09,9	+06 18 01	61,9210
12 M	11 11	18 06	0 08	02 43 56,0	+10 34 22	61,1693
13 M	11 46	18 57	1 11	03 34 16,0	+14 28 38	60,3090
14 J	12 28	19 51	2 16	04 27 50,0	+17 46 40	59,3774
15 V	13 17	20 50	3 22	05 24 58,3	+20 12 04	58,4298
16 S	14 15	21 51	4 25	06 25 26,6	+21 27 49	57,5369
17 D	15 22	22 53	5 25	07 28 17,0	+21 19 55	56,7776
18 L	16 35	23 55	6 18	08 31 56,8	+19 42 01	56,2304
19 M	17 51	** **	7 05	09 34 47,3	+16 38 51	55,9581
20 M	19 07	0 54	7 46	10 35 36,2	+12 26 06	55,9957
21 J	20 21	1 50	8 22	11 33 53,4	+07 26 34	56,3418
22 V	21 33	2 44	8 56	12 29 47,0	+02 05 12	56,9594
23 S	22 43	3 36	9 29	13 23 48,3	−03 14 56	57,7827
24 D	23 50	4 26	10 02	14 16 36,6	−08 14 43	58,7310
25 L	** **	5 16	10 36	15 08 48,9	−12 39 23	59,7214
26 M	0 54	6 06	11 13	16 00 52,4	−16 18 08	60,6807
27 M	1 55	6 56	11 53	16 53 01,0	−19 03 20	61,5505
28 J	2 52	7 45	12 37	17 45 13,3	−20 50 10	62,2897

Luna nueva	$04^d\ 21^h04^m$
Cuarto creciente	$12^d\ 22^h26^m$
Luna llena	$19^d\ 15^h54^m$
Cuarto menguante	$26^d\ 11^h28^m$

Apogeo	$5^d\ 10^h$
Perigeo	$19^d\ 09^h$

LUNA Marzo 2019

Día	en Madrid (TU) Orto *h m*	Culm. *h m*	Ocaso *h m*	a 0^h de TU Asc. recta *h m s*	Declinación ° ′ ″	Distan. $\mathcal{R}_\oplus$
1 V	3 45	8 35	13 26	18 37 15,1	−21 36 24	62,8764
2 S	4 32	9 24	14 18	19 28 43,8	−21 22 20	63,3025
3 D	5 14	10 11	15 13	20 19 15,8	−20 10 47	63,5727
4 L	5 51	10 58	16 09	21 08 33,4	−18 06 45	63,6991
5 M	6 24	11 42	17 07	21 56 29,7	−15 16 55	63,6982
6 M	6 54	12 26	18 05	22 43 10,0	−11 49 09	63,5861
7 J	7 21	13 08	19 03	23 28 51,2	−07 52 02	63,3764
8 V	7 48	13 51	20 02	00 13 59,4	−03 34 35	63,0788
9 S	8 15	14 34	21 01	00 59 08,1	+00 53 53	62,6976
10 D	8 42	15 17	22 02	01 44 55,7	+05 23 34	62,2332
11 L	9 12	16 03	23 04	02 32 03,5	+09 43 59	61,6851
12 M	9 45	16 52	** **	03 21 12,4	+13 43 35	61,0546
13 M	10 24	17 44	0 07	04 12 57,9	+17 09 27	60,3489
14 J	11 09	18 39	1 11	05 07 41,5	+19 47 25	59,5861
15 V	12 01	19 37	2 13	06 05 21,0	+21 22 56	58,7969
16 S	13 02	20 36	3 12	07 05 22,5	+21 43 08	58,0271
17 D	14 10	21 36	4 06	08 06 42,9	+20 39 56	57,3345
18 L	15 23	22 35	4 54	09 08 05,9	+18 12 58	56,7849
19 M	16 38	23 32	5 37	10 08 25,4	+14 30 52	56,4406
20 M	17 53	** **	6 15	11 07 03,6	+09 50 20	56,3508
21 J	19 07	0 27	6 50	12 03 54,7	+04 33 18	56,5389
22 V	20 19	1 20	7 23	12 59 16,4	−00 56 34	56,9976
23 S	21 30	2 12	7 56	13 53 38,2	−06 16 43	57,6877
24 D	22 38	3 04	8 31	14 47 29,9	−11 07 47	58,5459
25 L	23 43	3 55	9 07	15 41 13,4	−15 14 37	59,4953
26 M	** **	4 47	9 47	16 34 57,3	−18 26 26	60,4575
27 M	0 44	5 38	10 31	17 28 35,6	−20 36 42	61,3609
28 J	1 39	6 29	11 19	18 21 50,2	−21 42 45	62,1483
29 V	2 29	7 19	12 11	19 14 16,3	−21 45 16	62,7795
30 S	3 13	8 08	13 05	20 05 30,9	−20 47 43	63,2315
31 D	3 52	8 54	14 01	20 55 18,6	−18 55 32	63,4972

Luna nueva	$06^d\ 16^h04^m$
Cuarto creciente	$14^d\ 10^h27^m$
Luna llena	$21^d\ 01^h43^m$
Cuarto menguante	$28^d\ 04^h10^m$

Apogeo	$4^d\ 12^h$
Perigeo	$19^d\ 20^h$

LUNA Abril 2019

Día		en Madrid (TU) Orto *h m*	Culm. *h m*	Ocaso *h m*	a 0^h de TU Asc. recta *h m s*	Declinación ° ′ ″	Distan. $\mathcal{R}_\oplus$
1	L	4 26	9 40	14 59	21 43 36,2	−16 15 29	63,5840
2	M	4 56	10 23	15 57	22 30 32,6	−12 55 07	63,5092
3	M	5 25	11 06	16 55	23 16 27,2	−09 02 28	63,2976
4	J	5 52	11 49	17 54	00 01 47,9	−04 46 03	62,9770
5	V	6 18	12 32	18 54	00 47 08,1	−00 14 60	62,5747
6	S	6 45	13 16	19 55	01 33 05,0	+04 20 43	62,1145
7	D	7 14	14 01	20 57	02 20 17,2	+08 50 02	61,6152
8	L	7 47	14 49	22 01	03 09 21,5	+13 00 36	61,0893
9	M	8 23	15 40	23 05	04 00 48,0	+16 38 56	60,5447
10	M	9 06	16 34	** **	04 54 53,0	+19 30 42	59,9867
11	J	9 55	17 30	0 08	05 51 30,5	+21 22 00	59,4212
12	V	10 52	18 28	1 07	06 50 07,9	+22 01 05	58,8602
13	S	11 56	19 26	2 02	07 49 49,3	+21 20 40	58,3228
14	D	13 05	20 23	2 50	08 49 29,6	+19 19 54	57,8390
15	L	14 17	21 19	3 33	09 48 14,3	+16 05 02	57,4468
16	M	15 30	22 13	4 11	10 45 33,2	+11 48 44	57,1888
17	M	16 43	23 06	4 46	11 41 24,1	+06 48 20	57,1058
18	J	17 55	23 58	5 18	12 36 06,2	+01 24 02	57,2263
19	V	19 06	** **	5 51	13 30 10,3	−04 02 59	57,5615
20	S	20 17	0 49	6 24	14 24 07,6	−09 12 13	58,0979
21	D	21 25	1 42	7 00	15 18 21,8	−13 45 18	58,7999
22	L	22 29	2 34	7 39	16 13 01,0	−17 27 21	59,6124
23	M	23 29	3 27	8 22	17 07 55,4	−20 07 56	60,4706
24	M	** **	4 20	9 09	18 02 38,7	−21 41 28	61,3068
25	J	0 23	5 11	10 00	18 56 35,4	−22 07 12	62,0585
26	V	1 10	6 01	10 55	19 49 11,8	−21 28 27	62,6749
27	S	1 51	6 49	11 51	20 40 05,1	−19 51 17	63,1186
28	D	2 27	7 35	12 49	21 29 08,8	−17 23 19	63,3691
29	L	2 58	8 19	13 46	22 16 32,2	−14 12 38	63,4214
30	M	3 27	9 02	14 45	23 02 38,0	−10 27 19	63,2854

Luna nueva	$05^d\,08^h50^m$
Cuarto creciente	$12^d\,19^h06^m$
Luna llena	$19^d\,11^h12^m$
Cuarto menguante	$26^d\,22^h18^m$

Apogeo	$1^d\,00^h$
Perigeo	$16^d\,22^h$
Apogeo	$28^d\,18^h$

LUNA Mayo 2019

Día	en Madrid (TU) Orto *h m*	Culm. *h m*	Ocaso *h m*	a 0^h de TU Asc. recta *h m s*	Declinación ° ′ ″	Distan. $\mathcal{R}_\oplus$
1 M	3 54	9 45	15 43	23 47 58,3	−06 15 26	62,9838
2 J	4 21	10 28	16 43	00 33 11,1	−01 45 20	62,5494
3 V	4 47	11 11	17 44	01 18 58,0	+02 53 48	62,0210
4 S	5 16	11 57	18 47	02 06 01,8	+07 31 24	61,4397
5 D	5 47	12 44	19 52	02 55 02,8	+11 55 01	60,8447
6 L	6 22	13 35	20 57	03 46 33,8	+15 50 19	60,2689
7 M	7 03	14 29	22 02	04 40 51,9	+19 01 36	59,7369
8 M	7 51	15 26	23 04	05 37 48,9	+21 13 17	59,2636
9 J	8 46	16 24	** **	06 36 45,9	+22 12 19	58,8555
10 V	9 48	17 22	0 00	07 36 38,1	+21 50 57	58,5142
11 S	10 55	18 19	0 50	08 36 12,1	+20 08 36	58,2391
12 D	12 05	19 14	1 34	09 34 28,6	+17 11 56	58,0327
13 L	13 16	20 07	2 12	10 30 57,6	+13 13 23	57,9021
14 M	14 27	20 58	2 47	11 25 40,7	+08 28 57	57,8608
15 M	15 37	21 48	3 19	12 19 03,4	+03 16 22	57,9255
16 J	16 47	22 39	3 50	13 11 43,9	−02 05 57	58,1132
17 V	17 57	23 30	4 21	14 04 22,7	−07 19 34	58,4343
18 S	19 05	** **	4 55	14 57 33,8	−12 06 44	58,8886
19 D	20 12	0 22	5 32	15 51 36,1	−16 11 13	59,4616
20 L	21 15	1 14	6 13	16 46 27,9	−19 19 37	60,1235
21 M	22 12	2 08	6 58	17 41 44,6	−21 22 41	60,8318
22 M	23 03	3 00	7 48	18 36 44,7	−22 16 18	61,5364
23 J	23 48	3 52	8 42	19 30 41,2	−22 01 32	62,1840
24 V	** **	4 42	9 39	20 22 55,6	−20 43 48	62,7241
25 S	0 26	5 29	10 37	21 13 08,1	−18 31 07	63,1149
26 D	0 59	6 14	11 35	22 01 19,6	−15 32 32	63,3250
27 L	1 29	6 58	12 33	22 47 49,6	−11 56 58	63,3372
28 M	1 57	7 40	13 31	23 33 10,3	−07 52 50	63,1494
29 M	2 23	8 22	14 30	00 18 02,8	−03 28 07	62,7750
30 J	2 49	9 05	15 30	01 03 13,2	+01 08 57	62,2424
31 V	3 16	9 49	16 32	01 49 30,3	+05 49 10	61,5917

Luna nueva	$04^d\ 22^h46^m$
Cuarto creciente	$12^d\ 01^h12^m$
Luna llena	$18^d\ 21^h11^m$
Cuarto menguante	$26^d\ 16^h34^m$

Perigeo	$13^d\ 22^h$
Apogeo	$26^d\ 13^h$

LUNA Junio 2019

Día		en Madrid (TU) Orto *h m*	Culm. *h m*	Ocaso *h m*	a 0^h de TU Asc. recta *h m s*	Declinación ° ′ ″	Distan. $\mathcal{R}_\oplus$
1	S	3 46	10 36	17 36	02 37 42,6	+10 21 27	60,8733
2	D	4 19	11 26	18 42	03 28 33,4	+14 32 10	60,1420
3	L	4 58	12 20	19 49	04 22 31,7	+18 05 11	59,4515
4	M	5 43	13 16	20 54	05 19 40,7	+20 42 57	58,8492
5	M	6 37	14 16	21 54	06 19 26,3	+22 09 10	58,3693
6	J	7 38	15 15	22 48	07 20 37,1	+22 12 36	58,0315
7	V	8 46	16 14	23 35	08 21 42,1	+20 50 20	57,8387
8	S	9 56	17 10	** **	09 21 19,9	+18 08 43	57,7810
9	D	11 07	18 04	0 15	10 18 43,6	+14 21 18	57,8404
10	L	12 18	18 55	0 50	11 13 46,2	+09 45 35	57,9966
11	M	13 27	19 45	1 22	12 06 52,4	+04 40 01	58,2314
12	M	14 36	20 34	1 53	12 58 44,7	−00 37 29	58,5330
13	J	15 44	21 23	2 23	13 50 11,6	−05 49 59	58,8947
14	V	16 51	22 14	2 55	14 41 57,4	−10 41 32	59,3140
15	S	17 58	23 05	3 29	15 34 34,5	−14 57 11	59,7885
16	D	19 02	23 58	4 08	16 28 16,2	−18 23 29	60,3125
17	L	20 01	** **	4 51	17 22 51,9	−20 49 35	60,8735
18	M	20 55	0 51	5 39	18 17 47,6	−22 08 36	61,4508
19	M	21 43	1 43	6 31	19 12 14,3	−22 18 34	62,0149
20	J	22 24	2 34	7 27	20 05 22,9	−21 22 35	62,5306
21	V	22 59	3 22	8 25	20 56 37,9	−19 27 40	62,9596
22	S	23 30	4 09	9 23	21 45 45,5	−16 42 60	63,2643
23	D	23 59	4 53	10 21	22 32 53,9	−13 18 23	63,4118
24	L	** **	5 35	11 19	23 18 29,1	−09 23 06	63,3778
25	M	0 25	6 17	12 17	00 03 08,7	−05 05 44	63,1501
26	M	0 50	6 59	13 16	00 47 38,7	−00 34 17	62,7298
27	J	1 16	7 42	14 16	01 32 49,6	+04 03 01	62,1338
28	V	1 44	8 27	15 19	02 19 34,6	+08 36 48	61,3954
29	S	2 15	9 15	16 24	03 08 45,9	+12 55 35	60,5630
30	D	2 51	10 06	17 30	04 01 07,8	+16 44 59	59,6966

Luna nueva	03^d 10^{h}02^m
Cuarto creciente	10^d 05^{h}59^m
Luna llena	17^d 08^{h}31^m
Cuarto menguante	25^d 09^{h}46^m

Perigeo	7^d 23^h
Apogeo	23^d 08^h

LUNA Julio 2019

Día	en Madrid (TU) Orto *h m*	Culm. *h m*	Ocaso *h m*	a 0^h de TU Asc. recta *h m s*	Declinación ° ′ ″	Distan. $\mathcal{R}_\oplus$
1 L	3 33	11 02	18 37	04 57 05,1	+19 47 46	58,8637
2 M	4 24	12 01	19 40	05 56 27,7	+21 45 32	58,1317
3 M	5 23	13 02	20 39	06 58 19,5	+22 22 26	57,5592
4 J	6 30	14 03	21 30	08 01 05,9	+21 29 50	57,1872
5 V	7 42	15 02	22 14	09 03 02,1	+19 09 50	57,0342
6 S	8 55	15 58	22 52	10 02 49,4	+15 34 49	57,0947
7 D	10 07	16 52	23 25	10 59 54,8	+11 03 53	57,3422
8 L	11 19	17 43	23 57	11 54 28,3	+05 58 19	57,7362
9 M	12 28	18 32	** **	12 47 07,4	+00 38 28	58,2330
10 M	13 36	19 21	0 27	13 38 41,7	−04 37 34	58,7905
11 J	14 43	20 10	0 58	14 30 01,0	−09 33 60	59,3755
12 V	15 49	21 01	1 31	15 21 46,4	−13 56 52	59,9644
13 S	16 52	21 52	2 07	16 14 23,4	−17 33 57	60,5421
14 D	17 53	22 44	2 48	17 07 56,1	−20 14 54	61,1001
15 L	18 48	23 36	3 33	18 02 05,1	−21 52 16	61,6323
16 M	19 38	** **	4 24	18 56 11,5	−22 22 23	62,1310
17 M	20 21	0 27	5 18	19 49 28,0	−21 46 10	62,5853
18 J	20 59	1 16	6 15	20 41 12,6	−20 08 44	62,9788
19 V	21 31	2 04	7 13	21 31 00,2	−17 38 17	63,2906
20 S	22 01	2 49	8 12	22 18 46,6	−14 24 34	63,4958
21 D	22 27	3 32	9 10	23 04 47,1	−10 37 33	63,5690
22 L	22 53	4 14	10 07	23 49 31,6	−06 26 36	63,4869
23 M	23 18	4 55	11 05	00 33 39,9	−02 00 23	63,2322
24 M	23 44	5 37	12 04	01 17 58,9	+02 32 50	62,7968
25 J	** **	6 20	13 04	02 03 19,8	+07 04 31	62,1858
26 V	0 13	7 05	14 06	02 50 35,7	+11 24 56	61,4196
27 S	0 46	7 54	15 11	03 40 37,7	+15 22 12	60,5351
28 D	1 24	8 46	16 16	04 34 06,5	+18 41 37	59,5863
29 L	2 09	9 43	17 21	05 31 18,9	+21 06 00	58,6411
30 M	3 04	10 43	18 22	06 31 52,5	+22 17 45	57,7766
31 M	4 08	11 45	19 18	07 34 38,0	+22 02 59	57,0687

Luna nueva	02^d 19^{h}16^m
Cuarto creciente	09^d 10^{h}55^m
Luna llena	16^d 21^{h}38^m
Cuarto menguante	25^d 01^{h}18^m

Perigeo	5^d 05^h
Apogeo	20^d 24^h

LUNA Agosto 2019

Día	en Madrid (TU) Orto *h m*	Culm. *h m*	Ocaso *h m*	a 0^h de TU Asc. recta *h m s*	Declinación ° ′ ″	Distan. $\mathcal{R}_\oplus$
1 J	5 19	12 47	20 06	08 37 53,5	+20 16 31	56,5832
2 V	6 34	13 46	20 47	09 39 57,6	+17 04 43	56,3620
3 S	7 49	14 42	21 24	10 39 44,0	+12 44 21	56,4176
4 D	9 04	15 36	21 57	11 36 52,9	+07 38 10	56,7314
5 L	10 16	16 27	22 29	12 31 43,5	+02 10 09	57,2580
6 M	11 26	17 18	23 00	13 24 56,4	−03 17 48	57,9370
7 M	12 35	18 08	23 33	14 17 19,2	−08 27 09	58,7037
8 J	13 42	18 58	** **	15 09 34,6	−13 02 42	59,4984
9 V	14 46	19 49	0 08	16 02 13,4	−16 52 15	60,2736
10 S	15 47	20 40	0 47	16 55 28,0	−19 46 11	60,9953
11 D	16 44	21 32	1 31	17 49 09,9	−21 37 37	61,6429
12 L	17 35	22 23	2 19	18 42 52,1	−22 22 59	62,2065
13 M	18 19	23 12	3 12	19 35 56,0	−22 02 26	62,6821
14 M	18 59	** **	4 08	20 27 43,5	−20 39 52	63,0701
15 J	19 33	0 00	5 06	21 17 47,4	−18 22 14	63,3689
16 V	20 03	0 46	6 04	22 05 57,9	−15 18 32	63,5746
17 S	20 30	1 29	7 02	22 52 22,3	−11 38 34	63,6797
18 D	20 56	2 12	8 00	23 37 22,7	−07 32 07	63,6722
19 L	21 21	2 53	8 58	00 21 32,1	−03 08 34	63,5378
20 M	21 47	3 34	9 55	01 05 30,5	+01 23 14	63,2629
21 M	22 14	4 16	10 54	01 50 02,9	+05 54 27	62,8365
22 J	22 44	5 00	11 55	02 35 57,6	+10 15 51	62,2555
23 V	23 18	5 46	12 57	03 24 02,6	+14 16 58	61,5275
24 S	23 59	6 35	14 00	04 15 01,4	+17 45 27	60,6744
25 D	** **	7 29	15 04	05 09 23,4	+20 26 47	59,7348
26 L	0 48	8 26	16 05	06 07 11,1	+22 05 05	58,7652
27 M	1 46	9 26	17 02	07 07 49,3	+22 25 25	57,8359
28 M	2 53	10 27	17 53	08 10 05,2	+21 17 49	57,0265
29 J	4 06	11 27	18 38	09 12 27,2	+18 41 15	56,4155
30 V	5 22	12 26	19 18	10 13 35,4	+14 45 27	56,0670
31 S	6 39	13 22	19 53	11 12 44,9	+09 49 24	56,0184

Luna nueva	$01^d\,03^h12^m$
Cuarto creciente	$07^d\,17^h31^m$
Luna llena	$15^d\,12^h29^m$
Cuarto menguante	$23^d\,14^h56^m$
Luna nueva	$30^d\,10^h37^m$

Perigeo	$2^d\,07^h$
Apogeo	$17^d\,11^h$
Perigeo	$30^d\,16^h$

LUNA Setiembre 2019

Día	en Madrid (TU) Orto *h m*	Culm. *h m*	Ocaso *h m*	a 0^h de TU Asc. recta *h m s*	Declinación ° ′ ″	Distan. $\mathcal{R}_\oplus$
1 D	7 55	14 16	20 26	12 09 50,3	+04 17 25	56,2727
2 L	9 09	15 08	20 58	13 05 14,9	−01 25 08	56,7983
3 M	10 21	16 00	21 32	13 59 35,9	−06 55 06	57,5350
4 M	11 30	16 52	22 07	14 53 30,8	−11 53 09	58,4085
5 J	12 37	17 44	22 45	15 47 27,9	−16 04 19	59,3410
6 V	13 41	18 36	23 28	16 41 39,7	−19 17 41	60,2633
7 S	14 40	19 28	** **	17 36 00,2	−21 26 20	61,1201
8 D	15 32	20 20	0 15	18 30 06,3	−22 27 09	61,8732
9 L	16 19	21 10	1 07	19 23 25,4	−22 20 43	62,5004
10 M	17 00	21 58	2 02	20 15 24,8	−21 11 00	62,9929
11 M	17 35	22 44	3 00	21 05 41,5	−19 04 39	63,3515
12 J	18 06	23 28	3 58	21 54 06,9	−16 10 04	63,5837
13 V	18 34	** **	4 56	22 40 47,9	−12 36 32	63,6987
14 S	19 00	0 10	5 54	23 26 04,3	−08 33 38	63,7045
15 D	19 25	0 52	6 52	00 10 25,2	−04 10 49	63,6063
16 L	19 50	1 33	7 50	00 54 26,5	+00 22 32	63,4055
17 M	20 17	2 15	8 48	01 38 47,8	+04 57 04	63,0994
18 M	20 45	2 58	9 48	02 24 11,4	+09 23 03	62,6833
19 J	21 17	3 42	10 49	03 11 19,2	+13 30 03	62,1532
20 V	21 55	4 30	11 51	04 00 49,5	+17 06 30	61,5099
21 S	22 39	5 21	12 53	04 53 10,4	+19 59 31	60,7624
22 D	23 31	6 15	13 54	05 48 30,7	+21 55 20	59,9314
23 L	** **	7 12	14 51	06 46 32,0	+22 40 41	59,0532
24 M	0 33	8 10	15 43	07 46 25,8	+22 05 17	58,1800
25 M	1 41	9 09	16 29	08 47 03,7	+20 04 44	57,3774
26 J	2 54	10 07	17 10	09 47 18,0	+16 42 45	56,7185
27 V	4 10	11 04	17 46	10 46 22,2	+12 11 42	56,2738
28 S	5 27	11 59	18 20	11 44 00,6	+06 51 00	56,0986
29 D	6 43	12 53	18 53	12 40 25,1	+01 04 27	56,2204
30 L	7 57	13 47	19 26	13 36 03,7	−04 42 52	56,6334

Cuarto creciente	$06^d\ 03^h10^m$
Luna llena	$14^d\ 04^h33^m$
Cuarto menguante	$22^d\ 02^h41^m$
Luna nueva	$28^d\ 18^h26^m$

Apogeo	$13^d\ 13^h$
Perigeo	$28^d\ 02^h$

LUNA Octubre 2019

Día		en Madrid (TU) Orto *h m*	Culm. *h m*	Ocaso *h m*	a 0^h de TU Asc. recta *h m s*	Declinación ° ′ ″	Distan. $\mathcal{R}_\oplus$
1	M	9 10	14 40	20 01	14 31 28,1	−10 07 22	57,2974
2	M	10 21	15 34	20 40	15 27 02,3	−14 49 01	58,1467
3	J	11 29	16 28	21 22	16 22 54,4	−18 32 35	59,1020
4	V	12 32	17 21	22 09	17 18 52,8	−21 08 15	60,0829
5	S	13 28	18 14	23 00	18 14 28,6	−22 31 41	61,0171
6	D	14 17	19 06	23 55	19 09 03,7	−22 43 31	61,8483
7	L	15 00	19 55	** **	20 02 03,0	−21 48 26	62,5367
8	M	15 37	20 41	0 52	20 53 03,5	−19 53 51	63,0607
9	M	16 09	21 26	1 50	21 41 59,1	−17 08 39	63,4137
10	J	16 38	22 09	2 49	22 29 00,5	−13 42 09	63,6016
11	V	17 04	22 51	3 47	23 14 30,4	−09 43 37	63,6389
12	S	17 29	23 32	4 45	23 59 00,6	−05 22 11	63,5450
13	D	17 54	** **	5 43	00 43 07,9	−00 46 58	63,3410
14	L	18 20	0 14	6 42	01 27 31,8	+03 52 36	63,0457
15	M	18 48	0 56	7 42	02 12 53,0	+08 26 24	62,6739
16	M	19 19	1 41	8 43	02 59 50,5	+12 43 25	62,2360
17	J	19 55	2 28	9 45	03 48 58,2	+16 31 33	61,7374
18	V	20 36	3 17	10 47	04 40 39,2	+19 37 45	61,1808
19	S	21 25	4 10	11 48	05 34 58,4	+21 48 45	60,5698
20	D	22 22	5 05	12 45	06 31 36,5	+22 52 20	59,9121
21	L	23 26	6 02	13 38	07 29 49,5	+22 39 17	59,2240
22	M	** **	6 59	14 24	08 28 38,3	+21 05 28	58,5330
23	M	0 35	7 55	15 05	09 27 06,0	+18 13 06	57,8788
24	J	1 47	8 50	15 42	10 24 34,9	+14 10 56	57,3131
25	V	3 01	9 44	16 16	11 20 54,5	+09 13 27	56,8921
26	S	4 16	10 37	16 48	12 16 18,9	+03 39 32	56,6697
27	D	5 30	11 30	17 21	13 11 18,7	−02 08 58	56,6859
28	L	6 44	12 24	17 54	14 06 29,1	−07 48 54	56,9573
29	M	7 58	13 18	18 31	15 02 19,1	−12 57 41	57,4719
30	M	9 09	14 13	19 12	15 59 00,4	−17 15 24	58,1894
31	J	10 16	15 09	19 58	16 56 20,8	−20 26 55	59,0478

Cuarto creciente	05^d 16^{h}47^m
Luna llena	13^d 21^{h}08^m
Cuarto menguante	21^d 12^{h}39^m
Luna nueva	28^d 03^{h}38^m

Apogeo	10^d 18^h
Perigeo	26^d 11^h

LUNA Noviembre 2019

Día	en Madrid (TU) Orto *h m*	Culm. *h m*	Ocaso *h m*	a 0^h de TU Asc. recta *h m s*	Declinación ° ′ ″	Distan. $\mathcal{R}_\oplus$
1 V	11 17	16 04	20 49	17 53 43,8	−22 23 22	59,9738
2 S	12 11	16 57	21 44	18 50 17,3	−23 02 42	60,8916
3 D	12 58	17 48	22 41	19 45 10,1	−22 28 55	61,7336
4 L	13 37	18 37	23 40	20 37 46,6	−20 50 12	62,4453
5 M	14 11	19 22	** **	21 27 54,3	−18 16 44	62,9882
6 M	14 41	20 06	0 39	22 15 42,8	−14 58 59	63,3417
7 J	15 08	20 48	1 38	23 01 38,1	−11 06 50	63,5012
8 V	15 33	21 29	2 36	23 46 16,8	−06 49 20	63,4763
9 S	15 58	22 11	3 34	00 30 21,0	−02 15 06	63,2889
10 D	16 23	22 53	4 33	01 14 35,4	+02 27 05	62,9678
11 L	16 50	23 37	5 33	01 59 44,9	+07 07 39	62,5475
12 M	17 20	** **	6 34	02 46 32,6	+11 35 43	62,0613
13 M	17 54	0 24	7 37	03 35 35,7	+15 38 42	61,5404
14 J	18 34	1 13	8 40	04 27 18,7	+19 02 34	61,0089
15 V	19 21	2 06	9 43	05 21 45,7	+21 32 41	60,4840
16 S	20 16	3 01	10 42	06 18 32,7	+22 55 42	59,9755
17 D	21 18	3 58	11 36	07 16 47,9	+23 01 52	59,4878
18 L	22 24	4 54	12 24	08 15 23,6	+21 47 17	59,0241
19 M	23 34	5 50	13 06	09 13 16,4	+19 14 49	58,5900
20 M	** **	6 44	13 43	10 09 46,5	+15 33 26	58,1967
21 J	0 46	7 37	14 16	11 04 45,2	+10 56 35	57,8643
22 V	1 58	8 28	14 48	11 58 31,5	+05 40 34	57,6211
23 S	3 09	9 19	15 18	12 51 43,2	+00 03 36	57,4996
24 D	4 22	10 10	15 50	13 45 05,2	−05 34 50	57,5312
25 L	5 34	11 03	16 25	14 39 19,2	−10 54 22	57,7388
26 M	6 46	11 57	17 03	15 34 52,9	−15 34 52	58,1291
27 M	7 56	12 53	17 46	16 31 49,6	−19 18 12	58,6892
28 J	9 01	13 49	18 35	17 29 41,5	−21 50 31	59,3851
29 V	10 00	14 45	19 29	18 27 33,1	−23 04 29	60,1669
30 S	10 51	15 38	20 27	19 24 16,6	−23 00 12	60,9732

Cuarto creciente	04^d 10^{h}23^m
Luna llena	12^d 13^{h}34^m
Cuarto menguante	19^d 21^{h}11^m
Luna nueva	26^d 15^{h}06^m

Apogeo	7^d 09^h
Perigeo	23^d 08^h

LUNA Diciembre 2019

Día	en Madrid (TU) Orto	Culm.	Ocaso	a 0h de TU Asc. recta	Declinación	Distan.
	h m	*h m*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	$\mathcal{R}_\oplus$
1 D	11 34	16 29	21 27	20 18 53,7	−21 44 13	61,7411
2 L	12 11	17 16	22 27	21 10 50,9	−19 27 09	62,4112
3 M	12 42	18 01	23 26	22 00 04,5	−16 20 59	62,9345
4 M	13 10	18 44	** **	22 46 55,1	−12 37 10	63,2756
5 J	13 36	19 25	0 24	23 31 59,0	−08 25 48	63,4144
6 V	14 01	20 06	1 22	00 16 01,6	−03 55 47	63,3480
7 S	14 25	20 48	2 20	00 59 52,6	+00 44 40	63,0886
8 D	14 51	21 31	3 19	01 44 23,1	+05 27 05	62,6631
9 L	15 20	22 16	4 20	02 30 24,1	+10 01 49	62,1101
10 M	15 52	23 05	5 23	03 18 42,2	+14 17 20	61,4761
11 M	16 30	23 59	6 27	04 09 53,7	+17 59 42	60,8107
12 J	17 15	** **	7 32	05 04 14,9	+20 53 11	60,1619
13 V	18 08	0 53	8 34	06 01 29,9	+22 41 53	59,5704
14 S	19 09	1 50	9 32	07 00 46,0	+23 12 53	59,0659
15 D	20 16	2 49	10 23	08 00 42,5	+22 19 37	58,6650
16 L	21 26	3 46	11 07	08 59 55,2	+20 03 55	58,3709
17 M	22 37	4 41	11 46	09 57 23,8	+16 35 31	58,1774
18 M	23 48	5 34	12 20	10 52 46,3	+12 09 28	58,0730
19 J	** **	6 25	12 51	11 46 16,6	+07 03 19	58,0470
20 V	0 58	7 15	13 21	12 38 33,1	+01 35 07	58,0932
21 S	2 08	8 04	13 51	13 30 26,3	−03 57 18	58,2114
22 D	3 18	8 55	14 23	14 22 47,5	−09 16 15	58,4085
23 L	4 28	9 47	14 58	15 16 19,3	−14 04 16	58,6934
24 M	5 38	10 40	15 38	16 11 24,8	−18 04 30	59,0736
25 M	6 44	11 36	16 24	17 07 58,7	−21 02 05	59,5493
26 J	7 46	12 31	17 16	18 05 23,0	−22 46 19	60,1099
27 V	8 40	13 26	18 12	19 02 34,3	−23 12 40	60,7319
28 S	9 28	14 18	19 12	19 58 22,4	−22 23 40	61,3802
29 D	10 08	15 08	20 12	20 51 52,9	−20 27 42	62,0109
30 L	10 42	15 54	21 13	21 42 39,7	−17 36 34	62,5754
31 M	11 11	16 38	22 12	22 30 46,8	−14 02 55	63,0274

Cuarto creciente	$04^d\,06^h58^m$
Luna llena	$12^d\,05^h12^m$
Cuarto menguante	$19^d\,04^h57^m$
Luna nueva	$26^d\,05^h13^m$

Apogeo	$5^d\,04^h$
Perigeo	$18^d\,20^h$

Ortos y ocasos de la Luna

En las tablas de efemérides lunares constan los instantes de salida y puesta de la Luna (orto y ocaso) para Madrid día a día, expresados en la escala de Tiempo Universal (TU). Dado el gran movimiento diario de la Luna, entre sucesivas salidas (o puestas o culminaciones) de la Luna transcurren casi 25 horas. Como consecuencia, si cualquiera de estos fenómenos se produce muy cerca de las 24^h de un día, no se volverá a producir hasta dos días después, a primera hora. La ausencia de tal fenómeno en el día intermedio se indica en las tablas con el símbolo **.

Para conocer el instante de salida o de puesta de la Luna en otro lugar de España es necesario aplicar dos correcciones, una debida a la diferente latitud y otra debida a la diferente longitud. Puede ocurrir que, hechas tales correcciones, el fenómeno tenga lugar el día anterior o el posterior.

Corrección por longitud a las horas de orto, culminación y ocaso de la Luna para las capitales de provincia, en minutos

Ciudad	Correc.	Lat.	Ciudad	Correc.	Lat.
Albacete	-7^m	39°	Alicante / Alacant	-13^m	38°.4
Almería	-5^m	37°	Avila	$+4^m$	40°.5
Badajoz	$+13^m$	39°	Barcelona	-23^m	41°.5
Bilbao	-3^m	43°	Burgos	0^m	42°.5
Cáceres	$+11^m$	39°.5	Cádiz	$+10^m$	36°.5
Castellón de la Plana	-15^m	40°	Ceuta	$+6^m$	36°
Ciudad Real	$+1^m$	39°	Córdoba	$+4^m$	38°
Coruña, A (La Coruña)	$+19^m$	43°.5	Cuenca	-6^m	40°
Donostia-San Sebastián	-7^m	43°.5	Girona (Gerona)	-26^m	42°
Granada	0^m	37°	Guadalajara	-2^m	40°.5
Huelva	$+13^m$	37°	Huesca	-13^m	42°
Jaén	0^m	38°	León	$+8^m$	42°.5
Logroño	-5^m	42°.5	Lugo	$+15^m$	43°
Lleida (Lérida)	-17^m	41°.5	Madrid	0^m	40°.5
Málaga	$+3^m$	36°.5	Melilla	-3^m	35°.5
Murcia	-10^m	38°	Ourense (Orense)	$+17^m$	42°.5
Oviedo	$+9^m$	43°.5	Palencia	$+3^m$	42°
Palma de Mallorca	-25^m	39°.5	Palmas de G. C., Las	$+48^m$	28°
Pamplona / Iruña	-8^m	43°	Pontevedra	$+20^m$	42°.5
Salamanca	$+8^m$	41°	Santa Cruz de Tenerife	$+51^m$	28°.5
Santander	0^m	43°.5	Segovia	$+2^m$	41°
Sevilla	$+9^m$	37°.5	Soria	-5^m	42°
Tarragona	$+20^m$	41°	Teruel	-10^m	40°.5
Toledo	$+1^m$	40°	Valencia	-13^m	39°.5
Valladolid	$+4^m$	41°.5	Vitoria-Gasteiz	-4^m	43°
Zamora	$+8^m$	41°.5	Zaragoza	-11^m	41°.5

Corrección, en minutos, al orto y ocaso de la Luna en función de su declinación y de la latitud del lugar

$\delta_{\mathbb{(}}$ (°)	Latitud, ϕ										
	28°	32°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°	44°
–30	–46	–33	–19	–15	–11	–6	–2	3	8	13	18
–27	–40	–29	–16	–13	–9	–5	–2	2	6	11	15
–24	–34	–25	–14	–11	–8	–5	–1	2	5	9	13
–21	–29	–21	–12	–9	–7	–4	–1	2	5	8	11
–18	–25	–17	–10	–8	–5	–3	–1	1	4	6	9
–15	–20	–14	–8	–6	–4	–3	–1	1	3	5	7
–12	–16	–11	–6	–5	–3	–2	–1	1	2	4	6
–9	–12	–8	–5	–4	–3	–2	0	1	2	3	4
–6	–8	–6	–3	–2	–2	–1	0	0	1	2	3
–3	–4	–3	–2	–1	–1	–1	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	4	3	1	1	1	0	0	0	–1	–1	–1
6	8	5	3	2	2	1	0	0	–1	–2	–3
9	12	8	5	4	3	2	0	–1	–2	–3	–4
12	16	11	6	5	3	2	1	–1	–2	–4	–6
15	20	14	8	6	4	3	1	–1	–3	–5	–7
18	24	17	10	8	5	3	1	–1	–4	–6	–9
21	29	21	11	9	6	4	1	–2	–5	–8	–11
24	34	24	14	11	8	5	1	–2	–5	–9	–13
27	40	28	16	12	9	5	2	–2	–6	–11	–15
30	46	33	18	15	10	6	2	–3	–7	–12	–18

Para conocer el tiempo oficial, TO, habrá que añadir una tercera corrección, que depende de la época del año: $+1^h$ o $+2^h$ en la Península y Baleares, 0^h o $+1^h$ en Canarias.

La corrección en longitud siempre tiene el mismo signo, se trate de orto o de ocaso: en los lugares situados al Este de Madrid la Luna sale y se pone antes que en Madrid; al Oeste de Madrid, orto y ocaso tienen lugar más tarde. Esta corrección viene dada en primera aproximación por la diferencia de longitudes, expresada en minutos de tiempo. Para las capitales de provincia, se encuentra en la primera de las tablas anteriores.

La corrección en latitud depende de la diferencia de latitudes y de la declinación de la Luna (indicada en las tablas). Puede encontrarse, para varios paralelos y cada 2° en declinación en la tabla anterior. El paralelo 28° corresponde a las Canarias.

Cálculo de orto y ocaso de la Luna en una capital de provincia

Consultando las tablas de orto y ocaso de la Luna en Madrid y las dos tablas precedentes, se realiza el simple cálculo:

orto = orto en Madrid + corrección por longitud + corrección por latitud
ocaso = ocaso en Madrid + corrección por longitud – corrección por latitud

Ejemplo: determinación de los instantes de salida y puesta de la Luna en Málaga (latitud $36^{\circ}5$) el día 25 de diciembre, en que su declinación media es de -22° y el horario oficial es el de invierno:

$$\begin{aligned}\text{orto} &= 6^{\text{h}}44^{\text{m}} + 3^{\text{m}} + (-11^{\text{m}}) = 6^{\text{h}}36^{\text{m}}\ \text{TU} = 7^{\text{h}}36^{\text{m}}\ \text{TO}\\ \text{ocaso} &= 16^{\text{h}}24^{\text{m}} + 3^{\text{m}} - (-11^{\text{m}}) = 16^{\text{h}}38^{\text{m}}\ \text{TU} = 17^{\text{h}}38^{\text{m}}\ \text{TO}\end{aligned}$$

Cálculo de orto y ocaso de la Luna en un lugar cualquiera de España

En un lugar de longitud λ_E (positiva al Este de Greenwich):

$$\begin{aligned}\text{orto} &= \text{orto en Madrid} - 15^{\text{m}} - \lambda_E + \text{corrección por latitud}\\ \text{ocaso} &= \text{ocaso en Madrid} - 15^{\text{m}} - \lambda_E - \text{corrección por latitud}\end{aligned}$$

Los instantes de orto y ocaso determinados con este procedimiento son aproximados, pudiendo tener errores de algunos minutos debidos a las simplificaciones en los cálculos y a las variables condiciones atmosféricas.

Un cálculo aproximado para cualquier lugar de posición geográfica conocida se puede realizar consultando el apartado de **Efemérides** en la *web* del Real Instituto y Observatorio de la Armada: `http://www.roa.es`.

Paso de la Luna por el meridiano

Los pasos de la Luna por el meridiano (indicando el Sur) que figuran en las tablas mensuales se refieren al centro de la Luna (culminación) y el tiempo en Madrid. Para obtener el instante de paso del centro de la Luna por el meridiano en otro lugar, hay que corregir por la diferencia de longitudes y por el cambio de coordenadas de la Luna que haya tenido lugar entre dichos pasos por el meridiano. En una primera aproximación, si la longitud, expresada en hms, es λ_E, el instante de paso (por el Sur) será:

$$\text{paso meridiano} = \text{paso meridiano Madrid} - 1{,}036\ (14^{\text{m}}45^{\text{s}} + \lambda_E)$$

Si se desea obtener el instante de paso del borde anterior o del posterior, hay que realizar una corrección adicional, para tener en cuenta el tiempo de paso del semidiámetro. Este puede obtenerse de manera aproximada a partir de la distancia $r_{\leftmoon}$ (expresada en radios terrestres), o bien del semidiámetro $s_{\leftmoon}$ o de la paralaje $\pi_{\leftmoon}$ (expresados en minutos de arco) mediante las expresiones:

$$\text{paso semidiámetro (en s)} \simeq 4{,}1\ s_{\leftmoon} \simeq 1{,}13\ \pi_{\leftmoon} \simeq 3900\,/\,r_{\leftmoon}$$

Los pasos por los bordes anterior y posterior serán:

$$\begin{aligned}\text{paso borde anterior} &= \text{paso centro} - \text{paso semidiámetro}\\ \text{paso borde posterior} &= \text{paso centro} + \text{paso semidiámetro}\end{aligned}$$

Distancia, semidiámetro y paralaje horizontal de la Luna

La distancia al centro de la Tierra $r_{(}$, el semidiámetro $s_{(}$ y la paralaje ecuatorial horizontal $\pi_{(}$ son parámetros relacionados entre sí. La conversión de uno a otro puede hacerse interpolando con los valores que figuran en la tabla siguiente o bien mediante fórmulas:

$$r_{(}(\text{en km}) = 6378{,}140\, r_{(}(\text{en } \mathcal{R}_\oplus)$$

$$s_{(} = 0{,}272\,493\,\pi_{(}\,, \qquad \sin\pi_{(} = \frac{1}{r_{(}(\text{en } \mathcal{R}_\oplus)}$$

$$\pi_{(}(^\circ) \simeq \frac{57{,}3}{r_{(}(\text{en } \mathcal{R}_\oplus)}\,, \qquad \pi_{(}(') \simeq \frac{3438}{r_{(}(\text{en } \mathcal{R}_\oplus)}$$

Conversiones entre la paralaje horizontal de la Luna $\pi_{(}$, su semidiámetro $s_{(}$ y su distancia $r_{(}$ al centro de la Tierra

$\pi_{(}$		$s_{(}$		Distancia, $r_{(}$	
′	″	′	″	$\mathcal{R}_\oplus$	km
53	50	14	40	63,862	407 319
54	0	14	43	63,665	406 062
54	10	14	46	63,469	404 812
54	20	14	48	63,274	403 571
54	30	14	51	63,081	402 337
54	40	14	54	62,888	401 110
54	50	14	56	62,697	399 891
55	0	14	59	62,507	398 679
55	10	15	2	62,318	397 475
55	20	15	5	62,131	396 278
55	30	15	7	61,944	395 088
55	40	15	10	61,759	393 905
55	50	15	13	61,574	392 729
56	0	15	16	61,391	391 561
56	10	15	18	61,209	390 399
56	20	15	21	61,028	389 244
56	30	15	24	60,848	388 096
56	40	15	26	60,669	386 955
56	50	15	29	60,491	385 820
57	0	15	32	60,314	384 692
57	10	15	35	60,138	383 570
57	20	15	37	59,963	382 455
57	30	15	40	59,790	381 347
57	40	15	43	59,617	380 245
57	50	15	46	59,445	379 149
58	0	15	48	59,274	378 060
58	10	15	51	59,104	376 977
58	20	15	54	58,936	375 900
58	30	15	56	58,768	374 829
58	40	15	59	58,601	373 764
58	50	16	2	58,435	372 705
59	0	16	5	58,270	371 653
59	10	16	7	58,106	370 606
59	20	16	10	57,942	369 565
59	30	16	13	57,780	368 530
59	40	16	15	57,619	367 501
59	50	16	18	57,458	366 477
60	0	16	21	57,299	365 459
60	10	16	24	57,140	364 447
60	20	16	26	56,982	363 440
60	30	16	29	56,825	362 439
60	40	16	32	56,669	361 443
60	50	16	35	56,514	360 453
61	0	16	37	56,359	359 469
61	10	16	40	56,206	358 489
61	20	16	43	56,053	357 515
61	30	16	45	55,901	356 546
61	40	16	48	55,750	355 583
61	50	16	51	55,600	354 624

Se denomina paralaje ecuatorial horizontal $\pi_{(}$ de la Luna al ángulo bajo el cual se ve desde la Luna el radio ecuatorial terrestre, definición que da lugar a la segunda de las fórmulas. El semidiámetro lunar $s_{(}$ se relaciona con la paralaje horizontal simplemente como el cociente de diámetros de los dos astros, que es lo que expresa la primera de las fórmulas anteriores.

Fases de la Luna

La apariencia de la parte iluminada de la Luna vista desde la Tierra va variando a medida que las posiciones relativas de Tierra, Sol y Luna van cambiando, siendo el movimiento más rápido la traslación de ésta alrededor de la Tierra. El cambio de apariencia da lugar a las denominadas fases lunares o fases de la Luna.

El periodo de rotación sinódica de la Luna, o sea el tiempo que transcurre entre dos lunas nuevas consecutivas, se denomina *lunación*. Por convenio, la lunación se inicia en el instante de la *luna nueva* o *novilunio*, es decir cuando las longitudes geocéntricas de la Luna y el Sol coinciden. El instante en que tales longitudes difieren en 180° se denomina *luna llena* o *plenilunio* y cuando difieren en 90° o 270° se habla, respectivamente, de *cuarto creciente* y *cuarto menguante*. Los instantes en que se inician las fases de la Luna antes descritas a lo largo de este año vienen indicadas en la tabla siguiente.

Fases de la Luna en 2019

Luna nueva		Cuarto crec.		Luna llena		Cuarto meng.	
mes	*día h m*	*mes*	*día h m*	*mes*	*día h m*	*mes*	*día h m*
Ene	06 01 28	Ene	14 06 46	Ene	21 05 16	Ene	27 21 10
Feb	04 21 04	Feb	12 22 26	Feb	19 15 54	Feb	26 11 28
Mar	06 16 04	Mar	14 10 27	Mar	21 01 43	Mar	28 04 10
Abr	05 08 50	Abr	12 19 06	Abr	19 11 12	Abr	26 22 18
May	04 22 46	May	12 01 12	May	18 21 11	May	26 16 34
Jun	03 10 02	Jun	10 05 59	Jun	17 08 31	Jun	25 09 46
Jul	02 19 16	Jul	09 10 55	Jul	16 21 38	Jul	25 01 18
Ago	01 03 12	Ago	07 17 31	Ago	15 12 29	Ago	23 14 56
Ago	30 10 37	Set	06 03 10	Set	14 04 33	Set	22 02 41
Set	28 18 26	Oct	05 16 47	Oct	13 21 08	Oct	21 12 39
Oct	28 03 38	Nov	04 10 23	Nov	12 13 34	Nov	19 21 11
Nov	26 15 06	Dic	04 06 58	Dic	12 05 12	Dic	19 04 57
Dic	26 05 13						

La *edad* de la luna es el tiempo transcurrido desde la última luna nueva, expresado en días. La primera aparición de la Luna después del novilunio, o primera visión del *creciente lunar*, ha servido y sirve aún como inicio del mes en calendarios lunares, como el musulmán.

Perigeos y apogeos

Se dice que la Luna se encuentra en el *perigeo* cuando su distancia a la Tierra en una órbita dada es mínima. Cuando es máxima se habla de *apogeo*. En la siguiente tabla figuran los instantes aproximados de paso de la Luna por el perigeo y por el apogeo a lo largo del presente año.

Luna en el perigeo

fecha y hora			distancia
mes	*día*	*h*	km
Ene	21	20	357 337
Feb	19	9	356 763
Mar	19	20	359 387
Abr	16	22	364 224
May	13	22	369 041
Jun	7	23	368 535
Jul	5	5	363 745
Ago	2	7	359 408
Ago	30	16	357 178
Set	28	2	357 796
Oct	26	11	361 296
Nov	23	8	366 690
Dic	18	20	370 228

Luna en el apogeo

fecha y hora			distancia
mes	*dia*	*h*	km
Ene	9	5	406 141
Feb	5	10	406 559
Mar	4	12	406 375
Abr	1	0	405 548
Abr	28	18	404 545
May	26	13	404 098
Jun	23	8	404 512
Jul	20	24	405 453
Ago	17	11	406 231
Set	13	13	406 383
Oct	10	18	405 922
Nov	7	9	405 092
Dic	5	4	404 486

PLANETAS

En este apartado se encuentran efemérides y parámetros relativos a los planetas del sistema solar.

Sistema planetario
Elementos orbitales de los planetas
Datos físicos de los planetas
Descubrimiento de los planetas
Efemérides de los planetas
Ortos y ocasos de los planetas
Fórmulas y figuras

Sistema planetario

Número de planetas conocidos:	8
Masa total de los planetas:	$2{,}669\ 10^{27}$ kg
	$= 447\ \mathcal{M}_\oplus = \mathcal{M}_\odot/745$
Número de satélites conocidos:	173
Masa total de los satélites:	$6{,}2\ 10^{23}$ kg $= 0{,}10\ \mathcal{M}_\oplus$

Coordenadas del polo norte del plano invariable del sistema solar:

$$\alpha = 18^{\mathrm{h}}15^{\mathrm{m}}24^{\mathrm{s}},\ \ \delta = 66^\circ 59'\ \text{(época J2000.0)}$$

Unidades prácticas

Valores numéricos de algunas de las unidades utilizadas en la tabla anterior y las que siguen:

La masa de la Tierra es:	$1\ \mathcal{M}_\oplus = 5{,}9724\ 10^{24}$ kg
y la masa del Sol es:	$1\ \mathcal{M}_\odot = 1{,}988547\ 10^{30}$ kg $= 332\,946\ \mathcal{M}_\oplus$
Const. gravitatoria geocén.:	$G\mathcal{M}_\oplus = 398\,600{,}4418$ km^3 s^{-2}
El radio de la Tierra es:	$1\ \mathcal{R}_\oplus = 6\,378{,}1366$ km (ecuatorial)
La distancia Tierra-Sol es:	1 ua = 149 597 871 km = 8,317 minutos luz
La velocidad de la luz es:	$c = 299\,792{,}458$ km/s = 173,145 ua/día
de donde se deduce que:	1 ua/día = 1731,457 km/s = 6 233 245 km/h

La constante gravitatoria de Newton expresada en diversas unidades es:

$$\begin{aligned} G &= k^2 = 2{,}959\,122\,083\ 10^{-4}\ (\text{ua})^3\ (\mathcal{M}_\odot)^{-1}\ (\text{día})^{-2} \\ &= 4\,\pi^2\ (\text{ua})^3\ (\mathcal{M}_\odot)^{-1}\ (\text{años})^{-2} \\ &= 887\ \text{ua}\ (\mathcal{M}_\odot)^{-1}\ (\text{km/s})^2 \\ &= 4{,}302\ 10^{-3}\ \text{pc}\ (\mathcal{M}_\odot)^{-1}\ (\text{km/s})^2 \\ &= 6{,}674\ 10^{-11}\ \text{m}^3\ \text{kg}^{-1}\ \text{s}^{-2} \\ &= 6{,}674\ 10^{-8}\ \text{cm}^3\ \text{g}^{-1}\ \text{s}^{-2} \end{aligned}$$

Elementos orbitales

En las páginas siguientes figuran los elementos orbitales de los planetas referidos al equinoccio y eclíptica medios J2000.0. Algunos valores, como el del semieje mayor y de la excentricidad de la órbita sufren variaciones debido a las perturbaciones planetarias, siendo especialmente importantes para los planetas exteriores a Júpiter. Cuando alguna magnitud se expresa en *años* se refiere a años julianos. Para tenerla en días basta multiplicar por 365,25. Un *día* corresponde a exactamente 86 400 segundos.

Los elementos que caracterizan una órbita son:

T = instante de paso por el perihelio,
a = semieje mayor de la órbita,
e = excentricidad,
ω = argumento del perihelio,
Ω = longitud del nodo ascendente
i = inclinación de la órbita respecto de la eclíptica.

Las distancias al Sol mínima (distancia perihélica, q) y máxima (distancia afélica, Q) vienen dadas por:

$$q = a(1-e) \;\; y \;\; Q = a(1+e)$$

El periodo de revolución, expresado en años, se calcula mediante: $\mathrm{P} = a^{3/2}$. El movimiento medio, expresado en grados por día, se obtiene mediante: $n = 0{,}98561/P$. Las velocidades orbitales mínima (en el afelio, V_m), máxima (en el perihelio, V_M) y media (V_{media}) de una órbita elíptica vienen dadas, expresadas en km/s, por:

$$V_m = V_{media}\sqrt{\frac{1-e}{1+e}}$$

$$V_M = V_{media}\sqrt{\frac{1+e}{1-e}}$$

$$V_{media} = \frac{29,7847}{\sqrt{a}}$$

El periodo sinódico (P_{sin}) de un planeta se puede calcular a partir de su periodo orbital P y del de la Tierra P_{Tierra}:

$$P_{sin} = \left(\frac{1}{P_{Tierra}} - \frac{1}{P}\right)^{-1}$$

Elementos orbitales (J2000.0)

Planeta	inclinación i	longitud del nodo, Ω	longitud del perihelio, ϖ	longitud media, L
Mercurio	7°,005	48°,332	77°,456	252°,251
Venus	3°,395	76°,681	131°,533	181°,980
Tierra	0°,000	0°,000	102°,947	100°,464
Marte	1°,851	49°,579	336°,041	355°,453
Júpiter	1°,305	100°,556	14°,754	34°,404
Saturno	2°,484	113°,715	92°,432	49°,944
Urano	0°,770	74°,230	170°,964	313°,232
Neptuno	1°,769	131°,722	44°,971	304°,880

argumento del perihelio: $\omega = \varpi - \Omega$.

Distancias orbitales (J2000.0)

	semieje mayor, a		excentri–	distancias (ua)	
Planeta	ua	10^6 km	cidad, e	q,mínima	Q,máxima
Mercurio	0,387099	57,91	0,20563	0,3075	0,4667
Venus	0,723332	108,21	0,00677	0,7184	0,7282
Tierra	1,000000	149,60	0,01671	0,9833	1,0167
Marte	1,523662	227,92	0,09341	1,3814	1,6660
Júpiter	5,203363	778,57	0,04839	4,9503	5,4549
Saturno	9,537070	1433,53	0,05415	9,0418	10,1235
Urano	19,191264	2872,46	0,04727	18,3257	20,0775
Neptuno	30,068963	4495,06	0,00859	29,7112	30,3852

Traslación (J2000.0)

Planeta	periodo orbital P (años)	movimiento medio diario n	velocidad orbital media V (km/s)	periodo sinódico medio (días)
Mercurio	0,240844	4°,092377	47,873	115,878
Venus	0,615183	1°,602169	35,021	583,921
Tierra	0,999979	0°,985647	29,786	
Marte	1,880711	0°,524071	24,131	779,936
Júpiter	11,856525	0°,083129	13,070	398,884
Saturno	29,423519	0°,033498	9,672	378,092
Urano	83,747407	0°,011769	6,835	369,656
Neptuno	163,723204	0°,006020	5,478	367,487

El periodo sinódico medio se refiere al tiempo medio entre repeticiones sucesivas de un mismo fenómeno planetario (por ejemplo, una oposición) visto desde la Tierra. La velocidad para escapar del sistema solar desde una órbita dada se obtiene multiplicando la velocidad orbital por $\sqrt{2}$.

Otros datos referidos a la órbita

	distancia a la Tierra (10^6 km)		diámetro aparente desde la Tierra		diámetro medio del Sol visto
Planeta	máxima	mínima	mínimo	máximo	desde el planeta
Mercurio	221,9	77,3	4″,5	13″,0	4958″
Venus	261,0	38,2	9″,7	66″,0	2653″
Tierra					1919″
Marte	401,3	55,7	3″,5	25″,1	1260″
Júpiter	968,1	588,5	29″,8	49″,0	369″
Saturno	1658,5	1195,5	14″,5	20″,1	201″
Urano	3157,3	2581,9	3″,3	4″,1	100″
Neptuno	4687,3	4305,9	2″,2	2″,4	64″

Rotación

Planeta	periodo sidéreo (días)	velocidad de rotación en el ecuador (km/s)	día solar medio (días)	inclinación del ecuador a la órbita
Mercurio	$58^{d}\ 15^{h}30\overset{m}{,}5$	0,0030	175,942	$0\overset{\circ}{,}01$
Venus	$243\overset{d}{,}02$ Retr.	0,0018	R 116,750	$177\overset{\circ}{,}36$
Tierra	$23^{h}56^{m}04\overset{s}{,}099$	0,4651	1,000	$23\overset{\circ}{,}45$
Marte	$24^{h}37^{m}22\overset{s}{,}663$	0,2408	1,027	$25\overset{\circ}{,}19$
Júpiter	$09^{h}55^{m}29\overset{s}{,}7$	12,5720	0,414	$3\overset{\circ}{,}13$
Saturno	$10^{h}39^{m}22\overset{s}{,}4$	10,0179	0,444	$26\overset{\circ}{,}73$
Urano	$17^{h}14\overset{m}{,}4$ Retr.	2,5875	R 0,718	$97\overset{\circ}{,}77$
Neptuno	$16^{h}06\overset{m}{,}6$	2,6829	0,671	$28\overset{\circ}{,}32$

Parámetros de las coordenadas planetográficas

	eje de rotación (J2000)		meridiano de referencia
Planeta	α_0	δ_0	w
Mercurio	281,01−0.003 T	61,45−0,005 T	329,548+6,1385025 d
Venus	272,76	67,16	160,20−1,4813688 d
Tierra	0,00−0,641 T	90,00−0,557 T	190,147+360,9856235 d
Marte	317,681−0,106 T	52,886−0,061 T	176,630+350,89198226 d
Júpiter	268,05−0,009 T	64,49−0,003 T	284,95+870,5366420 d
Saturno	40,589−0,036 T	83,537−0,004 T	38,90+810,7939024 d
Urano	257,311	−15,175	203,81−501,1600928 d
Neptuno	299,36+0,70 senN	43,46−0,51 cosN	253,18+w_1−0,48 senN

Siendo $d = DJ - 2451545$ y $T = d/36525$. DJ es el día juliano.
En el caso de Neptuno: $w_1 = 536,3128492\,d$ y $N = 357,85 + 52,316\,T$.

Datos fotométricos

Planeta	albedo geométrico	albedo de Bond	magnitud visual, V(1,0)	magnitud visual, V, en oposic.	índice de color B–V	constante solar (Tierra=1)
Mercurio	0,106	0,12	−0,42		0,93	6,673
Venus	0,65	0,75	−4,40		0,82	1,911
Tierra	0,367	0,31	−3,86			1,000
Marte	0,150	0,25	−1,52	−2,0	1,36	0,431
Júpiter	0,52	0,34	−9,40	−2,7	0,83	0,037
Saturno	0,47	0,34	−8,88	+0,7	1,04	0,011
Urano	0,51	0,30	−7,19	+5,5	0,56	0,003
Neptuno	0,41	0,29	−6,87	+7,8	0,41	0,001

La constante solar de la Tierra es: 1361 W m^{-2} = 1,95 cal min^{-1} cm^{-2}. Corresponde a la cantidad de energía que se recibe del Sol por unidad de tiempo y de superficie, en el exterior de la atmósfera.

Datos físicos

Tamaño

Planeta	radio ecuat. en $\mathcal{R}_\oplus$	diámetro ecuator. en km	diámetro polar en km	achata–miento, f	tamaño angular a 1 ua	volumen Tierra=1 ($\approx 10^{12}$km^3)
Mercurio	0,383	4 879,4	= ecuat.	$\sim$0	6,″73	0,0562
Venus	0,949	12 103,6	= ecuat.	$\sim$0	16,″69	0,8571
Tierra	1,000	12 756,3	12 713,5	0,003 3528	17,″59	1,0000
Marte	0,532	6 792,4	6 752,4	0,005 8860	9,″37	0,1506
Júpiter	11,209	142 984	133 708	0,064 8744	197,″15	1321
Saturno	9,449	120 536	108 728	0,097 9624	166,″19	764
Urano	4,007	51 118	49 946	0,022 9273	70,″48	63
Neptuno	3,883	49 528	48 682	0,0171	68,″29	58

El achatamiento se define como: $f = 1 - \mathrm{D}_{polar}/\mathrm{D}_{ecuat}$.

Masa

Planeta	masa, $\mathrm{M_P}$ ($\mathcal{M}_\oplus$)	densidad media (g cm^{-3})	gravedad superf. ecu. (m s^{-2})	constante gravit.,$\mathrm{GM_P}$ (10^{15}m^3 s^{-2})
Mercurio	0,0553	5,43	3,70	0,022 032
Venus	0,8150	5,24	8,87	0,324 858
Tierra	1,0000	5,52	9,80	0,398 600
Marte	0,1074	3,93	3,71	0,042 828
Júpiter	317,89	1,33	24,79	126,713
Saturno	95,18	0,69	10,45	37,941
Urano	14,54	1,27	8,87	5,794 550
Neptuno	17,15	1,64	11,15	6,837

Parámetros dinámicos

Planeta	momento de inercia ($\mathrm{I}/M_pR_p^2$)	J_2 (10^{-6})	velocidad de escape ecuatorial (km s^{-1})	aceleración centrífuga ecuatorial (m s^{-2})
Mercurio	0,33	60	4,25	9,50 10^{-8}
Venus	0,33	4,458	10,36	1,37 10^{-8}
Tierra	0,3308	1082,63	11,186	8,59 10^{-4}
Marte	0,366	1960,45	5,02	4,32 10^{-4}
Júpiter	0,254	14,736	59,5	560,00 10^{-4}
Saturno	0,210	16,298	35,5	409,54 10^{-4}
Urano	0,225	3343,43	21,3	66,35 10^{-4}
Neptuno		3411	23,5	73,62 10^{-4}

J_2 es el achatamiento dinámico del planeta, R_p y M_p son el radio ecuatorial y la masa del planeta respectivamente.

Atmósfera

Planeta	temperatura superficial (°C)	temperatura nubes (°C)	temperatura equil. (°K)	temperatura efectiva (°K)	presión (atm)	gases más abundantes (> 1%)
Mercurio	–170 a 350		634	442,5	$\sim 10^{-15}$	O_2,Na,H_2,He
Venus	460	–33	464	231,7	92	CO_2,N_2
Tierra	15		394	254,3	1	N_2,O_2,(H_2O)
Marte	–55		319	210,1	0,007	CO_2,N_2,Ar
Júpiter		–144	173	110,0		H_2,He
Saturno		–176	128	81,1		H_2,He
Urano		–214	90	58,2		H_2,He,CH_4
Neptuno		–214	72	46,6		H_2,He,CH_4

Temperatura de equilibrio es la máxima que puede alcanzar un cuerpo negro situado donde el planeta y debida exclusivamente a la radiación solar.
Temperatura efectiva es la que describe la emisión del planeta si radiara según la ley de Stefan-Boltzmann de un cuerpo negro.

Magnetosfera

Planeta	campo de fuerza del dipolo (gauss, 10^{-4} tesla)	inclinación del eje del dipolo	momento dipolar (Tierra=1)	Magnetopausa en dirección al Sol (R_p)
Mercurio	0,0033	14°	0,0007	1,5
Venus	< 0,00003		< 0,0004	
Tierra	0,305	10°8	1	10
Marte	< 0,0003		< 0,0002	
Júpiter	4,28	–9°6	20 000	80
Saturno	0,22	< 1°	600	20
Urano	0,23	–58°6	50	20
Neptuno	0,14	–47°	25	25

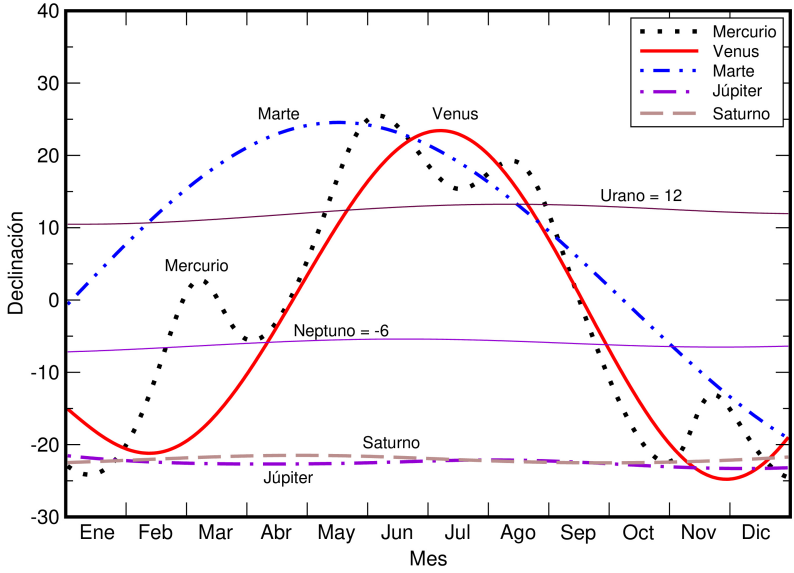
R_p el radio ecuatorial del planeta. Equivalencia: 1 G (gauss) = 10^{-4} T (tesla).
El momento dipolar magnético de la Tierra es: 7,91 10^{15} T m^3.

Descubrimiento de planetas

Urano: 13 de marzo de 1781, por Friedrich Wilhelm [(Sir) William] Herschel (1738–1822). Primer planeta descubierto en tiempos históricos y el primero descubierto con un telescopio (de 6,2 pulgadas de apertura y 227 aumentos).

Neptuno: 23 de setiembre de 1846, por Johann Gottlieb Galle (1812–1910), acompañado por su asistente Heinrich L. d'Arrest, con un refractor de 9 pulgadas de apertura. Descubrimiento basado en una predicción analítica (18 de setiembre) de Urbain Jean Joseph Le Verrier (1811–1877). Una predicción anterior (setiembre de 1845) de John Couch Adams (1819–1892) pasó desapercibida. El día 10 de octubre William Lassell descubrió el satélite Tritón con un telescopio de 24 pulgadas de apertura.

2019



Efemérides para observaciones físicas

En las páginas siguientes figuran las efemérides de los planetas distribuidas en dos tablas y una figura. En ésta se representan los periodos de visibilidad nocturna de cada planeta a lo largo del año, que corresponden al tiempo entre su orto y su ocaso.

En la primera tabla se dan los instantes de orto, culminación y ocaso en Madrid (en TU), y además las coordenadas ecuatoriales y la distancia geocéntrica en el instante de la observación, a 0^h de TU para cada diez días.

En la segunda de las tablas se da, para cada veinte días, una serie de parámetros útiles en diversos tipos de observaciones en que se requieran valores relativos al brillo, la iluminación, la orientación y la rotación. Debe sobreentenderse que todos estos parámetros se refieren a un observador situado en la Tierra. Varios de los parámetros se dan para cada uno de los planetas, mientras que otros sólo se indican en aquellos casos en que resultan relevantes.

τ es la distancia planeta–Tierra en tiempo luz, expresada en minutos. Se relaciona con la distancia expresada en unidades astronómicas mediante: *distancia* (en ua) $= 0{,}12024$ *distancia* (en minutos-luz).

D_{ecu} es el diámetro ecuatorial, expresado en segundos de arco. Para un achatamiento f, el diámetro polar se calcula mediante:

$$D_{pol} = (1 - f)\mathrm{D}_{ecu}$$

BRILLO:

V es la magnitud visual total. Depende de las distancias a la Tierra y al Sol y de la fase. En el caso de Saturno depende además de la orientación de los anillos.

BS es el brillo superficial medio de la superficie que se ve iluminada, en unidades de magnitud visual por segundo de arco al cuadrado. Se da sólo para aquellos planetas cuyo tamaño angular (D_{ecu}) supera los $4''$.

ILUMINACIÓN:

ángulo de fase es el ángulo entre las direcciones planeta–Tierra y planeta–Sol, expresado en grados. Para los planetas más alejados es muy pequeño.

fase es la fracción de disco iluminada vista desde la Tierra. Sólo se da para Mercurio, Venus y Marte, pues para el resto de los planetas la fase es siempre $\gtrsim$0,99.

defecto de iluminación es la máxima anchura de la porción de disco no iluminada, medida en la dirección del ángulo de iluminación. Sólo se da para Mercurio, Venus y Marte, por idéntica razón.

ORIENTACIÓN:

L_P es la longitud planetográfica del meridiano central del planeta, siendo éste aquél cuyo plano contiene la Tierra. No se da en aquellos casos en que no hay ni emisión radio ni detalles destacados en la superficie visible.

B_P es la latitud (o declinación) planetográfica de la Tierra, referida al ecuador del planeta y expresada en grados. Cuando es positiva, el polo norte del planeta es visible desde la Tierra.

P_{PN} es el ángulo de posición del eje del planeta, expresado en grados. Se define como el ángulo entre la dirección Norte y el eje del planeta (proyectado en el cielo), medido positivamente hacia el Este.

MERCURIO 2019

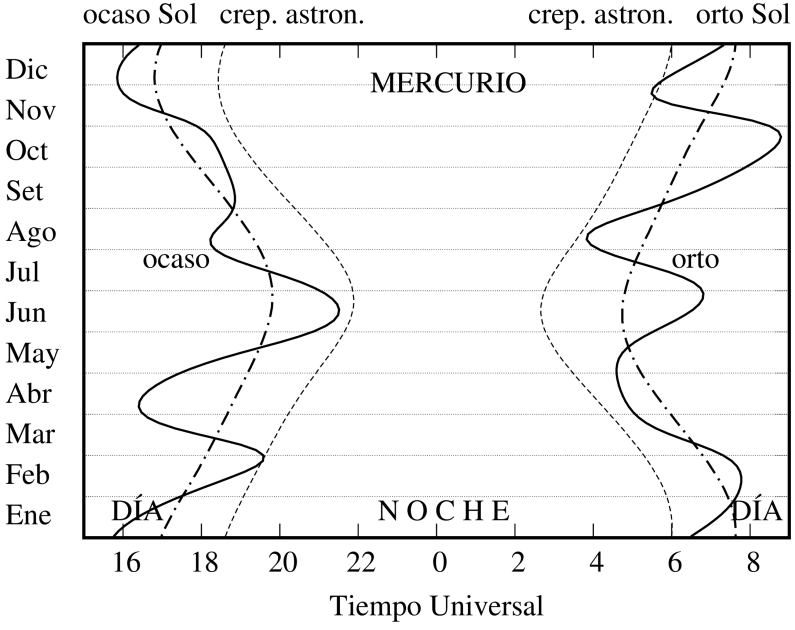
		en Madrid (TU)			a 0^h de TU		
Mes	día	Orto	Culm.	Ocaso	Asc. recta	Declinación	Distancia
		h m	*h m*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	ua
Ene.	1	6 29	11 8	15 46	17 33 15	−23 10 9	1,2961
	11	7 0	11 34	16 9	18 38 58	−24 8 48	1,3857
	21	7 24	12 4	16 44	19 47 50	−22 57 18	1,4220
	31	7 40	12 35	17 30	20 57 57	−19 21 6	1,4027
Feb.	10	7 47	13 5	18 24	22 7 33	−13 16 48	1,3117
	20	7 43	13 29	19 16	23 11 27	− 5 21 30	1,1202
Mar.	2	7 19	13 27	19 35	23 51 10	+ 1 26 42	0,8484
	12	6 29	12 37	18 44	23 42 57	+ 2 6 48	0,6449
	22	5 36	11 28	17 20	23 13 13	− 2 35 54	0,6196
Abr.	1	5 5	10 49	16 32	23 11 9	− 5 29 39	0,7178
	11	4 49	10 37	16 25	23 38 6	− 4 30 13	0,8576
	21	4 40	10 42	16 45	0 21 57	− 0 33 43	1,0055
May.	1	4 36	10 58	17 23	1 17 17	+ 5 28 20	1,1494
	11	4 38	11 27	18 18	2 24 38	+12 50 26	1,2714
	21	4 53	12 11	19 31	3 46 56	+20 10 1	1,3226
	31	5 25	13 3	20 42	5 18 15	+24 47 28	1,2450
Jun.	10	6 5	13 44	21 23	6 39 59	+25 11 59	1,0761
	20	6 38	14 4	21 30	7 40 43	+22 39 32	0,8927
	30	6 48	13 59	21 9	8 16 35	+19 2 22	0,7316
Jul.	10	6 26	13 25	20 23	8 23 24	+16 6 22	0,6146
	20	5 28	12 24	19 20	8 2 29	+15 27 34	0,5778
	30	4 21	11 25	18 28	7 41 15	+17 10 24	0,6626
Ago.	9	3 50	11 2	18 14	7 55 43	+19 4 39	0,8677
	19	4 11	11 20	18 29	8 51 58	+18 18 22	1,1260
	29	5 7	11 57	18 46	10 8 23	+13 19 17	1,3149
Set.	8	6 7	12 30	18 51	11 20 45	+ 5 51 17	1,3840
	18	6 57	12 53	18 48	12 24 1	− 1 58 33	1,3707
	28	7 40	13 11	18 41	13 21 2	− 9 12 39	1,3051
Oct.	8	8 16	13 24	18 32	14 13 58	−15 23 6	1,1972
	18	8 41	13 32	18 22	15 1 42	−20 2 38	1,0474
	28	8 43	13 24	18 5	15 34 59	−22 22 12	0,8609
Nov.	7	7 45	12 34	17 24	15 27 16	−20 21 4	0,6950
	17	6 0	11 13	16 26	14 44 7	−14 9 54	0,7325
	27	5 29	10 44	15 57	14 51 30	−13 52 33	0,9695
Dic.	7	5 53	10 52	15 51	15 38 40	−17 51 33	1,1898
	17	6 30	11 14	15 57	16 38 58	−21 46 53	1,3356
	27	7 6	11 40	16 14	17 44 56	−24 11 12	1,4156

Salida, culminación y ocaso del planeta vienen dados en Tiempo Universal (TU) y se refieren a Madrid. Las coordenadas ecuatoriales vienen dadas para las 0^h de TU. La distancia a la Tierra viene dada en unidades astronómicas:

1 ua = 149 597 870 700 m

MERCURIO 2019

Fecha	τ *min*	D_{ecu} ″	V	BS	a.fase °	fase	def.ilu. ″	L_P °	B_P °	P_{PN} °
Ene 1	10,78	5,19	–0,4	2,8	38,2	0,893	0,56	14,2	– 4,2	8,4
Ene 21	11,83	4,73	–0,8	2,3	13,5	0,986	0,07	106,0	– 4,6	352,5
Feb 10	10,91	5,13	–1,2	2,0	23,2	0,959	0,21	194,1	– 5,3	338,2
Mar 2	7,06	7,93	0,2	3,3	107,8	0,347	5,18	287,2	– 7,6	332,0
Mar 22	5,15	10,86	2,8	4,9	147,4	0,079	10,00	60,4	– 8,3	333,6
Abr 11	7,13	7,84	0,5	3,8	93,6	0,468	4,17	178,4	– 3,8	332,7
May 1	9,56	5,85	–0,3	3,0	59,8	0,752	1,45	274,6	– 0,9	331,8
May 21	11,00	5,09	–2,2	1,1	2,3	1,000	0,00	358,3	1,0	340,5
Jun 10	8,95	6,25	–0,3	3,0	70,6	0,666	2,09	81,0	3,3	359,5
Jun 30	6,08	9,20	1,1	4,3	115,3	0,286	6,56	180,9	7,4	10,9
Jul 20	4,81	11,64	3,0	3,3	167,4	0,012	11,50	306,4	11,5	9,4
Ago 9	7,22	7,75	0,3	3,4	105,4	0,367	4,91	71,3	8,2	8,5
Ago 29	10,94	5,12	–1,5	1,7	19,6	0,971	0,15	161,7	5,2	21,9
Set 18	11,40	4,91	–0,6	2,5	27,5	0,944	0,28	247,4	4,1	28,5
Oct 8	9,96	5,62	–0,1	3,2	54,2	0,793	1,17	339,9	3,3	26,2
Oct 28	7,16	7,81	0,3	3,5	98,3	0,428	4,47	82,3	2,0	20,6
Nov 17	6,09	9,18	1,9	4,1	140,3	0,116	8,12	219,4	– 0,9	24,4
Dic 7	9,90	5,65	–0,5	2,8	50,3	0,819	1,02	328,6	– 2,5	20,3
Dic 27	11,77	4,75	–0,7	2,4	17,9	0,976	0,12	61,3	– 3,5	7,0



VENUS 2019

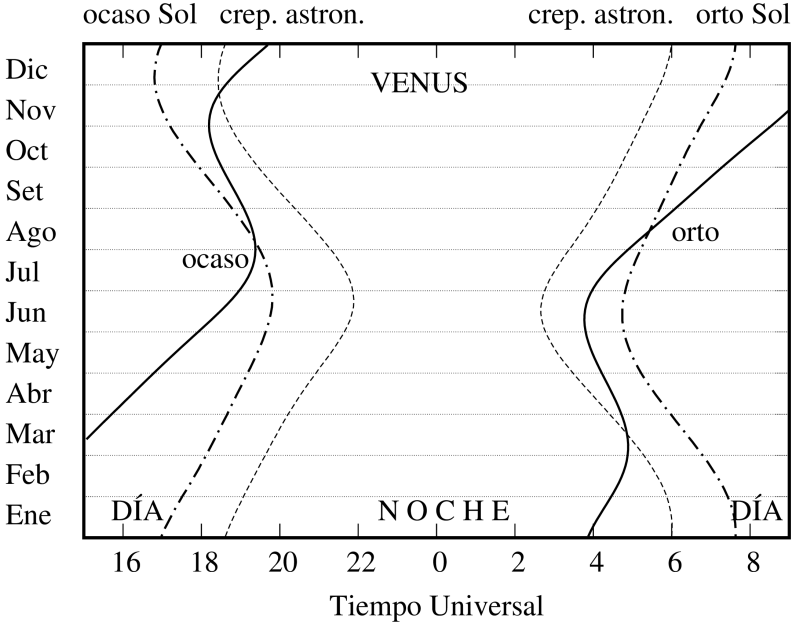
		en Madrid (TU)			a 0^h de TU		
Mes	día	Orto	Culm.	Ocaso	Asc. recta	Declinación	Distancia
		h m	*h m*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	ua
Ene.	1	3 52	9 1	14 10	15 27 59	−15 18 39	0,6347
	11	4 3	9 3	14 4	16 9 16	−17 33 42	0,7107
	21	4 15	9 9	14 2	16 53 47	−19 27 12	0,7864
	31	4 28	9 16	14 4	17 40 54	−20 43 47	0,8614
Feb.	10	4 39	9 26	14 12	18 29 49	−21 11 47	0,9350
	20	4 48	9 36	14 25	19 19 38	−20 44 11	1,0069
Mar.	2	4 53	9 47	14 41	20 9 30	−19 19 3	1,0771
	12	4 53	9 56	15 0	20 58 39	−16 59 7	1,1450
	22	4 50	10 5	15 21	21 46 38	−13 51 6	1,2107
Abr.	1	4 43	10 12	15 42	22 33 21	−10 4 0	1,2738
	11	4 35	10 18	16 3	23 18 58	− 5 48 14	1,3341
	21	4 25	10 24	16 24	0 3 53	− 1 14 50	1,3914
May.	1	4 14	10 29	16 45	0 48 37	+ 3 25 13	1,4454
	11	4 4	10 35	17 7	1 33 46	+ 8 0 45	1,4957
	21	3 55	10 42	17 29	2 19 53	+12 20 14	1,5420
	31	3 49	10 50	17 52	3 7 29	+16 12 6	1,5840
Jun.	10	3 46	11 0	18 14	3 56 52	+19 24 36	1,6212
	20	3 48	11 12	18 36	4 48 2	+21 46 24	1,6534
	30	3 56	11 25	18 54	5 40 38	+23 8 4	1,6803
Jul.	10	4 9	11 39	19 9	6 33 59	+23 23 11	1,7016
	20	4 26	11 53	19 19	7 27 11	+22 29 41	1,7172
	30	4 48	12 5	19 23	8 19 24	+20 30 22	1,7271
Ago.	9	5 11	12 17	19 21	9 10 4	+17 32 11	1,7311
	19	5 35	12 26	19 16	9 58 57	+13 45 5	1,7296
	29	5 59	12 34	19 8	10 46 11	+ 9 20 28	1,7226
Set.	8	6 22	12 40	18 57	11 32 13	+ 4 30 22	1,7102
	18	6 45	12 46	18 46	12 17 36	− 0 33 0	1,6929
	28	7 9	12 52	18 35	13 3 2	− 5 37 36	1,6710
Oct.	8	7 33	12 59	18 25	13 49 15	−10 31 5	1,6446
	18	7 57	13 7	18 17	14 36 49	−15 0 34	1,6142
	28	8 22	13 17	18 12	15 26 15	−18 53 3	1,5800
Nov.	7	8 46	13 30	18 12	16 17 43	−21 55 32	1,5422
	17	9 9	13 44	18 18	17 10 58	−23 56 8	1,5011
	27	9 27	13 59	18 30	18 5 21	−24 46 8	1,4568
Dic.	7	9 40	14 14	18 47	18 59 49	−24 21 26	1,4094
	17	9 47	14 27	19 8	19 53 15	−22 43 37	1,3590
	27	9 48	14 39	19 32	20 44 49	−19 59 33	1,3057

Salida, culminación y ocaso del planeta vienen dados en Tiempo Universal (TU) y se refieren a Madrid. Las coordenadas ecuatoriales vienen dadas para las 0^h de TU. La distancia a la Tierra viene dada en unidades astronómicas:

1 ua = 149 597 870 700 m

VENUS 2019

Fecha	τ *min*	D_{ecu} ″	V	BS	a.fase °	fase	def.ilu. ″	L_P °	B_P °	P_{PN} °
Ene 1	5,28	26,30	–4,4	1,7	93,0	0,474	13,84	90,4	– 2,3	14,7
Ene 21	6,54	21,22	–4,2	1,6	81,5	0,574	9,03	140,9	– 2,2	7,4
Feb 10	7,78	17,85	–4,1	1,5	71,8	0,656	6,14	193,1	– 1,6	358,2
Mar 2	8,96	15,49	–4,0	1,4	63,2	0,725	4,26	246,2	– 0,8	348,9
Mar 22	10,07	13,78	–3,9	1,3	55,3	0,785	2,97	299,7	– 0,1	341,7
Abr 11	11,10	12,51	–3,8	1,2	47,8	0,836	2,05	353,4	0,4	337,8
May 1	12,02	11,55	–3,8	1,1	40,3	0,881	1,37	47,2	0,5	337,5
May 21	12,82	10,82	–3,8	1,0	32,9	0,920	0,87	101,1	0,3	340,8
Jun 10	13,48	10,29	–3,8	1,0	25,3	0,952	0,49	155,1	– 0,1	347,6
Jun 30	13,97	9,93	–3,8	0,9	17,6	0,977	0,23	209,1	– 0,5	357,1
Jul 20	14,28	9,72	–3,8	0,9	9,9	0,993	0,07	263,3	– 0,8	7,3
Ago 9	14,40	9,64	–3,8	0,9	2,6	0,999	0,01	317,6	– 0,9	15,9
Ago 29	14,33	9,69	–3,8	0,9	6,0	0,997	0,03	11,9	– 0,6	21,2
Set 18	14,08	9,86	–3,8	0,9	13,4	0,986	0,13	66,3	– 0,1	22,8
Oct 8	13,68	10,15	–3,8	0,9	20,5	0,968	0,32	120,8	0,6	20,7
Oct 28	13,14	10,56	–3,8	1,0	27,5	0,944	0,60	175,3	1,3	14,8
Nov 17	12,48	11,12	–3,8	1,1	34,3	0,913	0,97	229,8	1,8	5,8
Dic 7	11,72	11,84	–3,8	1,1	41,1	0,877	1,46	284,2	2,0	355,3
Dic 27	10,86	12,78	–3,9	1,2	48,2	0,833	2,13	338,5	1,7	346,0



MARTE 2019

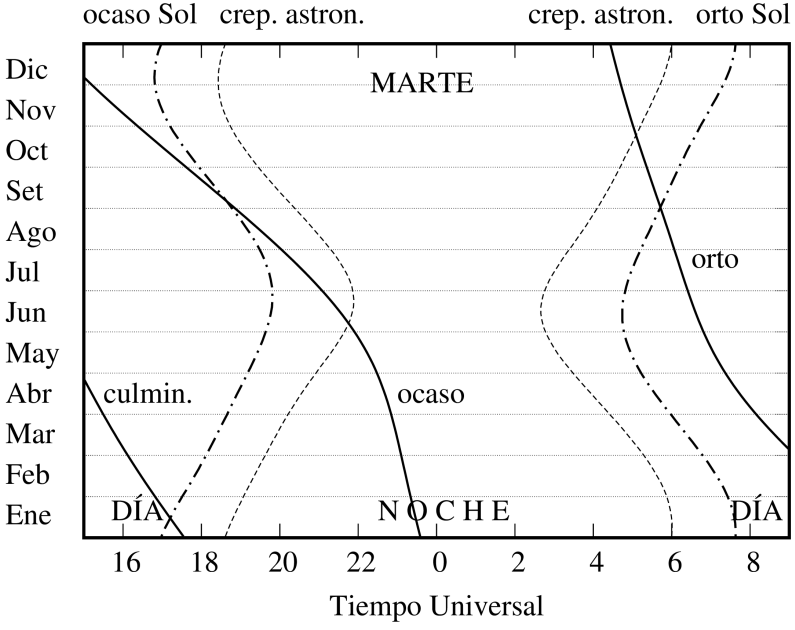
		en Madrid (TU)			a 0^h de TU		
Mes	día	Orto	Culm.	Ocaso	Asc. recta	Declinación	Distancia
		h m	*h m*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	ua
Ene.	1	11 30	17 32	23 35	0 0 14	− 0 17 58	1,2610
	11	11 6	17 17	23 30	0 24 38	+ 2 34 25	1,3459
	21	10 41	17 3	23 25	0 49 18	+ 5 24 17	1,4316
	31	10 17	16 48	23 20	1 14 15	+ 8 9 19	1,5179
Feb.	10	9 54	16 34	23 15	1 39 33	+10 47 35	1,6044
	20	9 31	16 21	23 11	2 5 15	+13 17 2	1,6902
Mar.	2	9 9	16 7	23 6	2 31 22	+15 35 37	1,7753
	12	8 48	15 54	23 1	2 57 58	+17 41 36	1,8589
	22	8 29	15 42	22 56	3 25 1	+19 33 15	1,9405
Abr.	1	8 10	15 30	22 51	3 52 30	+21 8 57	2,0198
	11	7 53	15 19	22 45	4 20 22	+22 27 26	2,0963
	21	7 38	15 7	22 38	4 48 33	+23 27 35	2,1695
May.	1	7 23	14 56	22 30	5 16 56	+24 8 36	2,2391
	11	7 11	14 46	22 20	5 45 24	+24 30 6	2,3046
	21	7 0	14 34	22 9	6 13 48	+24 31 59	2,3657
	31	6 50	14 23	21 56	6 42 2	+24 14 31	2,4222
Jun.	10	6 41	14 12	21 42	7 9 58	+23 38 21	2,4736
	20	6 33	14 0	21 26	7 37 29	+22 44 22	2,5196
	30	6 26	13 47	21 9	8 4 31	+21 33 45	2,5602
Jul.	10	6 19	13 35	20 50	8 31 2	+20 7 48	2,5949
	20	6 12	13 21	20 29	8 57 0	+18 28 0	2,6236
	30	6 6	13 7	20 8	9 22 26	+16 35 50	2,6462
Ago.	9	5 59	12 53	19 46	9 47 22	+14 32 51	2,6624
	19	5 52	12 38	19 23	10 11 51	+12 20 38	2,6721
	29	5 45	12 22	18 59	10 35 59	+10 0 40	2,6753
Set.	8	5 38	12 7	18 35	10 59 49	+ 7 34 28	2,6718
	18	5 31	11 51	18 10	11 23 26	+ 5 3 36	2,6617
	28	5 24	11 35	17 45	11 46 59	+ 2 29 30	2,6449
Oct.	8	5 17	11 19	17 21	12 10 32	− 0 6 18	2,6214
	18	5 10	11 3	16 56	12 34 11	− 2 42 14	2,5915
	28	5 4	10 48	16 32	12 58 4	− 5 16 47	2,5553
Nov.	7	4 57	10 33	16 8	13 22 16	− 7 48 17	2,5128
	17	4 51	10 18	15 45	13 46 53	−10 14 57	2,4646
	27	4 45	10 4	15 22	14 12 1	−12 35 6	2,4108
Dic.	7	4 39	9 50	15 0	14 37 43	−14 46 50	2,3517
	17	4 34	9 37	14 40	15 4 5	−16 48 11	2,2879
	27	4 28	9 25	14 21	15 31 7	−18 37 20	2,2199

Salida, culminación y ocaso del planeta vienen dados en Tiempo Universal (TU) y se refieren a Madrid. Las coordenadas ecuatoriales vienen dadas para las 0^h de TU. La distancia a la Tierra viene dada en unidades astronómicas:

1 ua = 149 597 870 700 m

MARTE 2019

Fecha	τ *min*	D_{ecu} ″	V	BS	a.fase °	fase	def.ilu. ″	L_P °	B_P °	P_{PN} °
Ene 1	10,49	7,43	0,5	4,4	41,7	0,873	0,94	10,7	– 26,5	333,2
Ene 21	11,91	6,54	0,7	4,4	39,5	0,886	0,75	173,3	– 25,3	327,2
Feb 10	13,34	5,84	1,0	4,4	36,8	0,900	0,58	336,3	– 22,6	323,1
Mar 2	14,76	5,28	1,2	4,4	33,9	0,915	0,45	140,0	– 18,6	321,3
Mar 22	16,14	4,83	1,4	4,4	30,7	0,930	0,34	304,6	– 13,6	321,8
Abr 11	17,43	4,47	1,5	4,4	27,3	0,944	0,25	109,8	– 8,1	324,5
May 1	18,62	4,18	1,6	4,4	23,8	0,958	0,18	275,5	– 2,3	329,0
May 21	19,68	3,96	1,7	4,4	20,1	0,969	0,12	81,5	3,5	335,0
Jun 10	20,57	3,79	1,8	4,4	16,4	0,980	0,08	247,5	9,1	342,1
Jun 30	21,29	3,66	1,8	4,3	12,7	0,988	0,04	53,2	14,2	349,7
Jul 20	21,82	3,57	1,8	4,3	8,8	0,994	0,02	218,5	18,7	357,7
Ago 9	22,14	3,52	1,8	4,3	4,9	0,998	0,01	23,3	22,3	5,8
Ago 29	22,25	3,50	1,7	4,2	1,1	1,000	0,00	187,5	24,7	13,8
Set 18	22,14	3,52	1,8	4,2	3,2	0,999	0,00	351,3	25,9	21,4
Oct 8	21,80	3,57	1,8	4,3	7,2	0,996	0,01	155,0	25,7	28,0
Oct 28	21,25	3,67	1,8	4,3	11,3	0,990	0,04	318,9	24,0	33,4
Nov 17	20,50	3,80	1,7	4,4	15,3	0,982	0,07	123,1	21,0	37,0
Dic 7	19,56	3,98	1,7	4,4	19,3	0,972	0,11	287,9	17,0	38,5
Dic 27	18,46	4,22	1,6	4,4	23,3	0,959	0,17	93,2	12,0	37,8



JUPITER 2019

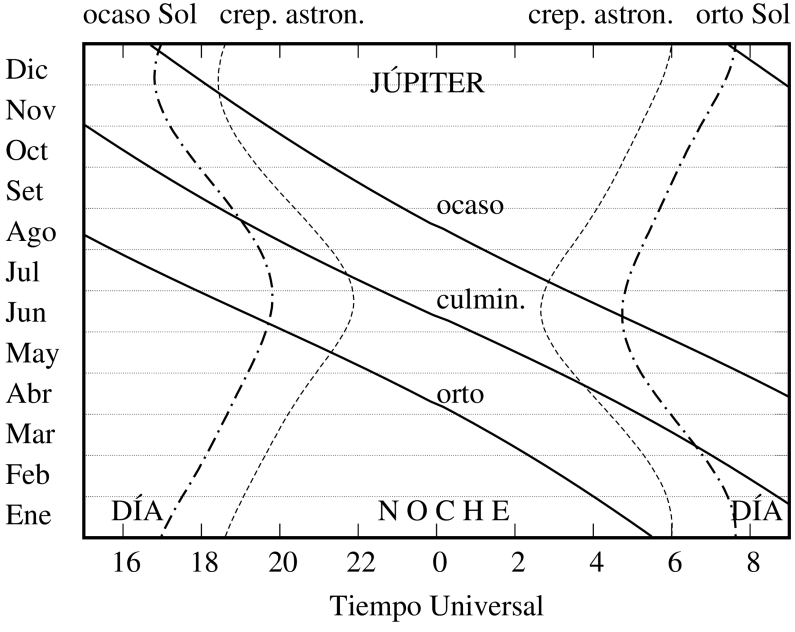
Mes	día	en Madrid (TU) Orto *h m*	Culm. *h m*	Ocaso *h m*	a 0^h de TU Asc. recta *h m s*	Declinación ° ′ ″	Distancia ua
Ene.	1	5 29	10 13	14 57	16 41 22	−21 34 19	6,1935
	11	5 0	9 43	14 26	16 50 9	−21 50 11	6,1039
	21	4 30	9 12	13 54	16 58 30	−22 3 29	5,9962
	31	3 59	8 40	13 22	17 6 19	−22 14 21	5,8724
Feb.	10	3 27	8 8	12 49	17 13 28	−22 22 56	5,7348
	20	2 55	7 35	12 15	17 19 50	−22 29 28	5,5860
Mar.	2	2 21	7 1	11 41	17 25 16	−22 34 13	5,4293
	12	1 46	6 26	11 6	17 29 39	−22 37 29	5,2680
	22	1 10	5 50	10 29	17 32 53	−22 39 32	5,1060
Abr.	1	0 33	5 13	9 52	17 34 51	−22 40 37	4,9474
	11	23 51	4 34	9 13	17 35 30	−22 40 54	4,7964
	21	23 10	3 54	8 33	17 34 47	−22 40 28	4,6576
May.	1	22 29	3 12	7 52	17 32 45	−22 39 21	4,5352
	11	21 46	2 30	7 9	17 29 30	−22 37 26	4,4335
	21	21 2	1 46	6 26	17 25 14	−22 34 40	4,3561
	31	20 18	1 2	5 42	17 20 13	−22 31 1	4,3058
Jun.	10	19 33	0 17	4 57	17 14 47	−22 26 34	4,2846
	20	18 47	23 28	4 13	17 9 19	−22 21 39	4,2930
	30	18 3	22 44	3 29	17 4 12	−22 16 42	4,3305
Jul.	10	17 19	22 0	2 46	16 59 46	−22 12 18	4,3953
	20	16 36	21 17	2 3	16 56 19	−22 9 2	4,4845
	30	15 54	20 36	1 22	16 54 1	−22 7 22	4,5946
Ago.	9	15 14	19 56	0 41	16 52 59	−22 7 40	4,7217
	19	14 35	19 17	0 2	16 53 18	−22 10 3	4,8613
	29	13 58	18 39	23 20	16 54 54	−22 14 25	5,0093
Set.	8	13 22	18 3	22 44	16 57 47	−22 20 32	5,1615
	18	12 47	17 28	22 8	17 1 50	−22 28 1	5,3140
	28	12 14	16 53	21 33	17 6 58	−22 36 23	5,4633
Oct.	8	11 41	16 20	20 59	17 13 5	−22 45 8	5,6058
	18	11 9	15 48	20 26	17 20 4	−22 53 44	5,7386
	28	10 38	15 16	19 54	17 27 48	−23 1 40	5,8590
Nov.	7	10 8	14 45	19 23	17 36 11	−23 8 28	5,9647
	17	9 38	14 15	18 52	17 45 6	−23 13 43	6,0535
	27	9 8	13 45	18 22	17 54 27	−23 17 3	6,1239
Dic.	7	8 38	13 15	17 52	18 4 7	−23 18 15	6,1745
	17	8 9	12 46	17 23	18 14 1	−23 17 4	6,2043
	27	7 39	12 17	16 54	18 24 1	−23 13 29	6,2128

Salida, culminación y ocaso del planeta vienen dados en Tiempo Universal (TU) y se refieren a Madrid. Las coordenadas ecuatoriales vienen dadas para las 0^h de TU. La distancia a la Tierra viene dada en unidades astronómicas:

1 ua = 149 597 870 700 m

JUPITER 2019

Fecha	τ *min*	D_{ecu} ″	V	BS	a.fase °	def.ilu. ″	L_P °	B_P °	P_{PN} °
Ene 1	51,51	31,83	–1,6	5,5	5,0	0,06	110,1	– 3,3	7,5
Ene 21	49,87	32,88	–1,7	5,6	7,5	0,14	237,8	– 3,2	5,8
Feb 10	47,69	34,38	–1,8	5,6	9,4	0,23	6,4	– 3,2	4,2
Mar 2	45,15	36,31	–1,9	5,6	10,5	0,30	135,9	– 3,2	2,9
Mar 22	42,47	38,61	–2,0	5,6	10,7	0,34	266,5	– 3,2	2,1
Abr 11	39,89	41,10	–2,2	5,6	9,7	0,29	38,2	– 3,2	1,8
May 1	37,72	43,47	–2,3	5,5	7,5	0,19	170,9	– 3,2	2,1
May 21	36,23	45,26	–2,4	5,5	4,2	0,06	304,3	– 3,2	2,9
Jun 10	35,63	46,01	–2,5	5,5	0,2	0,00	77,8	– 3,2	4,0
Jun 30	36,02	45,53	–2,4	5,5	3,9	0,05	210,7	– 3,1	5,2
Jul 20	37,30	43,96	–2,3	5,5	7,4	0,18	342,5	– 3,1	6,0
Ago 9	39,27	41,75	–2,2	5,5	9,7	0,30	112,8	– 3,0	6,3
Ago 29	41,66	39,36	–2,1	5,5	10,9	0,35	241,7	– 2,9	6,1
Set 18	44,20	37,10	–2,0	5,5	10,9	0,33	9,3	– 2,9	5,4
Oct 8	46,62	35,17	–1,9	5,5	9,9	0,26	135,9	– 2,8	4,2
Oct 28	48,73	33,65	–1,8	5,5	8,1	0,17	262,0	– 2,7	2,6
Nov 17	50,35	32,57	–1,7	5,5	5,8	0,08	27,7	– 2,6	0,8
Dic 7	51,35	31,93	–1,7	5,5	3,0	0,02	153,5	– 2,5	358,7
Dic 27	51,67	31,73	–1,7	5,5	0,1	0,00	279,4	– 2,4	356,6



SATURNO 2019

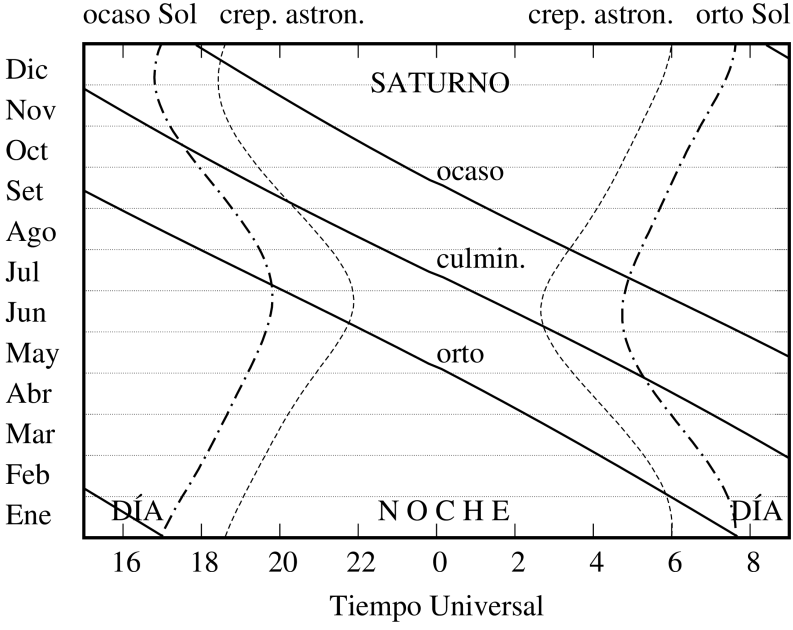
		en Madrid (TU)			a 0^h de TU		
Mes	día	Orto	Culm.	Ocaso	Asc. recta	Declinación	Distancia
		h m	*h m*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	ua
Ene.	1	7 41	12 21	17 1	18 49 17	−22 28 1	11,0433
	11	7 6	11 47	16 27	18 54 23	−22 22 22	11,0330
	21	6 31	11 12	15 53	18 59 23	−22 16 10	10,9967
	31	5 56	10 38	15 19	19 4 14	−22 9 33	10,9354
Feb.	10	5 21	10 3	14 45	19 8 51	−22 2 43	10,8505
	20	4 45	9 28	14 10	19 13 7	−21 55 55	10,7440
Mar.	2	4 9	8 52	13 35	19 17 0	−21 49 22	10,6185
	12	3 33	8 17	13 0	19 20 25	−21 43 20	10,4770
	22	2 56	7 40	12 24	19 23 18	−21 38 5	10,3233
Abr.	1	2 19	7 3	11 47	19 25 35	−21 33 50	10,1611
	11	1 41	6 25	11 10	19 27 14	−21 30 48	9,9947
	21	1 3	5 47	10 31	19 28 13	−21 29 8	9,8286
May.	1	0 24	5 8	9 52	19 28 30	−21 28 57	9,6675
	11	23 40	4 28	9 12	19 28 6	−21 30 15	9,5159
	21	23 0	3 48	8 32	19 27 1	−21 33 0	9,3786
	31	22 19	3 7	7 50	19 25 20	−21 37 2	9,2595
Jun.	10	21 38	2 25	7 9	19 23 7	−21 42 8	9,1626
	20	20 56	1 43	6 26	19 20 27	−21 48 2	9,0911
	30	20 14	1 1	5 43	19 17 29	−21 54 24	9,0473
Jul.	10	19 32	0 19	5 1	19 14 22	−22 0 55	9,0328
	20	18 50	23 32	4 18	19 11 15	−22 7 15	9,0480
	30	18 8	22 50	3 35	19 8 17	−22 13 10	9,0924
Ago.	9	17 27	22 8	2 53	19 5 38	−22 18 25	9,1646
	19	16 46	21 26	2 11	19 3 25	−22 22 53	9,2619
	29	16 5	20 45	1 30	19 1 44	−22 26 25	9,3812
Set.	8	15 25	20 5	0 49	19 0 41	−22 28 59	9,5187
	18	14 45	19 25	0 9	19 0 19	−22 30 33	9,6700
	28	14 6	18 46	23 26	19 0 40	−22 31 4	9,8306
Oct.	8	13 28	18 8	22 48	19 1 42	−22 30 31	9,9959
	18	12 50	17 31	22 11	19 3 25	−22 28 54	10,1610
	28	12 13	16 54	21 34	19 5 47	−22 26 9	10,3216
Nov.	7	11 37	16 17	20 58	19 8 45	−22 22 16	10,4733
	17	11 1	15 42	20 23	19 12 14	−22 17 15	10,6122
	27	10 25	15 6	19 48	19 16 11	−22 11 5	10,7349
Dic.	7	9 49	14 31	19 13	19 20 30	−22 3 47	10,8381
	17	9 14	13 57	18 39	19 25 8	−21 55 25	10,9194
	27	8 39	13 22	18 5	19 29 58	−21 46 3	10,9770

Salida, culminación y ocaso del planeta vienen dados en Tiempo Universal (TU) y se refieren a Madrid. Las coordenadas ecuatoriales vienen dadas para las 0^h de TU. La distancia a la Tierra viene dada en unidades astronómicas:

1 ua = 149 597 870 700 m

SATURNO 2019

Fecha	τ *min*	D_{ecu} ″	V	BS	a.fase °	def.ilu. ″	L_P °	B_P °	P_{PN} °
Ene 1	91,84	15,05	0,5	6,9	0,1	0,00	78,0	30,3	6,2
Ene 21	91,46	15,11	0,5	6,9	1,6	0,00	91,5	29,8	6,3
Feb 10	90,24	15,32	0,6	7,0	3,2	0,01	105,8	29,3	6,4
Mar 2	88,31	15,65	0,6	7,1	4,5	0,02	120,7	28,8	6,5
Mar 22	85,86	16,10	0,6	7,1	5,4	0,04	136,4	28,4	6,5
Abr 11	83,12	16,63	0,5	7,1	5,7	0,04	152,8	28,2	6,6
May 1	80,40	17,19	0,5	7,1	5,4	0,04	169,9	28,1	6,6
May 21	78,00	17,72	0,4	7,1	4,5	0,03	187,5	28,2	6,6
Jun 10	76,20	18,14	0,2	7,0	2,9	0,01	205,4	28,5	6,5
Jun 30	75,24	18,37	0,1	6,9	1,0	0,00	223,2	28,9	6,5
Jul 20	75,25	18,37	0,1	6,9	1,1	0,00	240,6	29,3	6,4
Ago 9	76,22	18,13	0,2	7,0	3,0	0,01	257,3	29,7	6,4
Ago 29	78,02	17,72	0,3	7,1	4,5	0,03	273,2	29,9	6,3
Set 18	80,42	17,19	0,4	7,1	5,4	0,04	288,1	30,1	6,3
Oct 8	83,13	16,63	0,5	7,1	5,7	0,04	302,1	30,0	6,3
Oct 28	85,84	16,10	0,6	7,1	5,4	0,04	315,4	29,8	6,4
Nov 17	88,26	15,66	0,6	7,1	4,5	0,02	328,3	29,5	6,4
Dic 7	90,14	15,33	0,6	7,0	3,1	0,01	341,0	29,0	6,5
Dic 27	91,29	15,14	0,6	6,9	1,5	0,00	353,9	28,4	6,6



URANO 2019

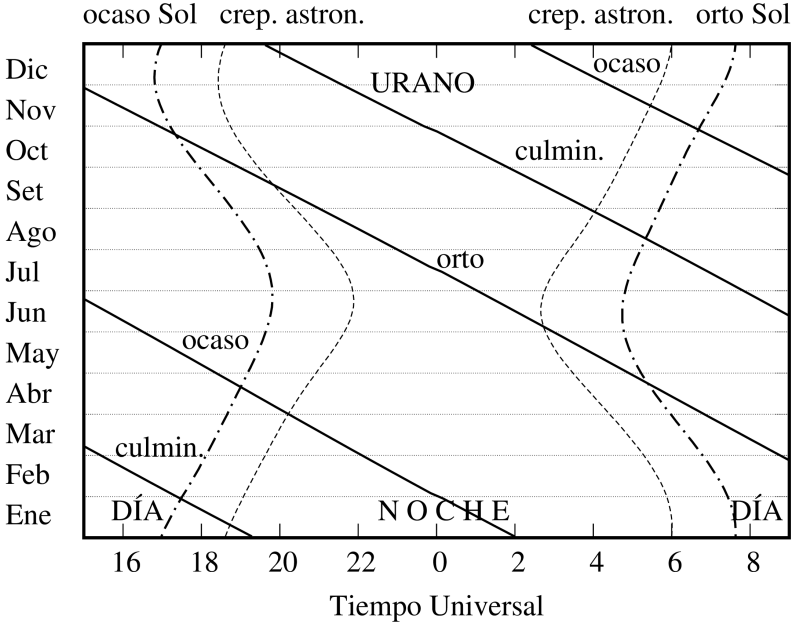
Mes	día	en Madrid (TU) Orto *h m*			Culm. *h m*		Ocaso *h m*		a 0^h de TU Asc. recta *h m s*			Declinación ° ′ ″			Distancia ua
Ene.	1	12	39		19	17	1	59	1	47	7	+10	28	54	19,5306
	11	12	0		18	38	1	20	1	47	5	+10	29	4	19,6977
	21	11	21		17	59	0	41	1	47	23	+10	31	5	19,8690
	31	10	42		17	20	0	3	1	48	0	+10	34	54	20,0392
Feb.	10	10	3		16	42	23	21	1	48	56	+10	40	27	20,2035
	20	9	24		16	4	22	43	1	50	9	+10	47	34	20,3568
Mar.	2	8	46		15	26	22	6	1	51	38	+10	56	3	20,4951
	12	8	8		14	48	21	29	1	53	20	+11	5	42	20,6146
	22	7	30		14	11	20	52	1	55	14	+11	16	17	20,7121
Abr.	1	6	52		13	34	20	16	1	57	15	+11	27	32	20,7855
	11	6	14		12	56	19	39	1	59	23	+11	39	13	20,8330
	21	5	36		12	19	19	3	2	1	35	+11	51	6	20,8534
May.	1	4	58		11	42	18	26	2	3	47	+12	2	55	20,8468
	11	4	20		11	5	17	50	2	5	57	+12	14	28	20,8132
	21	3	42		10	28	17	13	2	8	3	+12	25	29	20,7537
	31	3	5		9	50	16	36	2	10	2	+12	35	49	20,6699
Jun.	10	2	26		9	13	15	59	2	11	52	+12	45	15	20,5639
	20	1	48		8	35	15	22	2	13	30	+12	53	35	20,4385
	30	1	10		7	57	14	45	2	14	55	+13	0	43	20,2967
Jul.	10	0	31		7	19	14	7	2	16	5	+13	6	28	20,1420
	20	23	49		6	41	13	29	2	16	58	+13	10	46	19,9787
	30	23	10		6	2	12	50	2	17	32	+13	13	30	19,8108
Ago.	9	22	31		5	23	12	11	2	17	48	+13	14	38	19,6429
	19	21	51		4	43	11	32	2	17	45	+13	14	9	19,4798
	29	21	12		4	4	10	52	2	17	22	+13	12	5	19,3260
Set.	8	20	32		3	24	10	12	2	16	42	+13	8	31	19,1863
	18	19	52		2	44	9	31	2	15	45	+13	3	34	19,0650
	28	19	12		2	3	8	50	2	14	34	+12	57	25	18,9660
Oct.	8	18	32		1	22	8	9	2	13	12	+12	50	18	18,8927
	18	17	51		0	42	7	28	2	11	42	+12	42	31	18,8478
	28	17	11	*	0	1	6	46	2	10	7	+12	34	23	18,8328
Nov.	7	16	30		23	16	6	5	2	8	32	+12	26	15	18,8488
	17	15	50		22	35	5	24	2	7	2	+12	18	28	18,8950
	27	15	10		21	54	4	43	2	5	39	+12	11	24	18,9703
Dic.	7	14	30		21	14	4	2	2	4	28	+12	5	22	19,0721
	17	13	50		20	34	3	21	2	3	31	+12	0	39	19,1971
	27	13	10		19	54	2	41	2	2	52	+11	57	28	19,3411

Salida, culminación y ocaso del planeta vienen dados en Tiempo Universal (TU) y se refieren a Madrid. La presencia de un asterisco (*) en la columna de la culminación indica que para tal fecha el planeta pasa dos veces por el meridiano del lugar. La distancia a la Tierra viene dada en unidades astronómicas:

1 ua = 149 597 870 700 m

URANO 2019

Fecha	τ *min*	D_{ecu} ″	V	a.fase °	L_P °	B_P °	P_{PN} °
Ene 1	162,43	3,61	5,8	2,7	121,4	41,7	258,9
Ene 21	165,25	3,55	5,8	2,8	63,6	41,7	258,9
Feb 10	168,03	3,49	5,8	2,6	6,0	42,1	259,1
Mar 2	170,45	3,44	5,9	2,1	308,5	42,8	259,3
Mar 22	172,26	3,40	5,9	1,4	251,3	43,8	259,6
Abr 11	173,26	3,38	5,9	0,6	194,4	44,8	260,0
May 1	173,38	3,38	5,9	0,4	137,9	46,0	260,4
May 21	172,60	3,40	5,9	1,3	81,6	47,1	260,9
Jun 10	171,02	3,43	5,9	2,0	25,6	48,0	261,3
Jun 30	168,80	3,47	5,8	2,6	329,8	48,8	261,6
Jul 20	166,16	3,53	5,8	2,9	274,1	49,3	261,8
Ago 9	163,37	3,59	5,8	2,9	218,3	49,5	261,9
Ago 29	160,73	3,65	5,7	2,6	162,4	49,4	261,9
Set 18	158,56	3,70	5,7	1,9	106,2	49,0	261,7
Oct 8	157,13	3,73	5,7	1,0	49,8	48,4	261,4
Oct 28	156,63	3,74	5,7	0,0	352,9	47,6	261,1
Nov 17	157,15	3,73	5,7	1,0	295,7	46,8	260,7
Dic 7	158,62	3,70	5,7	1,9	238,3	46,1	260,5
Dic 27	160,85	3,64	5,7	2,5	180,6	45,7	260,4



NEPTUNO 2019

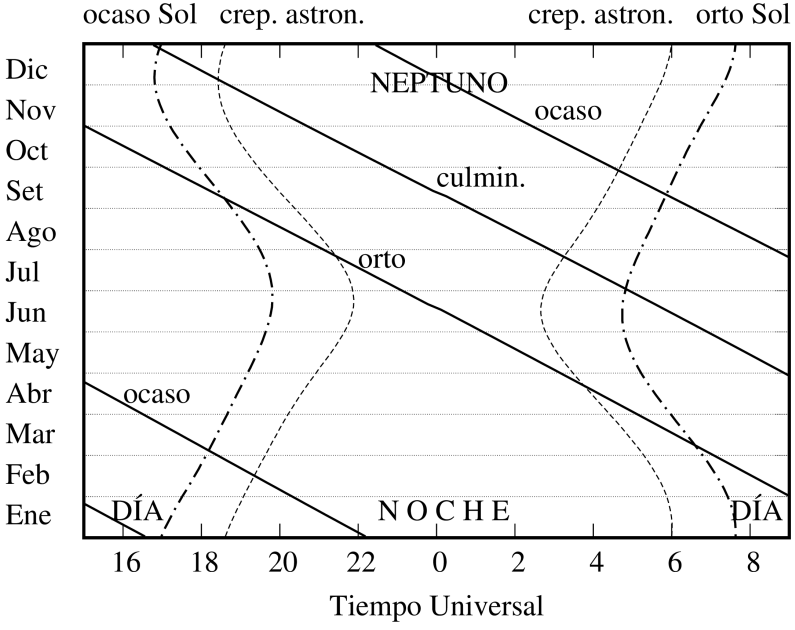
		en Madrid (TU)			a 0^h de TU		
Mes	día	Orto	Culm.	Ocaso	Asc. recta	Declinación	Distancia
		h m	*h m*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	ua
Ene.	1	10 56	16 33	22 11	23 2 50	− 7 9 28	30,3593
	11	10 17	15 55	21 33	23 3 41	− 7 3 59	30,5079
	21	9 38	15 17	20 55	23 4 42	− 6 57 31	30,6388
	31	9 0	14 39	20 17	23 5 51	− 6 50 13	30,7487
Feb.	10	8 21	14 1	19 40	23 7 6	− 6 42 15	30,8344
	20	7 43	13 23	19 2	23 8 27	− 6 33 49	30,8935
Mar.	2	7 4	12 45	18 25	23 9 51	− 6 25 7	30,9247
	12	6 26	12 7	17 47	23 11 15	− 6 16 21	30,9273
	22	5 48	11 29	17 10	23 12 39	− 6 7 43	30,9013
Abr.	1	5 9	10 51	16 32	23 14 0	− 5 59 24	30,8478
	11	4 31	10 13	15 55	23 15 16	− 5 51 37	30,7683
	21	3 52	9 35	15 17	23 16 26	− 5 44 32	30,6653
May.	1	3 13	8 56	14 39	23 17 29	− 5 38 17	30,5417
	11	2 35	8 18	14 1	23 18 22	− 5 33 1	30,4008
	21	1 56	7 39	13 23	23 19 6	− 5 28 51	30,2466
	31	1 17	7 0	12 44	23 19 38	− 5 25 53	30,0835
Jun.	10	0 38	6 21	12 5	23 19 59	− 5 24 10	29,9157
	20	23 55	5 42	11 26	23 20 7	− 5 23 43	29,7480
	30	23 15	5 3	10 46	23 20 4	− 5 24 33	29,5852
Jul.	10	22 36	4 23	10 7	23 19 49	− 5 26 36	29,4317
	20	21 56	3 44	9 27	23 19 23	− 5 29 48	29,2921
	30	21 17	3 4	8 47	23 18 46	− 5 34 1	29,1704
Ago.	9	20 37	2 24	8 6	23 18 1	− 5 39 7	29,0704
	19	19 57	1 43	7 26	23 17 9	− 5 44 54	28,9952
	29	19 17	1 3	6 45	23 16 12	− 5 51 10	28,9471
Set.	8	18 37	0 23	6 4	23 15 12	− 5 57 40	28,9279
	18	17 57	23 38	5 24	23 14 11	− 6 4 10	28,9384
	28	17 17	22 58	4 43	23 13 11	− 6 10 24	28,9784
Oct.	8	16 37	22 18	4 3	23 12 16	− 6 16 9	29,0470
	18	15 58	21 38	3 22	23 11 27	− 6 21 11	29,1421
	28	15 18	20 58	2 42	23 10 46	− 6 25 17	29,2610
Nov.	7	14 38	20 18	2 2	23 10 15	− 6 28 18	29,4001
	17	13 59	19 38	1 22	23 9 56	− 6 30 6	29,5550
	27	13 19	18 59	0 43	23 9 48	− 6 30 36	29,7211
Dic.	7	12 40	18 20	0 4	23 9 54	− 6 29 45	29,8932
	17	12 1	17 41	23 21	23 10 12	− 6 27 34	30,0660
	27	11 22	17 2	22 42	23 10 42	− 6 24 5	30,2343

Salida, culminación y ocaso del planeta vienen dados en Tiempo Universal (TU) y se refieren a Madrid. Las coordenadas ecuatoriales vienen dadas para las 0^h de TU. La distancia a la Tierra viene dada en unidades astronómicas:

1 ua = 149 597 870 700 m

NEPTUNO 2019

Fecha	τ *min*	D_{ecu} ″	V	a.fase °	L_P °	B_P °	P_{PN} °
Ene 1	252,49	2,25	7,9	1,7	80,9	– 25,5	324,6
Ene 21	254,82	2,23	7,9	1,3	5,7	– 25,4	324,3
Feb 10	256,44	2,21	8,0	0,8	290,7	– 25,2	323,9
Mar 2	257,19	2,21	8,0	0,2	215,9	– 25,0	323,5
Mar 22	257,00	2,21	8,0	0,5	141,4	– 24,9	323,1
Abr 11	255,89	2,22	8,0	1,1	67,3	– 24,7	322,7
May 1	254,01	2,24	7,9	1,5	353,6	– 24,5	322,4
May 21	251,55	2,26	7,9	1,8	280,4	– 24,4	322,2
Jun 10	248,80	2,28	7,9	1,9	207,4	– 24,3	322,1
Jun 30	246,05	2,31	7,9	1,8	134,7	– 24,3	322,1
Jul 20	243,62	2,33	7,8	1,5	62,0	– 24,3	322,2
Ago 9	241,77	2,35	7,8	1,0	349,4	– 24,4	322,4
Ago 29	240,75	2,36	7,8	0,4	276,6	– 24,5	322,6
Set 18	240,67	2,36	7,8	0,3	203,4	– 24,7	322,9
Oct 8	241,58	2,35	7,8	0,9	129,9	– 24,8	323,2
Oct 28	243,36	2,33	7,8	1,4	55,9	– 24,9	323,4
Nov 17	245,80	2,31	7,9	1,8	341,5	– 25,0	323,5
Dic 7	248,61	2,28	7,9	1,9	266,7	– 25,0	323,5
Dic 27	251,45	2,26	7,9	1,8	191,7	– 24,9	323,4



Ortos y ocasos de los planetas

En las tablas de efemérides planetarias constan los instantes (TU) de salida y puesta de cada planeta en Madrid cada diez días. El instante de orto u ocaso de cualquier día intermedio se obtiene por interpolación (de 2do grado es suficiente para todos los planetas excepto Mercurio).

Para conocer el instante de salida o de puesta de un planeta en otro lugar de España es necesario aplicar dos correcciones, una debida a la diferente latitud y otra debida a la diferente longitud. Son aplicables aquí el procedimiento y comentarios realizados en el caso de la Luna (ver el apartado **Ortos y ocasos de la Luna**). Para un lugar de longitud λ es:

orto = orto en Madrid $- 15^m - \lambda +$ corrección por latitud
ocaso = ocaso en Madrid $- 15^m - \lambda -$ corrección por latitud

Los instantes de orto y ocaso determinados con este procedimiento son aproximados, pudiendo tener errores de algunos minutos debidos a redondeos en los cálculos e interpolaciones y las condiciones atmosféricas.

Corrección, en minutos, al orto y ocaso de los planetas en función de su declinación y de la latitud del lugar

δ	Latitud, ϕ										
(°)	28°	32°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°	44°
–30	–45	–33	–18	–14	–10	–6	–2	3	7	12	17
–27	–39	–28	–16	–12	–9	–5	–2	2	6	10	15
–24	–34	–24	–13	–10	–8	–4	–1	2	5	9	12
–21	–29	–20	–11	–9	–6	–4	–1	2	4	7	10
–18	–24	–17	–9	–7	–5	–3	–1	1	4	6	9
–15	–20	–14	–8	–6	–4	–3	–1	1	3	5	7
–12	–15	–11	–6	–5	–3	–2	–1	1	2	4	5
–9	–11	–8	–4	–3	–2	–1	0	1	2	3	4
–6	–7	–5	–3	–2	–2	–1	0	0	1	2	3
–3	–3	–2	–1	–1	–1	0	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	4	3	2	1	1	1	0	0	–1	–1	–2
6	8	6	3	3	2	1	0	0	–1	–2	–3
9	12	9	5	4	3	2	0	–1	–2	–3	–4
12	16	12	6	5	4	2	1	–1	–3	–4	–6
15	20	15	8	6	5	3	1	–1	–3	–5	–7
18	25	18	10	8	6	3	1	–1	–4	–6	–9
21	30	21	12	9	7	4	1	–2	–5	–8	–11
24	35	25	14	11	8	5	1	–2	–6	–9	–13
27	41	29	16	13	9	5	2	–2	–7	–11	–15
30	47	34	19	15	11	6	2	–3	–8	–13	–18

Paso de los planetas por el meridiano

El instante aproximado de paso de un planeta por el meridiano se puede calcular mediante interpolación para la fecha correspondiente del instante de culminación en Madrid y la corrección por la longitud del lugar λ_E:

$$\text{paso meridiano} = \text{paso meridiano Madrid} - 15^{\text{m}} - \lambda_E$$

Fórmulas

Algunas fórmulas útiles para realizar cálculos aproximados relativos a las órbitas planetarias son las siguientes:

Anomalía media: $\mathrm{M} = \mathrm{L} - \varpi$
Anomalía verdadera: $v \simeq \mathrm{M} + 2\,e\,\operatorname{sen} M + 1{,}25\,e^2\,\operatorname{sen}(2M)$
Longitud verdadera: $L_v = v + \varpi$

Distancia al Sol :

$$r = \frac{a\,(1-e^2)}{1+e\cos v} = \frac{qQ}{a(1+e\cos v)}$$

Velocidad de traslación:

$$V \simeq \frac{\sqrt{G\mathcal{M}_\odot\, a}}{r} \simeq \frac{2\pi a^2}{Pr}, \quad \text{para } e < 0{,}1$$

que viene expresada en ua/año; 1 ua/año = 4,7405 km/s = 17 066 km/h.

En las fórmulas anteriores a es el semieje mayor (en ua), e es la excentricidad y P el periodo orbital (en años). Unos valores aproximados pueden encontrarse en las tablas de **Elementos orbitales**, aunque se refieran a la época J2000. Valores adecuados para la longitud media **L** y la longitud del perihelio ϖ para el año en curso vienen dados en la tabla siguiente:

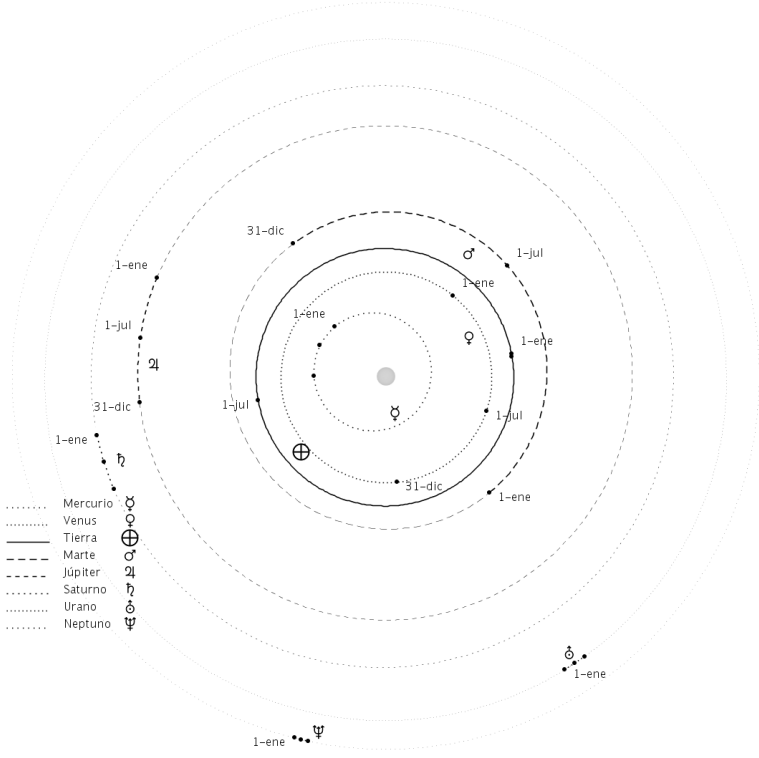
Planeta	Longitud media L	Longitud del perihelio ϖ
Mercurio	$208{,}^\circ 99 + 4{,}^\circ 09234\,d$	$77{,}^\circ 487$
Venus	$139{,}^\circ 16 + 1{,}^\circ 60213\,d$	$131{,}^\circ 514$
Tierra+Luna	$99{,}^\circ 61 + 0{,}^\circ 98561\,d$	$102{,}^\circ 985$
Marte	$31{,}^\circ 71 + 0{,}^\circ 52403\,d$	$336{,}^\circ 166$
Júpiter	$250{,}^\circ 96 + 0{,}^\circ 08307\,d$	$14{,}^\circ 080$
Saturno	$282{,}^\circ 10 + 0{,}^\circ 03361\,d$	$92{,}^\circ 830 - 0{,}^\circ 00317\,d$
Urano	$34{,}^\circ 49 + 0{,}^\circ 01158\,d$	$173{,}^\circ 593 - 0{,}^\circ 00189\,d$
Neptuno	$346{,}^\circ 11 + 0{,}^\circ 00602\,d$	$29{,}^\circ 942 - 0{,}^\circ 02354\,d$

donde d es el día del año.

Diámetro aparente: (tamaño angular a 1 ua) / (distancia a la Tierra)
Paralaje ecuatorial horizontal: $8{,}''794$ / (distancia a la Tierra)

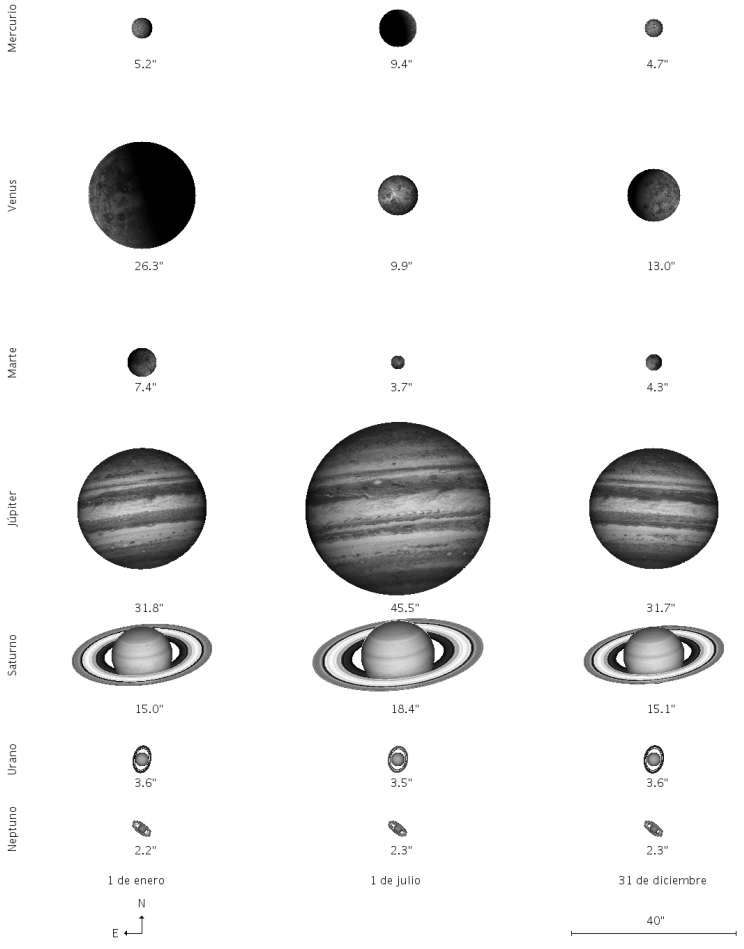
Posición heliocéntrica de los planetas

Vista de las trayectorias heliocéntricas de los planetas a lo largo del año desde una longitud de 0°. Las distancias de los planetas al Sol se muestran en escala logarítmica.



Orientaciones y tamaños de los planetas

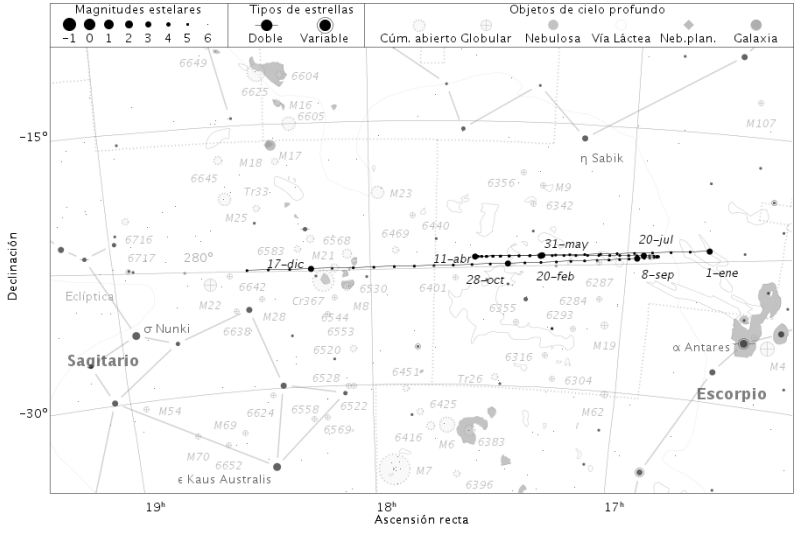
Aspecto aparente de los planetas los días 1 de enero, 1 de julio y 31 de diciembre, a las cero horas de Tiempo Universal. Las figuras están dibujadas a escala y orientadas con el Norte hacia arriba y el Este a la izquierda. Los valores que aparecen debajo de cada figura corresponden a los diámetros ecuatoriales de los planetas expresados en segundos de arco.



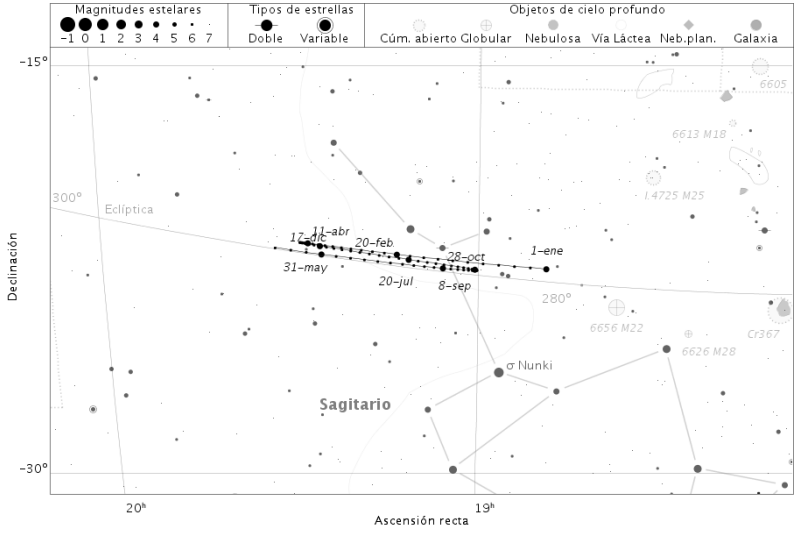
Trayectorias de los planetas a lo largo del año

Para Júpiter y Saturno los puntos en las trayectorias tienen una separación de 5 días y las fechas se muestran cada 50 días.

Júpiter

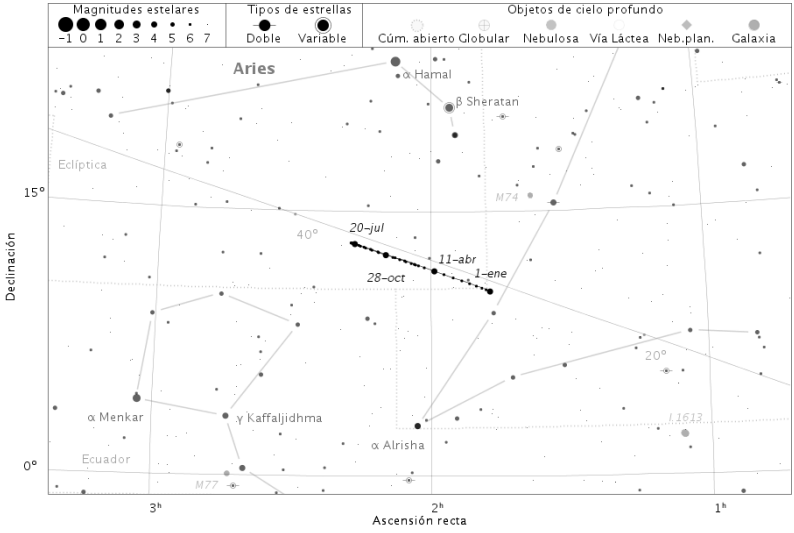


Saturno

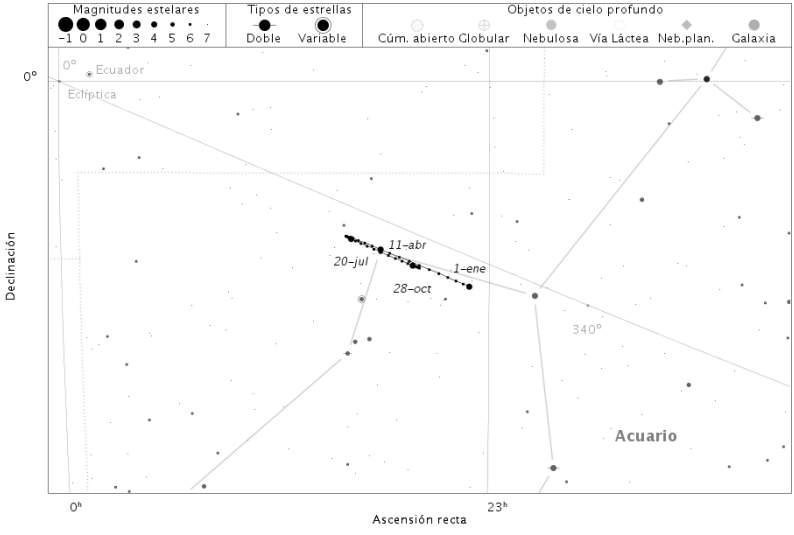


En el caso de Urano y Neptuno la separación en los puntos de la trayectoria es de 10 días con fechas cada 100 días.

Urano



Neptuno



SATÉLITES

Nombres de los satélites
Elementos orbitales de los satélites
Periodos y descubrimiento de los satélites
Datos físicos de los satélites
Posiciones de los satélites galileanos de Júpiter
Tabla de conversión de distancias en el sistema solar

En la actualidad se conocen 185 satélites naturales orbitando alrededor de los planetas principales del sistema solar.

Planeta	Número de satélites
Mercurio	0
Venus	0
Tierra	1
Marte	2
Júpiter	79
Saturno	62
Urano	27
Neptuno	14

Nombres de los satélites

La mayoría de satélites de los planetas del sistema solar han sido descubiertos del año 2000 en adelante. Antes del siglo XX sólo se conocían 22 satélites, algunos de los cuales habían recibido un nombre tradicional, como es el caso de la Luna, o un nombre dado por su descubridor, como es el caso Fobos y Deimos, los satélites de Marte que fueron nombrados por el estadounidense Asaph Hall a los pocos meses de descubrirlos en 1877, asignándoles el nombre de caballos que tiraban del carro del dios romano Marte.

En el caso de los cuatro satélites de Júpiter, descubiertos por el científico italiano Galileo Galilei en 1610, fue un astrónomo alemán coetáneo, Simon Marius, quien les dio los nombres de jóvenes relacionados con Júpiter en la mitología romana. Estos nombres no fueron usados sistemáticamente hasta mediados del siglo XX, usándose numerales para referirse a éstos y a los demás satélites descubiertos hasta entonces. Aun cuando la Unión Astronómica Internacional (UAI/IAU) establecida en 1919 ha jugado desde entonces un papel de árbitro en la nomenclatura del sistema solar, no fue hasta la segunda mitad del siglo XX, con el desarrollo de la exploración del sistema solar, la cartografía de los planetas, el descubrimiento de miles de asteroides y de decenas de satélites, cuando se hizo indispensable un sistema riguroso de nomenclatura de los cuerpos del sistema solar y de sus accidentes geográficos. El comité establecido en 1973 es ahora conocido como el Grupo de Trabajo para la Nomenclatura del Sistema Planetario. Una de sus primeras tareas fue dar nombre a las siete lunas adicionales descubiertas alrededor de Júpiter. Se decidió usar nombres de amantes de Júpiter, aunque más recientemente, con el descubrimiento de decenas de nuevos satélites, ha habido que incluir descendientes del mitológico dios o de su equivalente griego Zeus, como son las Gracias y las Musas.

La decisión de nombrar los satélites de Saturno con nombres de titanes griegos fue tomada en 1847 por John Herschel, cuyo padre había descubierto los dos primeros. La UAI amplió las posibilidades admitiendo, inicialmente, los nombres de descendientes de titanes y, en el siglo XXI, los de gigantes de las mitologías nórdica, gala e inuit.

Fue nuevamente John Herschel quien, en 1852, decidió nombrar los cuatro satélites conocidos de Urano (planeta descubierto por su padre) con los nombres de espíritus mágicos sacados de obras de los escritores ingleses William Shakespeare y Alexander Pope (*El rizo robado*). En la actualidad se utilizan predominantemente personajes de las obras de Shakespeare.

El nombre del primer satélite conocido de Neptuno, Tritón, fue sugerido por Camille Flammarion, pero apenas fue usado hasta que en 1949 no se descubrió un segundo satélite. Éste y los posteriores han recibido el nombre de personajes mitológicos relacionados con el dios romano Neptuno, su equivalente griego Posidón o con los océanos, como son las Nereidas.

Elementos orbitales y datos físicos de los satélites

Los datos referentes a los satélites se detallan en tres tablas.

En la primera tabla, dedicada a los elementos orbitales, el semieje mayor de cada órbita viene dado en unidades de 10^3 km y del radio ecuatorial del planeta, R_P. Por *inclinación* se entiende la inclinación de la órbita con respecto del plano del ecuador del planeta, salvo en los últimos satélites descubiertos en Júpiter y Saturno, aún no numerados, en cuyo caso se refiere a la eclíptica. Cuando esta inclinación es mayor que 90°, la órbita es retrógrada; tal es el caso de Tritón. La elongación (o separación) máxima se refiere a la oposición media del planeta, viene dada en (°, ′, ″).

La segunda tabla está dedicada a los períodos y descubrimientos de cada satélite. Ambos periodos, de traslación y de rotación, vienen dados en días. Los periodos orbitales precedidos por la letra R se refieren a órbitas retrógradas. Los periodos de rotación son, en muchos casos, síncronos con la revolución alrededor del planeta, y así se indica en los casos en que ha podido determinarse.

En la actualidad los descubrimientos de satélites suelen ser realizados por equipos de investigadores. A fin de no recargar la tabla, en ella se utilizan acrónimos formados por sus iniciales. La referencia SJFM se refiere al equipo formado por S. Sheppard, D. Jewitt, Y. Fernandez y G. Magnier. La referencia KG se refiere al equipo formado por J. Kavelaars y B. Gladman, la referencia GK se refiere a B. Gladman y J. Kavelaars, las referencias SJK y JKS se refieren a S. Sheppard, D. Jewitt y J. Kleyna, HG se refiere a los equipos de Holman y Gladman, SL se refiere a los equipos de Showalter y Lissauer. En otros casos, cuando hay más de dos colaboradores se ha utilizado la expresión *et al* siguiendo al nombre del primer investigador.

La tercera tabla está dedicada a los datos físicos y fotométricos. No se ha indicado la masa cuando ésta es inferior a 10^{15} kg (10^{18} g). Cuando la forma del satélite es irregular, se da un tamaño medio precedido del símbolo $\simeq$. Cuando el tamaño del satélite es muy incierto, se da un tamaño estimado precedido del símbolo $\sim$.

La magnitud corresponde a la magnitud visual V en el instante de la oposición del planeta, salvo si viene seguida de la letra R que indica que se trata de la magnitud en rojo. No se indican magnitudes mayores que 26.

El albedo de Jápeto es, aproximadamente, de 0,6 en su lado brillante y 0,04 en el oscuro. En los satélites más pequeños, descubiertos en los últimos años, no se dispone de una medida del albedo, por lo que se suelen usar valores tentativos que no se han indicado en la tabla. El albedo que se suele considerar para los pequeños satélites es de 0,04 para los de Júpiter, 0,06 para los de Saturno, 0,07 para los de Urano y variables para los de Neptuno.

Elementos orbitales

planeta	satélite	semieje mayor (10^3 km)	semieje mayor (en R_P)	excentricidad	inclinación (°)	máxima elongac.
Tierra:						
	Luna	384,400	60,27	0,0554	5,160	
Marte:						
I	Fobos	9,376	2,76	0,0151	1,075	25″
II	Deimos	23,458	6,91	0,0002	1,788	1′ 03″
Júpiter:						
I	Io	421,8	5,90	0,0041	0,036	2′ 19″
II	Europa	671,1	9,39	0,0094	0,466	3′ 41″
III	Ganimedes	1070,4	14,97	0,0013	0,177	5′ 52″
IV	Calisto	1882,7	26,33	0,0074	0,192	10′ 19″
V	Amaltea	181,4	2,54	0,0032	0,380	1′ 00″
VI	Himalia	11460	160,30	0,1586	28,612	1° 02′ 39″
VII	Elara	11740	164,21	0,2108	27,945	1° 04′ 10″
VIII	Pasífae	23629	330,51	0,4062	151,413	2° 09′ 07″
IX	Sinope	23942	334,89	0,2552	158,189	2° 10′ 50″
X	Lisitea	11717	163,89	0,1161	27,663	1° 04′ 10″
XI	Carme	23401	327,32	0,2546	164,994	2° 07′ 52″
XII	Ananké	21254	297,29	0,2332	148,693	1° 56′ 09″
XIII	Leda	11164	156,16	0,1624	27,882	1° 01′ 02″
XIV	Tebe	221,9	3,10	0,0176	1,080	1′ 13″
XV	Adrastea	129	1,80	0,0018	0,054	42″
XVI	Metis	128	1,79	0,0012	0,019	42″
XVII	Calírroe	24099	337,09	0,2796	147,080	2° 11′ 41″
XVIII	Temisto	7504	104,96	0,2435	42,977	41′ 01″
XIX	Megaclite	23814	333,10	0,4156	152,781	2° 07′ 52″
XX	Táigete	23363	326,79	0,2523	165,253	2° 10′ 08″
XXI	Caldona	23181	324,25	0,2503	165,155	2° 06′ 40″
XXII	Harpálice	21106	295,22	0,2296	148,759	1° 55′ 21″
XXIII	Cálice	23565	329,62	0,2466	165,121	2° 08′ 46″
XXIV	Yocasta	21272	297,54	0,2152	149,411	1° 56′ 28″
XXV	Erínome	23286	325,71	0,2655	164,914	2° 07′ 15″
XXVI	Isonoe	23231	324,95	0,2471	165,250	2° 07′ 11″
XXVII	Praxídice	21148	295,81	0,2274	148,885	1° 55′ 48″
XXVIII	Autónoe	24037	336,22	0,3152	152,364	2° 11′ 21″
XXIX	Tione	21197	296,49	0,2307	148,595	1° 55′ 50″
XXX	Hermipé	21297	296,03	0,2095	150,740	1° 56′ 23″
XXXI	Aitné	23317	326,15	0,2627	165,048	2° 07′ 25″
XXXII	Eurídome	23146	323,76	0,2755	150,271	2° 06′ 29″
XXXIII	Euante	21039	294,28	0,2320	148,915	1° 54′ 59″
XXXIV	Euporia	19336	268,77	0,1438	145,740	1° 45′ 41″
XXXV	Ortosia	21158	295,95	0,2807	146,004	1° 55′ 38″
XXXVI	Sponde	23790	332,76	0,3112	150,997	2° 10′ 15″
XXXVII	Cale	23306	325,99	0,2597	164,944	2° 07′ 21″
XXXVIII	Pasítea	23091	322,99	0,2682	165,117	2° 06′ 11″

Elementos orbitales

planeta	satélite	semieje mayor (10^3 km)	semieje mayor (en R_P)	excentricidad	inclinación (°)	máxima elongac.
XXXIX	Hegémone	23575	329,76	0,3445	154,164	2° 08′ 49″
XL	Mneme	21033	294,20	0,2258	148,585	1° 54′ 57″
XLI	Aoede	23974	335,34	0,4325	158,272	2° 11′ 00″
XLII	Telxínoe	21160	295,98	0,2201	151,390	1° 55′ 38″
XLIII	Arque	23352	326,64	0,2495	165,015	2° 07′ 36″
XLIV	Calicore	23276	325,57	0,2509	165,102	2° 07′ 11″
XLV	Hélice	21065	294,65	0,1498	154,842	1° 55′ 07″
XLVI	Carpo	17056	238,57	0,4317	51,624	1° 33′ 13″
XLVII	Eucelade	23323	326,23	0,2619	165,265	2° 07′ 27″
XLVIII	Cilene	23800	332,90	0,4155	150,336	2° 10′ 03″
XLIX	Core	24482	342,44	0,3313	145,173	2° 13′ 46″
L	Herse	23408	327,42	0,2541	164,964	2° 07′ 55″
LI	S/2010 J1	23449	327,99	0,2491	165,100	2° 08′ 08″
LII	S/2010 J2	21004	293,80	0,2267	148.673	1° 54′ 47″
LIII	Día	12297	172,01	0,2320	28,631	1° 07′ 13″
LIV	Valetudo	20595	288,08	0,1404	139,839	1° 52′ 22″
LV	S/2003 J18	20508	286,86	0,0895	146,077	1° 52′ 05″
LVI	S/2011 J2	23124	323,45	0,3493	153,597	2° 06′ 22″
LVII	S/2003 J5	23495	328,64	0,2476	165,248	2° 08′ 23″
LVIII	S/2003 J15	22627	316,50	0,1899	146,492	2° 03′ 39″
LIX	S/2017 J1	23484	328,49	0,3969	149,196	2° 08′ 20″
LX	S/2003 J3	20221	282,84	0,1969	147,547	1° 50′ 31″
LXI	S/2003 J19	23533	329,17	0,2552	165,116	2° 08′ 36″
LXII	S/2016 J2	18980	264,4	0,222	34,0	1° 43′ 44″
LXIII	S/2017 J2	23303	326,0	0,236	166,4	2° 07′ 21″
LXIV	S/2017 J3	20694	289,5	0,148	147,9	1° 53′ 06″
LXV	S/2017 J4	11525	261,2	0,180	28,15	1° 03′ 00″
LXVI	S/2017 J5	23232	325,0	0,284	164,3	2° 06′ 57″
LXVII	S/2017 J6	22455	314,1	0,557	155,2	2° 02′ 43″
LXVIII	S/2017 J7	20627	288,5	0,215	143,4	1° 52′ 44″
LXIX	S/2017 J8	23233	325,0	0,312	164,7	2° 06′ 57″
LXX	S/2017 J9	21487	300,6	0,229	152,7	1° 57′ 26″
LXXI	S/2018 J1	11483	160,6	0,094	30,61	1° 02′ 46″
LXXII	S/2011 J1	23446	327,95	0,2534	165,318	2° 08′ 07″
	S/2003 J2	28347	396,51	0,4100	157,291	2° 34′ 52″
	S/2003 J4	23929	334,71	0,3624	149,589	2° 10′ 45″
	S/2003 J9	23385	327,10	0,2632	165,047	2° 08′ 02″
	S/2003 J10	23042	322,30	0,4299	165,073	2° 06′ 09″
	S/2003 J12	17830	249,40	0,4904	151,003	1° 37′ 27″
	S/2003 J16	21097	295,10	0,2281	148,683	1° 55′ 18″
	S/2003 J23	23567	329,65	0,2746	146,424	2° 08′ 47″
Saturno:						
I	Mimas	185,539	3,08	0,0196	1,574	30″
II	Encélado	238,042	3,95	0,0000	0,003	38″
III	Tetis	294,672	4,89	0,0001	1,091	48″

Elementos orbitales

planeta	satélite	semieje mayor (10^3 km)	semieje mayor (en R_P)	excentricidad	inclinación (°)	máxima elongac.
IV	Dione	377,415	6,26	0,0022	0,028	1′ 01″
V	Rea	527,068	8,75	0,0002	0,333	1′ 25″
VI	Titán	1221,865	20,27	0,0288	0,306	3′ 17″
VII	Hiperión	1500,933	24,90	0,0232	0,615	4′ 02″
VIII	Jápeto	3560,854	59,08	0,0293	8,298	9′ 35″
IX	Febe	12947,918	214,84	0,1634	175,243	34′ 51″
X	Jano	151,45	2,51	0,0098	0,165	24″
XI	Epimeteo	151,450	2,51	0,0161	0,353	24″
XII	Helena	377,444	6,26	∼0	0,213	1′ 01″
XIII	Telesto	294,71	4,89	0,0002	1,180	48″
XIV	Calipso	294,721	4,89	0,0005	1,500	48″
XV	Atlas	137,774	2,29	0,0011	0,003	22″
XVI	Prometeo	139,429	2,31	0,0022	0,007	23″
XVII	Pandora	141,810	2,35	0,0042	0,050	23″
XVIII	Pan	133,585	2,22	∼0	∼0	22″
XIX	Ymir	23128	383,75	0,3338	173,496	1° 02′ 15″
XX	Paaliaq	15204	252,27	0,3325	46,230	40′ 55″
XXI	Tarvos	18243	302,70	0,5382	33,725	49′ 06″
XXII	Ijiraq	11408	189,29	0,2721	47,483	30′ 42″
XXIII	Suttungr	19468	323,02	0,1139	175,815	52′ 24″
XXIV	Kiviuq	11384	188,89	0,3325	46,766	30′ 39″
XXV	Mundilfari	18654	309,52	0,2098	167,446	50′ 12″
XXVI	Albiorix	16393	272,00	0,4797	34,059	44′ 07″
XXVII	Skadi	15635	259,42	0,2718	152,633	42′ 05″
XXVIII	Erriapo	17602	292,06	0,4723	34,481	47′ 23″
XXIX	Siarnaq	18182	301,69	0,2801	45,809	48′ 56″
XXX	Thrymr	20419	338,80	0,4661	177,665	54′ 57″
XXXI	Narvi	19349	321,05	0,4295	145,735	52′ 05″
XXXII	Metone	194,402	3,23	∼0	0,013	31″
XXXIII	Palene	212,282	3,52	0,0040	0,001	34″
XXXIV	Pólux	377,222	6,26	0,0191	0,175	1′ 01″
XXXV	Dafnis	136,504	2,26	∼0	∼0,003	22″
XXXVI	Ægir	20751	344,31	0,2524	166,668	55′ 51″
XXXVII	Bébhionn	17116	284,00	0,4682	35,101	46′ 04″
XXXVIII	Bergelmir	19336	320,83	0,1420	158,557	52′ 03″
XXXIX	Bestla	20145	334,26	0,5196	145,156	54′ 13″
XL	Fárbauti	20390	338,32	0,2414	156,520	54′ 53″
XLI	Fenrir	22454	372,57	0,1347	164,963	1° 00′ 26″
XLII	Fornjót	25146	417,24	0,2077	170,372	1° 07′ 41″
XLIII	Hati	19868	329,66	0,3710	165,808	53′ 29″
XLIV	Hyrokkin	18440	305,97	0,3359	151,536	49′ 38″
XLV	Kári	22093	366,58	0,4756	156,067	59′ 28″
XLVI	Loge	23059	382,61	0,1862	167,689	1° 02′ 04″
XLVII	Skoll	17667	293,14	0,4635	161,008	47′ 33″
XLVIII	Surtur	22941	380,65	0,4459	169,688	1° 01′ 45″

Elementos orbitales

planeta	satélite	semieje mayor (10^3 km)	semieje mayor (en R_P)	excentricidad	inclinación (°)	máxima elongac.
XLIX	Antea	196,8	3,27	0,0011	0,015	32″
L	Járnsaxa	19354	321,13	0,2178	163,649	52′ 06″
LI	Greip	18457	306,25	0,3146	174,800	49′ 41″
LII	Tarqeq	17962	298,04	0,1676	46,292	48′ 21″
LIII	Ægeon	167,425	2,78	0,0002	0,001	27″
	S/2004 S7	21000	348,44	0,5290	165,693	56′ 31″
	S/2004 S12	19886	329,96	0,3268	165,261	53′ 31″
	S/2004 S13	18406	305,40	0,2591	168,798	49′ 32″
	S/2004 S17	19448	322,69	0,1795	168,239	52′ 21″
	S/2006 S1	18780	311,61	0,1412	156,180	50′ 33″
	S/2006 S3	22428	372,14	0,3792	158,631	1° 00′ 22″
	S/2007 S2	16718	277,39	0,1791	174,057	45′ 00″
	S/2007 S3	18938	314,23	0,1853	177,595	50′ 58″
	S/2009 S1	117	1,94			19″
Urano:						
I	Ariel	190,9	7,47	0,0012	0,041	14″
II	Umbriel	266	10,41	0,0039	0,128	20″
III	Titania	436,3	17,07	0,0011	0,079	33″
IV	Oberón	583,5	22,83	0,0014	0,068	44″
V	Miranda	129,9	5,08	0,0013	4,338	10″
VI	Cordelia	49,8	1,95	0,0003	0,085	4″
VII	Ofelia	53,8	2,10	0,0099	0,104	4″
VIII	Bianca	59,2	2,32	0,0009	0,193	4″
IX	Cresida	61,8	2,42	0,0004	0,006	5″
X	Desdémona	62,7	2,45	0,0001	0,113	5″
XI	Julieta	64,4	2,52	0,0007	0,065	5″
XII	Porcia	66,1	2,59	0,0001	0,059	5″
XIII	Rosalinda	69,9	2,73	0,0001	0,279	5″
XIV	Belinda	75,3	2,95	0,0001	0,031	6″
XV	Puck	86	3,36	0,0001	0,319	6″
XVI	Calibán	7231,1	282,92	0,1812	141,529	9′ 06″
XVII	Sícorax	12179,4	476,52	0,5219	159,420	15′ 20″
XVIII	Próspero	16276,8	636,83	0,4445	151,830	20′ 30″
XIX	Setebos	17420,4	681,58	0,5908	158,235	21′ 56″
XX	Esteban	8007,4	313,29	0,2248	143,819	10′ 05″
XXI	Trínculo	8505,2	332,77	0,2194	166,971	10′ 43″
XXII	Francisco	4282,9	167,57	0,1324	147,250	5′ 24″
XXIII	Margarita	14146,7	553,49	0,6772	57,367	17′ 49″
XXIV	Fernando	20430	799,33	0,3993	169,793	25′ 44″
XXV	Perdita	76,417	2,99	0,0116	0,470	6″
XXVI	Mab	97,736	3,82	0,0025	0,134	7″
XXVII	Cupido	74,392	2,91	0,0013	0,099	6″
Neptuno:						
I	Tritón	354,759	14,33	$\sim$0	156,865	17″
II	Nereida	5513,818	222,65	0,7507	7,090	4′ 20″

Elementos orbitales

planeta	satélite	semieje mayor (10^3 km)	semieje mayor (en R_P)	excentricidad	inclinación (°)	máxima elongac.
III	Náyade	48,227	1,95	0,0003	4,691	2′
IV	Talasa	50,074	2,02	0,0002	0,135	2′
V	Despina	52,526	2,12	0,0002	0,068	2′
VI	Galatea	61,953	2,50	0,0001	0,034	3′
VII	Larisa	73,548	2,97	0,0014	0,205	3′
VIII	Proteo	117,646	4,75	0,0005	0,075	6′
IX	Halimede	16681	673,70	0,2909	112.898	13′ 11′
X	Psámate	46705	1886,00	0,4617	137.679	36′ 55′
XI	Sao	22619	913,38	0,2827	49.907	17′ 53′
XII	Laomedea	23613	953,52	0,4339	34.049	18′ 40′
XIII	Neso	50258	2029,48	0,4243	131,265	39′ 44′
	S/2004 N1	105,284	4,25	∼0	∼0	5′

Periodos y descubrimiento

planeta	satélite	periodo orbital (d)	periodo de rotación (d)	descubrimiento
Tierra:				
	Luna	27,321661	sincr.	
Marte:				
I	Fobos	0,318910	sincr.	1877 A.Hall
II	Deimos	1,262441	sincr.	1877 A.Hall
Júpiter:				
I	Io	1,769138	sincr.	1610 Galileo
II	Europa	3,551181	sincr.	1610 Galileo
III	Ganimedes	7,154523	sincr.	1610 Galileo
IV	Calisto	16,689018	sincr.	1610 Galileo
V	Amaltea	0,498179	sincr.	1892 E.Barnard
VI	Himalia	250,5662	0,4	1904 C.Perrine
VII	Elara	259,6528	0,5	1905 C.Perrine
VIII	Pasífae	R 744		1908 P.Melotte
IX	Sinope	R 759		1914 S.Nicholson
X	Lisitea	259		1938 S.Nicholson
XI	Carme	R 734		1938 S.Nicholson
XII	Ananké	R 630		1951 S.Nicholson
XIII	Leda	241		1974 C.Kowal
XIV	Tebe	0,6745	sincr.	1979 Voyager 1
XV	Adrastea	0,29826		1979 Voyager 1
XVI	Metis	0,294780		1979 Voyager 1
XVII	Calírroe	R 759		1999 Spacewatch, MPC
XVIII	Temisto	130		1975/2000 SJFM
XIX	Megaclite	R 753		2000 SJFM
XX	Táigete	R 732		2000 SJFM
XXI	Caldona	R 724		2000 SJFM

Periodos y descubrimiento

planeta	satélite	periodo orbital (d)	periodo de rotación (d)	descubrimiento
XXII	Harpálice	R 623		2000 SJFM
XXIII	Cálice	R 742		2000 SJFM
XXIV	Yocasta	R 632		2000 SJFM
XXV	Erínome	R 728		2000 SJFM
XXVI	Isonoe	R 726		2000 SJFM
XXVII	Praxídice	R 625		2000 SJFM
XXVIII	Autónoe	R 761		2001 SJK
XXIX	Tione	R 627		2001 SJK
XXX	Hermipé	R 634		2001 SJK
XXXI	Aitné	R 730		2001 SJK
XXXII	Eurídome	R 717		2001 SJK
XXXIII	Euante	R 620		2001 SJK
XXXIV	Euporia	R 551		2001 SJK
XXXV	Ortosia	R 623		2001 SJK
XXXVI	Sponde	R 748		2001 SJK
XXXVII	Cale	R 730		2001 SJK
XXXVIII	Pasítea	R 719		2001 SJK
XXXIX	Hegémone	R 740		2003 S.S.Sheppard
XL	Mneme	R 620		2003 Sheppard,Glad,
XLI	Aoede	R 761		2003 S.S.Sheppard
XLII	Telxínoe	R 628		2003 Sheppard,Glad,
XLIII	Arque	R 732		2002 S.S.Sheppard
XLIV	Calicore	R 728		2003 S.S.Sheppard
XLV	Hélice	R 626		2003 S.S.Sheppard
XLVI	Carpo	456		2003 S.S.Sheppard
XLVII	Eucelade	R 730		2003 S.S.Sheppard
XLVIII	Cilene	R 752		2003 S.S.Sheppard
XLIX	Core	R 777		2003 S.S.Sheppard
L	Herse	R 735		2003 B.Gladman
LI	S/2010 J1	R 737		2010 Jacobson et al
LII	S/2010 J2	R 619		2010 C. Veillet
LIII	Día	278		2000 Sheppard et al
LIV	Valetudo	R 602,7		2016 S.S.Sheppard
LV	S/2003 J18	R 606,3		2003 B.Gladman
LVI	S/2011 J2	R 726,8		2011 S.S.Sheppard
LVII	S/2003 J5	R 759,7		2003 S.S.Sheppard
LVIII	S/2003 J15	R 668,4		2003 S.S.Sheppard
LIX	S/2017 J1	R 734,2		2017 S.S.Sheppard
LX	S/2003 J3	R 504,0		2003 S.S.Sheppard
LXI	S/2003 J19	R 701,3		2003 B.Gladman
LXII	S/2016 J2	533,3		2016 S.S.Sheppard
LXIII	S/2017 J2	R 723,1		2017 S.S.Sheppard
LXIV	S/2017 J3	R 606,3		2017 S.S.Sheppard
LXV	S/2017 J4	252,1		2017 S.S.Sheppard
LXVI	S/2017 J5	R 719,5		2017 S.S.Sheppard

Periodos y descubrimiento

planeta	satélite	periodo orbital (d)	periodo de rotación (d)	descubrimiento
LXVII	S/2017 J6	R 683,0		2017 S.S.Sheppard
LXVIII	S/2017 J7	R 602,6		2017 S.S.Sheppard
LXIX	S/2017 J8	R 719,6		2017 S.S.Sheppard
LXX	S/2017 J9	R 639,2		2017 S.S.Sheppard
LXXI	S/2018 J1	252,0		2018 S.S.Sheppard
LXXII	S/2011 J1	R 580,7		2011 S.S.Sheppard
	S/2003 J2	R 982,5		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J4	R 723,2		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J9	R 683,0		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J10	R 767,0		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J12	R 533,3		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J16	R 595,4		2003 B.Gladman
	S/2003 J23	R 759,7		2003 S.S.Sheppard
Saturno:				
I	Mimas	0,942422	sincr.	1789 W.Herschel
II	Encélado	1,370218	sincr.	1789 W.Herschel
III	Tetis	1,887802	sincr.	1684 G.Cassini
IV	Dione	2,736915	sincr.	1684 G.Cassini
V	Rea	4,517500	sincr.	1672 G.Cassini
VI	Titán	15,945421	sincr.	1655 C.Huygens
VII	Hiperión	21,276609		1848 Bond et al
VIII	Jápeto	79,330182	sincr.	1671 G.Cassini
IX	Febe	R 548	0,4	1898 W.Pickering
X	Jano	0,6945	sincr.	1966 A.Dollfus
XI	Epimeteo	0,6942	sincr.	1978 Fountain et al
XII	Helena	2,7369		1980 Laques et al
XIII	Telesto	1,8878		1980 Smith et al
XIV	Calipso	1,8878		1980 Pascu et al
XV	Atlas	0,6019		1980 Voyager 1
XVI	Prometeo	0,6130		1980 Voyager 1
XVII	Pandora	0,6285		1980 Voyager 1
XVIII	Pan	0,5750		1990 M.Showalter
XIX	Ymir	R 1315,13		2000 B.Gladman
XX	Paaliaq	686,95		2000 B.Gladman
XXI	Tarvos	926,35		2000 KG
XXII	Ijiraq	451,42		2000 KG
XXIII	Suttungr	R 1016,68		2000 GK
XXIV	Kiviuq	449,22		2000 B.Gladman
XXV	Mundilfari	R 952,80		2000 GK
XXVI	Albiorix	783,46		2000 Holman et al
XXVII	Skadi	R 728,10		2000 KG
XXVIII	Erriapo	871,14		2000 KG
XXIX	Siarnaq	895,51		2000 Gladman et al
XXX	Thrymr	R 1092,01		2000 GK
XXXI	Narvi	R 1003,94		2003 S.S.Sheppard

Periodos y descubrimiento

planeta	satélite	periodo orbital (d)	periodo de rotación (d)	descubrimiento
XXXII	Metone	1,010		2004 C.C.Porco et al
XXXIII	Palene	1,154		2004 C.C.Porco et al
XXXIV	Pólux	2,737		2004 C.C.Porco et al
XXXV	Dafnis	0,594		2005 C.C.Porco et al
XXXVI	Ægir	R 1117,83		2005 D.Jewitt et al
XXXVII	Bébhionn	834,86		2005 D.Jewitt et al
XXXVIII	Bergelmir	R 1005,76		2005 D.Jewitt et al
XXXIX	Bestla	R 1088,02		2005 D.Jewitt et al
XL	Fárbauti	R 1086,65		2005 D.Jewitt et al
XLI	Fenrir	R 1260,35		2005 D.Jewitt et al
XLII	Fornjót	R 1494,09		2005 D.Jewitt et al
XLIII	Hati	R 1040,18		2005 D.Jewitt et al
XLIV	Hyrokkin	R 931,87		2006 D.Jewitt et al
XLV	Kári	R 1231,18		2006 D.Jewitt et al
XLVI	Loge	R 1311,37		2006 D.Jewitt et al
XLVII	Skoll	R 878,24		2006 D.Jewitt et al
XLVIII	Surtur	R 1297,12		2006 D.Jewitt et al
XLIX	Antea	1,036		2007 Cassini Team
L	Járnsaxa	R 1006,94		2006 D.Jewitt et al
LI	Greip	R 937,14		2006 D.Jewitt et al
LII	Tarqeq	885,15		2007 D.Jewitt et al
LIII	Ægeon	0,808		2008 Cassini Team
	S/2004 S07	R 1140,21		2005 D.Jewitt et al
	S/2004 S12	R 1046,11		2005 D.Jewitt et al
	S/2004 S13	R 933,60		2005 D.Jewitt et al
	S/2004 S17	R 1014,61		2005 D.Jewitt et al
	S/2006 S1	R 962,23		2006 D.Jewitt et al
	S/2006 S3	R 1255,15		2006 D.Jewitt et al
	S/2007 S2	R 808,15		2007 D.Jewitt et al
	S/2007 S3	R 977,78		2007 D.Jewitt et al
	S/2009 S1			2009 Cassini Team
Urano:				
I	Ariel	2,520379	sincr.	1851 W.Lassell
II	Umbriel	4,144177	sincr.	1851 W.Lassell
III	Titania	8,705872	sincr.	1787 W.Herschel
IV	Oberón	13,463239	sincr.	1787 W.Herschel
V	Miranda	1,413479	sincr.	1948 G.Kuiper
VI	Cordelia	0,335033		1986 Voyager 2
VII	Ofelia	0,376409		1986 Voyager 2
VIII	Bianca	0,434577		1986 Voyager 2
IX	Cresida	0,463570		1986 Voyager 2
X	Desdémona	0,473651		1986 Voyager 2
XI	Julieta	0,493066		1986 Voyager 2
XII	Porcia	0,513196		1986 Voyager 2
XIII	Rosalinda	0,558459		1986 Voyager 2

Periodos y descubrimiento

planeta	satélite	periodo orbital (d)	periodo de rotación (d)	descubrimiento
XIV	Belinda	0,623525		1986 Voyager 2
XV	Puck	0,761832		1985 Voyager 2
XVI	Calibán	R 580		1997 Gladman et al
XVII	Sícorax	R 1288		1997 Gladman et al
XVIII	Próspero	R 1978		1999 Holman et al
XIX	Setebos	R 2225		1999 Kavelaars et al
XX	Esteban	R 677		1999 Gladman et al
XXI	Trínculo	R 749		2001 Holman et al
XXII	Francisco	R 267		2001 HG
XXIII	Margarita	1695		2003 Holman et al
XXIV	Fernando	R 2823		2001 HG
XXV	Perdita	0,638		1999 Voyager 2
XXVI	Mab	0,923		2003 SL
XXVII	Cupido	0,613		2003 SL
Neptuno:				
I	Tritón	R 5,876854	sincr.	1846 W.Lassell
II	Nereida	360,13619		1949 G.Kuiper
III	Náyade	0,294396		1989 Voyager 2
IV	Talasa	0,311485		1989 Voyager 2
V	Despina	0,334655		1989 Voyager 2
VI	Galatea	0,428745		1989 Voyager 2
VII	Larisa	0,554654		1989 Voyager 2
VIII	Proteo	1,122315		1989 Voyager 2
IX	Halimede	R 1879,33		2002 Holman et al
X	Psámate	R 9128,74		2003 JKS
XI	Sao	2919,16		2002 Holman et al
XII	Laomedea	3175,62		2002 Holman et al
XIII	Neso	R 9880,63		2002 HG
	S/2004 N1	0,950		2013 Showalter et al

Datos físicos y fotométricos

planeta	satélite	diámetro (km)	masa (10^{20} kg)	densidad (g cm^{-3})	magn. oposic.	albedo geom.
Tierra:						
	Luna	3475	735	3,344	−12,74	0,12
Marte:						
I	Fobos	27×22×18	1,1 10^{-4}	1,872	11,4	0,07
II	Deimos	15×12×10	1,5 10^{-5}	1,471	12,45	0,07
Júpiter:						
I	Io	3643	893	3,528	5,02	0,63
II	Europa	3122	480	3,013	5,29	0,67
III	Ganimedes	5262	1481	1,942	4,61	0,43
IV	Calisto	4821	1076	1,834	5,65	0,17
V	Amaltea	167	0,021	0,849	14,1	0,09

Datos físicos y fotométricos

planeta	satélite	diámetro (km)	masa (10^{20} kg)	densidad (g cm^{-3})	magn. oposic.	albedo geom.
VI	Himalia	∼170	0,067	2,6	14,2 R	0,04
VII	Elara	∼86	0,009	2,6	16,0 R	0,04
VIII	Pasífae	∼60	0,003	2,6	16,8 R	0,10
IX	Sinope	∼38	0,001	2,6	18,2 R	0,05
X	Lisitea	∼36	0,001	2,6	18,1 R	0,04
XI	Carme	∼46	0,001	2,6	18,1 R	0,06
XII	Ananké	∼28	$3\,10^{-4}$	2,6	19,1 R	0,06
XIII	Leda	∼20	10^{-4}	2,6	19,2 R	0,04
XIV	Tebe	99	0,015	3,0	16,0	0,05
XV	Adrastea	25×20×15	$7\,10^{-5}$	3,0	18,7	∼ 0,1
XVI	Metis	43	0,001	3,0	17,5	0,06
XVII	Calírroe	9	10^{-5}	2,6	20,8 R	0,04
XVIII	Temisto	8	10^{-5}	2,6	21,0 R	0,04
XIX	Megaclite	5			21,7 R	0,04
XX	Táigete	5			21,9 R	0,04
XXI	Caldona	4			22,5 R	0,04
XXII	Harpálice	4			22,2 R	0,04
XXIII	Cálice	5			21,8 R	0,04
XXIV	Yocasta	5			21,8 R	0,04
XXV	Erínome	3			22,8 R	0,04
XXVI	Isonoe	4			22,5 R	0,04
XXVII	Praxídice	7			21,2 R	0,04
XXVIII	Autónoe	4			22,0 R	
XXIX	Tione	4			22,3 R	0,04
XXX	Hermipé	4			22,1 R	
XXXI	Aitné	3			22,7 R	
XXXII	Eurídome	3			22,7 R	
XXXIII	Euante	3			22,8 R	
XXXIV	Euporia	2			23,1 R	
XXXV	Ortosia	2			23,1 R	
XXXVI	Sponde	2			23,0 R	
XXXVII	Cale	2			23,0 R	
XXXVIII	Pasítea	2			23,2 R	
XXXIX	Hegémone	3			22,8 R	
XL	Mneme	2			23,3 R	
XLI	Aoede	4			22,5 R	
XLII	Telxínoe	2			23,5 R	
XLIII	Arque	3			22,8 R	
XLIV	Calicore	2			23,7 R	
XLV	Hélice	4			22,6 R	
XLVI	Carpo	3			23,0 R	
XLVII	Eucelade	4			22,6 R	
XLVIII	Cilene	2			23,2 R	
XLIX	Core	2			23,6 R	

Datos físicos y fotométricos

planeta	satélite	diámetro (km)	masa (10^{20} kg)	densidad (g cm^{-3})	magn. oposic.	albedo geom.
L	Herse	2			23,4 R	
LI	S/2010 J1	2			23,2 R	
LII	S/2010 J2	1			24,0 R	
LIII	Día	4			22,4	0,04
LIV	Valetudo	1			24,0 R	
LV	S/2003 J18	2			23,4 R	
LVI	S/2011 J2	1			23,5 R	
LVII	S/2003 J5	2			22,4 R	
LVIII	S/2003 J15	2			23,5 R	
LIX	S/2017 J1	2			23,8 R	
LX	S/2003 J3	2			23,4 R	
LXI	S/2003 J19	2			23,7 R	
LXII	S/2016 J2	1			24,0	
LXIII	S/2017 J2	2			23,5 R	
LXIV	S/2017 J3	2			23,4 R	
LXV	S/2017 J4	3			23,0	
LXVI	S/2017 J5	2			23,5 R	
LXVII	S/2017 J6	2			23,5 R	
LXVIII	S/2017 J7	2			23,6 R	
LXIX	S/2017 J8	1			24,0 R	
LXX	S/2017 J9	3			22,8 R	
LXXI	S/2018 J1	3			22,9	
LXXII	S/2011 J1	2			23,7 R	
	S/2003 J2	2			23,2 R	
	S/2003 J4	2			23,0 R	
	S/2003 J9	1			23,7 R	
	S/2003 J10	2			23,6 R	
	S/2003 J12	1			23,9 R	
	S/2003 J16	2			23,3 R	
	S/2003 J23	2			23,6 R	
Saturno:						
I	Mimas	396	0,375	1,150	12,8	0,96
II	Encélado	504	1,079	1,608	11,8	1,38
III	Tetis	1066	6,174	0,973	10,2	1,23
IV	Dione	1123	10,955	1,476	10,4	1,00
V	Rea	1529	23,065	1,233	9,6	0,95
VI	Titán	5149	1345,185	1,882	8,4	0,2
VII	Hiperión	270	0,056	0,544	14,4	0,3
VIII	Jápeto	1471	18,055	1,083	11	0,6
IX	Febe	213	0,083	1,638	16,4	0,08
X	Jano	179	0,019	0,630	14,4	0,71
XI	Epimeteo	116	0,005	0,640	15,6	0,73
XII	Helena	35	10^{-4}	0,5	18,4	1,67
XIII	Telesto	25	$4\ 10^{-5}$	0,5	18,5	1,0

Datos físicos y fotométricos

planeta	satélite	diámetro (km)	masa (10^{20} kg)	densidad (g cm^{-3})	magn. oposic.	albedo geom.
XIV	Calipso	21	$2\ 10^{-5}$	0,5	18,7	1,34
XV	Atlas	30	$7\ 10^{-5}$	0,460	19,0	0,4
XVI	Prometeo	86	0,002	0,480	15,8	0,6
XVII	Pandora	81	0,001	0,490	16,4	0,5
XVIII	Pan	28	$5\ 10^{-5}$	0,420	19,4	0,5
XIX	Ymir	∼18	$5\ 10^{-5}$	2,3	21,9 R	0,06
XX	Paaliaq	∼22	$8\ 10^{-5}$	2,3	21,1 R	0,06
XXI	Tarvos	∼15	$3\ 10^{-5}$	2,3	22,7 R	0,06
XXII	Ijiraq	∼12	10^{-5}	2,3	22,6 R	0,06
XXIII	Suttungr	∼7		2,3	23,9 R	0,06
XXIV	Kiviuq	∼16	$3\ 10^{-5}$	2,3	22,1 R	0,06
XXV	Mundilfari	∼7		2,3	23,8 R	0,06
XXVI	Albiorix	∼32	$2\ 10^{-4}$	2,3	20,5 R	0,06
XXVII	Skadi	∼8		2,3	23,6 R	0,06
XXVIII	Erriapo	∼10	10^{-5}	2,3	23,4 R	0,06
XXIX	Siarnaq	∼40	$4\ 10^{-4}$	2,3	19,9 R	0,06
XXX	Thrymr	∼7		2,3	23,9 R	0,06
XXXI	Narvi	∼7		2,3	23,8 R	0,06
XXXII	Metone	3		0,5		
XXXIII	Palene	5		0,5		
XXXIV	Pólux	3		0,5		
XXXV	Dafnis	8		0,340		
XXXVI	Ægir	∼6		2,3	24,4 R	0,04
XXXVII	Bébhionn	∼6		2,3	24,1 R	0,04
XXXVIII	Bergelmir	∼6		2,3	24,2 R	0,04
XXXIX	Bestla	∼7		2,3	23,8 R	0,04
XL	Fárbauti	∼5		2,3	24,7 R	0,04
XLI	Fenrir	∼4		2,3	25,0 R	0,04
XLII	Fornjót	∼6		2,3	24,6 R	0,04
XLIII	Hati	∼6		2,3	24,4 R	0,04
XLIV	Hyrokkin	∼6		2,3	23,5 R	0,04
XLV	Kári	∼6		2,3	23,9 R	0,04
XLVI	Loge	∼6		2,3	24,6 R	0,04
XLVII	Skoll	∼6		2,3	24,5 R	0,04
XLVIII	Surtur	∼6		2,3	24,8 R	0,04
XLIX	Antea	∼2		0,5		
L	Járnsaxa	∼6		2,3	24,7 R	0,04
LI	Greip	∼6		2,3	24,4 R	0,04
LII	Tarqeq	∼6		2,3	23,9 R	0,04
LIII	Ægeon	∼1		0,5		
	S/2004 S07	∼6		2,3	24,5 R	0,04
	S/2004 S12	∼5		2,3	24,8 R	0,04
	S/2004 S13	∼6		2,3	24,5 R	0,04

Datos físicos y fotométricos

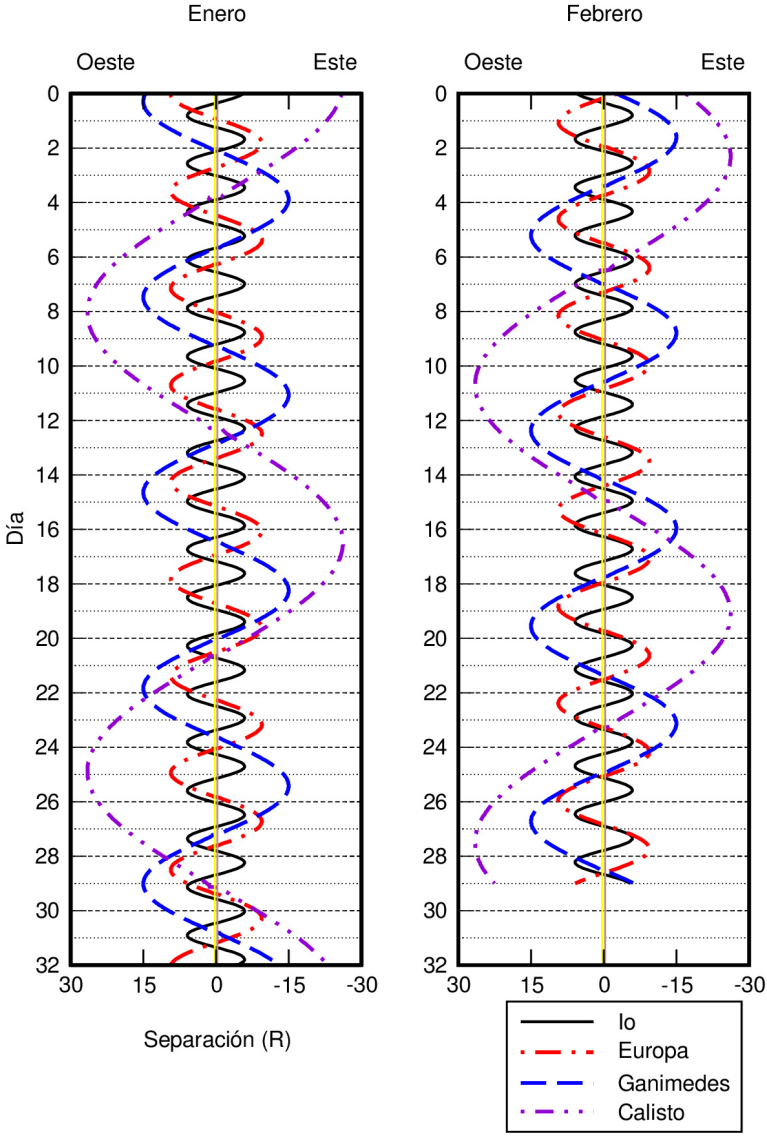
planeta	satélite	diámetro (km)	masa (10^{20} kg)	densidad (g cm^{-3})	magn. oposic.	albedo geom.
	S/2004 S17	∼4		2,3	25,2 R	0,04
	S/2006 S1	∼6		2,3	24,6 R	0,04
	S/2006 S3	∼5		2,3	24,6 R	0,04
	S/2007 S2	∼6		2,3	24,4 R	0,04
	S/2007 S3	∼4		2,3	24,9 R	0,04
	S/2009 S1	∼0,3				
Urano:						
I	Ariel	1158	12,945	1,592	13,70	0,39
II	Umbriel	1169	12,211	1,459	14,47	0,21
III	Titania	1578	34,191	1,662	13,49	0,27
IV	Oberón	1523	28,827	1,559	13,70	0,23
V	Miranda	472	0,659	1,214	15,79	0,32
VI	Cordelia	40	$4\ 10^{-4}$	1,3	23,62	0,07
VII	Ofelia	43	$5\ 10^{-4}$	1,3	23,26	0,07
VIII	Bianca	54	$9\ 10^{-4}$	1,3	22,52	0,07
IX	Cresida	82	0,003	1,3	21,58	0,07
X	Desdémona	70	0,002	1,3	21,99	0,08
XI	Julieta	106	0,006	1,3	21,12	0,08
XII	Porcia	140	0,017	1,3	20,42	0,07
XIII	Rosalinda	72	0,003	1,3	21,79	0,07
XIV	Belinda	90	0,004	1,3	21,47	0,07
XV	Puck	162	0,029	1,3	19,75	0,10
XVI	Calibán	∼72	0,003	1,5	22,4 R	0,04
XVII	Sícorax	∼150	0,027	1,5	20,8 R	0,04
XVIII	Próspero	∼50	0,001	1,5	23,2 R	0,04
XIX	Setebos	∼48	0,001	1,5	23,3 R	0,04
XX	Esteban	∼32	$3\ 10^{-4}$	1,5	24,1 R	0,04
XXI	Trínculo	∼18	$5\ 10^{-5}$	1,5	25,4 R	0,04
XXII	Francisco	∼22	$8\ 10^{-5}$	1,5	25,0 R	0,04
XXIII	Margarita	∼20	$6\ 10^{-5}$	1,5	25,2 R	0,04
XXIV	Fernando	∼20	$6\ 10^{-5}$	1,5	25,1 R	0,04
XXV	Perdita	26	10^{-4}	1,3	23,6	0,07
XXVI	Mab	24	$8\ 10^{-5}$	1,3	24,6	0,10
XXVII	Cupido	18	$3\ 10^{-5}$	1,3	25,8	0,07
Neptuno:						
I	Tritón	2707	213,896	2,059	13,54	0,72
II	Nereida	∼340	0,309	1,5	19,2 R	0,16
III	Náyade	∼66	0,002	1,3	23,91	0,07
IV	Talasa	∼82	0,004	1,3	23,32	0,09
V	Despina	∼150	0,021	1,3	22,00	0,09
VI	Galatea	∼176	0,037	1,3	21,85	0,08
VII	Larisa	∼194	0,049	1,3	21,49	0,09
VIII	Proteo	∼420	0,503	1,3	19,75	0,10
IX	Halimede	62	0,001	1,5	24,5 R	0,04

Datos físicos y fotométricos

planeta	satélite	diámetro (km)	masa (10^{20} kg)	densidad (g cm^{-3})	magn. oposic.	albedo geom.
X	Psámate	40	10^{-4}	1,5	25,5 R	0,04
XI	Sao	44	0,001	1,5	25,5 R	0,04
XII	Laomedea	42	0,001	1,5	25,5 R	0,04
XIII	Neso	60	0,002	1,5	24,6 R	0,04
	S/2004 N1	$\sim$18	$4\ 10^{-5}$	1,3	26,5	0,10

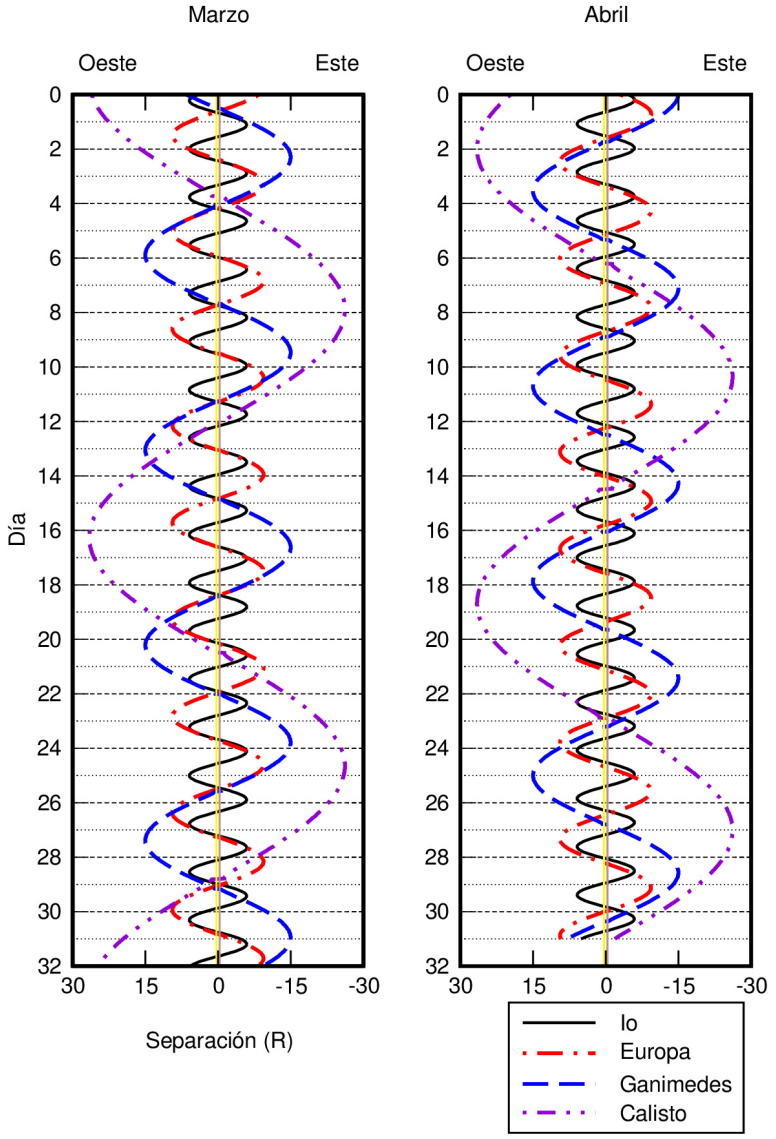
Posiciones relativas de los satélites galileanos de Júpiter

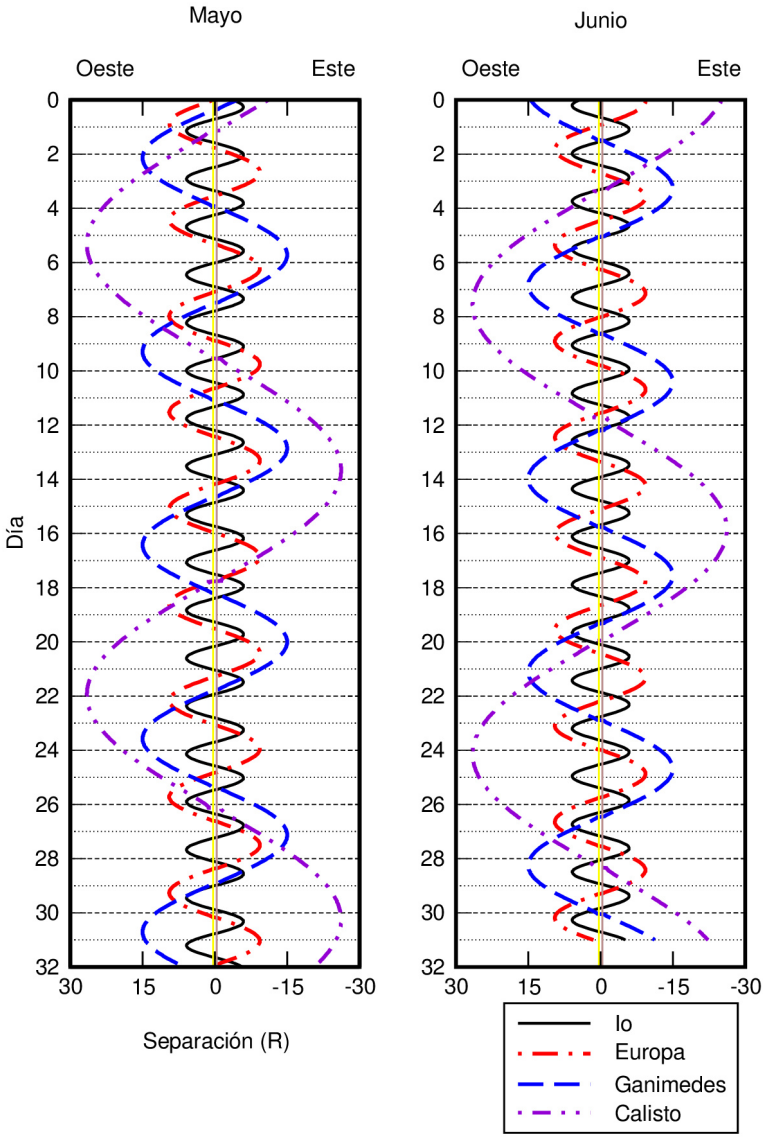
De mayor a menor amplitud, las posiciones dibujadas corresponden a Calisto, Ganimedes, Europa e Io.

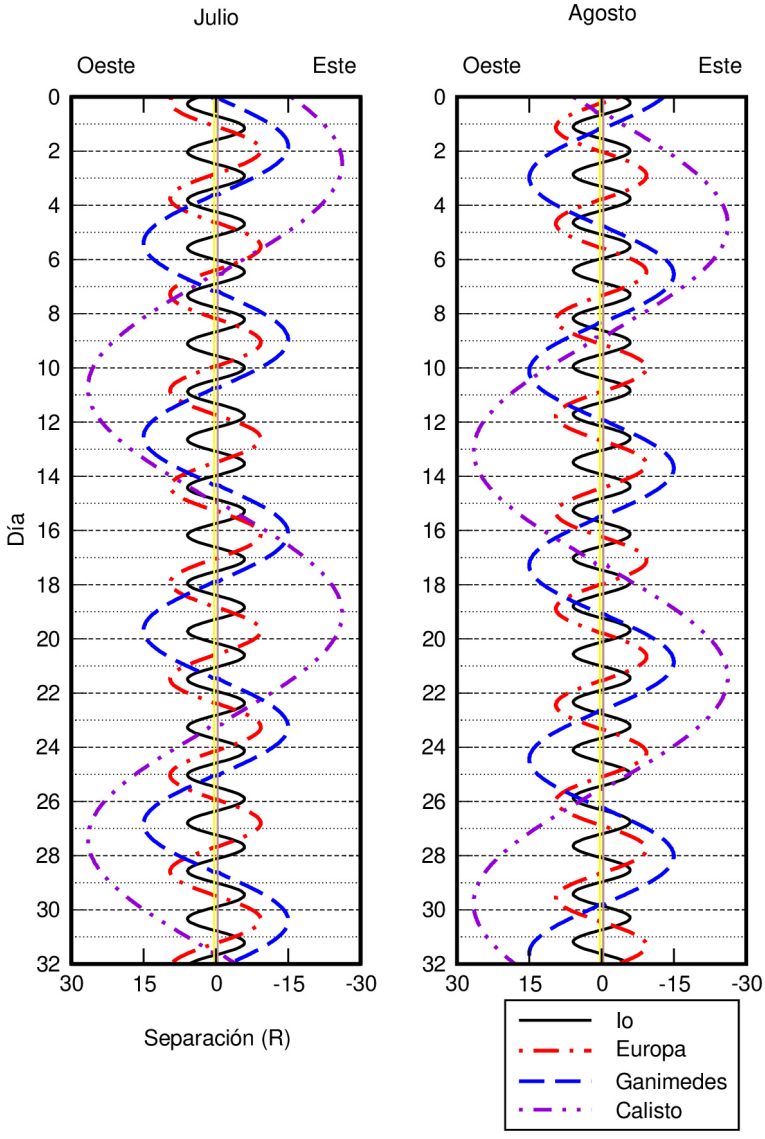


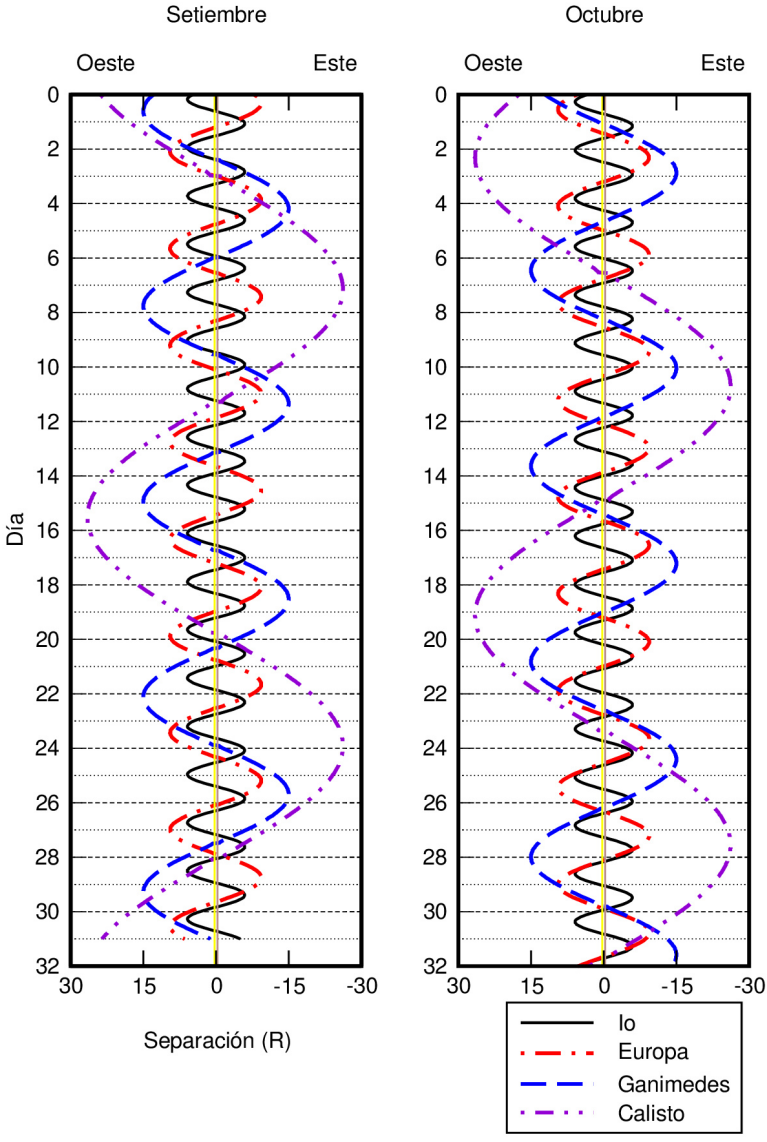
Obsérvese que Oeste y Este están colocados como se ven en un telescopio y al revés de como se ven con unos prismáticos.

Las dos líneas verticales indican el tamaño del planeta. La separación respecto del centro del planeta viene dada en radios planetarios.




Mayo
Junio
Oeste
Este
Oeste
Este
Día
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
30
32
30
15
0
-15
-30
Separación (R)
Io
Europa
Ganimedes
Calisto


Julio
Agosto
Oeste
Este
Oeste
Este
Día
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
30
32
30
15
0
-15
-30
Separación (R)
Io
Europa
Ganimedes
Calisto


Setiembre
Octubre
Oeste
Este
Oeste
Este
Día
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
30
32
30
15
0
-15
-30
Separación (R)
Io
Europa
Ganimedes
Calisto

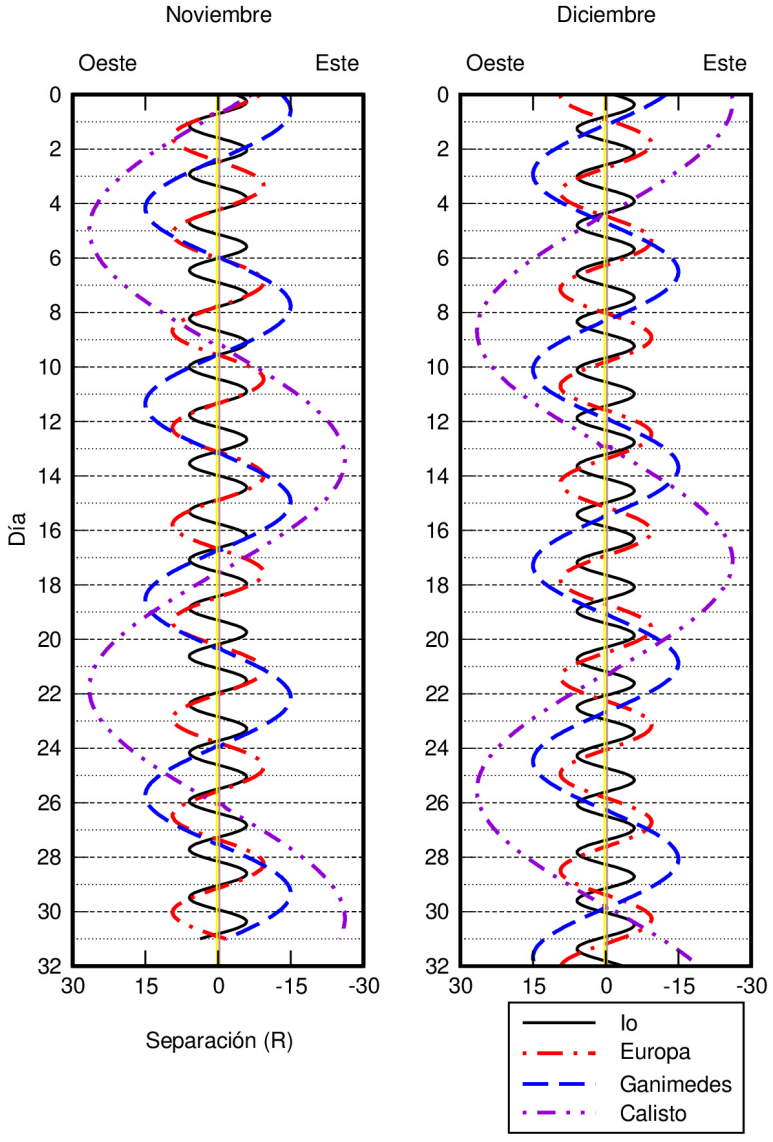

Noviembre
Diciembre
Oeste
Este
Oeste
Este
Día
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
30
32
30
15
0
-15
-30
Separación (R)
Io
Europa
Ganimedes
Calisto

Tabla de equivalencias para distancias en el sistema solar

paralaje	tiempo luz	distancia		
ecuatorial	(^{h} ^{m} ^{s})	en ua	en $\mathcal{R}_\oplus$	en km
1°	1,2	0,0024	57,3	$3{,}65\ 10^5$
50′	1,5	0,0029	68,8	$4{,}39\ 10^5$
40′	1,8	0,0037	85,9	$5{,}48\ 10^5$
30′	2,4	0,0049	114,6	$7{,}31\ 10^5$
20′	3,7	0,0073	171,9	$10{,}96\ 10^5$
10′	7,3	0,0147	343,8	$21{,}93\ 10^5$
9′	8,1	0,0163	382,0	$24{,}36\ 10^5$
8′	9,1	0,0183	429,7	$27{,}41\ 10^5$
7′	10,4	0,0209	491,1	$31{,}32\ 10^5$
6′	12,2	0,0244	573,0	$36{,}54\ 10^5$
5′	14,6	0,0293	687,5	$43{,}85\ 10^5$
4′	18,3	0,0366	859,4	$54{,}82\ 10^5$
3′	24,4	0,0489	1145,9	$73{,}09\ 10^5$
2′	36,6	0,0733	1718,9	$109{,}63\ 10^5$
1′	73,1	0,1466	3438	$219{,}26\ 10^5$
50″	1 27,8	0,176	4125	$263\ 10^5$
40″	1 49,7	0,220	5157	$329\ 10^5$
30″	2 26,3	0,293	6875	$439\ 10^5$
20″	3 39,4	0,440	10313	$658\ 10^5$
10″	7 18,8	0,879	20600	$1316\ 10^5$
9″	8 07,6	0,977	22900	$146\ 10^6$
8″	9 08,5	1,099	25800	$164\ 10^6$
7″	10 26,9	1,256	29500	$188\ 10^6$
6″	12 11,4	1,466	34400	$219\ 10^6$
5″	14 37,7	1,759	41300	$263\ 10^6$
4″	18 17,1	2,199	51600	$329\ 10^6$
3″	24 22,8	2,931	68800	$439\ 10^6$
2″	36 34,2	4,397	103100	$658\ 10^6$
1″	73 08,3	8,794	206300	$1316\ 10^6$
0,″9	1 21 16	9,8	$229\ 10^3$	$146\ 10^7$
0,″8	1 31 25	11,0	$258\ 10^3$	$164\ 10^7$
0,″7	1 44 29	12,6	$295\ 10^3$	$188\ 10^7$
0,″6	2 01 54	14,7	$344\ 10^3$	$219\ 10^7$
0,″5	2 26 17	17,6	$413\ 10^3$	$263\ 10^7$
0,″4	3 02 51	22,0	$516\ 10^3$	$329\ 10^7$
0,″3	4 03 48	29,3	$688\ 10^3$	$439\ 10^7$
0,″2	6 05 42	44,0	$1031\ 10^3$	$658\ 10^7$
0,″1	12 11 23	87,9	$2063\ 10^3$	$1316\ 10^7$

La unidad astronómica (ua) por definición es igual a 149.597.870,700 km.

OBJETOS MENORES DEL SISTEMA SOLAR

Planetas enanos
- Elementos orbitales y parámetros físicos
- Efemérides

Asteroides
- Elementos orbitales y parámetros físicos
- Efemérides de los asteroides principales

Cometas

Lluvias de meteoros

Estadísticas de objetos menores

Número de objetos conocidos de distinto tipo en julio de 2018:

Planetas enanos:	5
Satélites de los planetas enanos:	9
Asteroides descubiertos:	∼780 000
Asteroides numerados:	∼523 000
Asteroides nombrados:	∼21 300
Ritmo anual de descubrimiento de asteroides:	∼40 000
Asteroides potencialmente peligrosos:	1 916
Objetos Atenas ($Q > 0{,}983$ ua, $a < 1$ ua):	1 380
Objetos Apolo ($q < 1{,}017$ ua, $a > 1$ ua):	9 199
Objetos Amor ($1{,}017 < q < 1{,}3$ ua):	7 778
Objetos Centauro (entre Júpiter y Neptuno):	315
Objetos transneptunianos:	1 934
Cometas con denominación IAU:	∼ 4120
Cometas de corto periodo numerados:	367
Ritmo de descubrimiento de cometas:	∼ 60 por año
Masa total de los asteroides:	0,0005 $\mathcal{M}_\oplus$
Masa del cinturón de Kuiper:	0,03-0,1 $\mathcal{M}_\oplus$
Masa de la nube exterior de Oort:	∼5 $\mathcal{M}_\oplus$

Donde son:

- a semieje mayor de la órbita.
- q distancia mínima al Sol.
- Q distancia máxima al Sol.

Véase una descripción de distintos tipos de asteroides en la sección dedicada a los asteroides cercanos a la Tierra.

Planetas enanos

En la Asamblea General de la Unión Astronómica Internacional (IAU) celebrada en Praga en agosto de 2006 se resolvió añadir un nuevo término de objeto celeste, el de "planeta enano". Este es un cuerpo celeste que:

(a) está en órbita alrededor del Sol,

(b) tiene suficiente masa para que su propia gravedad haya superado la fuerza de cuerpo rígido, de manera que ha adquirido equilibrio hidrostático (forma casi esférica),
(c) no ha limpiado de otros cuerpos similares la vecindad de su órbita y
(d) no es un satélite.

Según tal definición, Plutón deja de ser un planeta en el sentido clásico y pasa a ser catalogado como planeta enano. Además, es el prototipo de una nueva categoría de objetos transneptunianos que la IAU, en la reunión de su Comite Ejecutivo celebrada en Oslo en junio de 2008, ha decidido denominar oficialmente *plutoide* y que corresponde a los planetas enanos más alejados del Sol que Neptuno.

También pasan a ser planetas enanos el asteroide Ceres, el plutoide Eris y, en junio y setiembre del año 2008, los plutoides Makemake y Haumea.

Elementos orbitales y parámetros físicos

En las tablas siguientes figuran los elementos orbitales de los planetas enanos referidos al equinoccio y eclíptica medios J2000.0. Cuando alguna magnitud se expresa en *años* se refiere a años julianos, de 365,25 días.

La explicación de los distintos parámetros que aparecen en las tablas puede encontrarse en el capítulo dedicado a los planetas.

Elementos orbitales (J2000.0)

Planeta	inclinación i	longitud del nodo, Ω	argumento perihelio, ω	longitud del perihelio, ϖ
Ceres	10,°587	80,°409	73,°213	153,°622
Plutón	17,°142	110,°303	113,°764	224,°067
Haumea	28,°225	122,°104	239,°360	361,°464
Makemake	28,°998	79,°597	298,°410	378,°007
Eris	44,°179	35,°874	151,°506	187,°380

Argumento del perihelio: $\omega = \varpi - \Omega$.

Distancias orbitales (J2000.0)

	semieje mayor, a		excentri–	distancias (ua)	
Planeta	en ua	10^6 km	cidad, e	q,mínima	Q,máxima
Ceres	2,7655	413,71	0,0800	2,544	2,987
Plutón	39,4817	5906,38	0,2488	28,641	50,322
Haumea	43,0808	6444,80	0,1963	34,624	51,538
Makemake	45,4823	6804,06	0,1597	38,218	52,746
Eris	67,6960	10127,18	0,4409	37,846	97,546

Traslación (J2000.0)

Planeta	periodo orbital P (años)	movimiento medio diario n	velocidad orbital media V (km/s)	periodo sinódico medio (días)
Ceres	4,60	$0\overset{\circ}{.}214304$	17,88	466,72
Plutón	247,94	$0\overset{\circ}{.}003975$	4,67	366,73
Haumea	282,77	$0\overset{\circ}{.}003486$	4,48	366,54
Makemake	306,74	$0\overset{\circ}{.}003213$	4,42	366,44
Eris	557,00	$0\overset{\circ}{.}001770$	3,44	365,90

La velocidad de escape es $\sqrt{2}$ veces la velocidad orbital.

Datos fotométricos

Planeta	albedo geométrico	albedo de Bond	magnitud visual, V, en oposic.	índice de color B–V	constante solar (Tierra=1)
Ceres	0,1		6,8	0,71	0,13
Plutón	∼0,6	∼0,5	15,1	0,85	0,0007
Haumea	0,7		16,5		0,0005
Makemake	0,8		16,0		0,0005
Eris	0,9		17,1		0,0002

La constante solar de la Tierra es: 1 370 W m^{-2} = 1,96 cal min^{-1} cm^{-2}.

Tamaño

Planeta	radio ecuat. en $\mathcal{R}_\oplus$	tamaño elipsoide en km	achata–miento, f	tamaño del angular a 1 ua	volumen Tierra=1 ($\approx 10^{12}$ km^3)
Ceres	0,076	$965 \times 961 \times 891$	0,075	$1\overset{''}{.}3$	0,0004
Plutón	0,186	2377	<0,006	$3\overset{''}{.}3$	0,0064
Haumea	∼0,157	$1920 \times 1540 \times 990$	∼0,4	$\sim 2\overset{''}{.}7$	∼0,002
Makemake	∼0,118	$1434 \times 1434 \times 1422$	0,008	$\sim 2\overset{''}{.}1$	∼0,002
Eris	0,185	2326	∼0	$3\overset{''}{.}3$	0,0064

El achatamiento se define como: $f = 1 - D_{polar}/D_{ecuat}$

Masa

Planeta	masa, M_P ($\mathcal{M}_\oplus$)	densidad media (g cm^{-3})	gravedad superf. ecu. (m s^{-2})	constante gravit., GM_P (10^{10} m^3 s^{-2})
Ceres	0,00016	2,2	0,56	6
Plutón	0,00218	1,9	0,62	87
Haumea	∼0,0007	2,6	∼0,3	∼27
Makemake	∼0,0007	∼2	∼0,5	∼27
Eris	0,00277	2,4	0,79	110

Descubrimiento de los planetas enanos

Ceres:	1 de enero de 1801, por Giuseppe Piazzi (1746–1826) en Palermo mediante observación visual. Anunció el descubrimiento el 24 de enero.
Plutón:	18 de febrero de 1930, por Clyde William Tombaugh (1906–1997). Descubrimiento hecho a partir de fotografías tomadas con un telescopio de 13 pulgadas de apertura en el observatorio Lowell (EEUU) los días 23 y 29 de enero, y hecho público el 13 de marzo.
Haumea:	7 de marzo de 2003, en el Observatorio de Sierra Nevada (España) y el 28 de diciembre de 2004 en el Observatorio de Monte Palomar (EEUU). El descubrimiento se anunció en julio de 2005 por M.E. Brown et al y por J.L. Ortiz et al. Aún no hay descubridor oficial.
Eris:	21 de octubre de 2003, por Michael E. Brown, Chad A. Trujillo y David L. Rabinowitz en el Observatorio de Monte Palomar (EEUU). El descubrimiento se anunció el 29 de julio de 2005.
Makemake:	31 de marzo de 2005, por Michael E. Brown, Chad A. Trujillo y David L. Rabinowitz en el Observatorio de Monte Palomar (EEUU). El descubrimiento se anunció el 29 de julio de 2005.

Satélites de los planetas enanos

planeta satélite	dimensiones (km)	mag.	periodo orbital (d)	descubrimiento
Plutón:				
I Caronte	1208	16,8	6,387	1978 Christy
II Nix	$50\times35\times33$	23,4	24,855	2005 Weaver et al
III Hidra	$65\times45\times25$	22,9	38,202	2005 Weaver et al
IV Cerbero	$19\times10\times9$	26,3	32,168	2011 Showalter et al
V Estigia	$16\times9\times8$	26,9	20,162	2012 Showalter et al
Haumea:				
I Hi'iaka	$\sim$310	20,6	49,46	2005 Brown y AOT
II Namaka	$\sim$170	21,9	18,28	2005 Brown y AOT
Makemake:				
I S/2015 (126472) 1	$\sim$ 175	23,8	$>$ 12	2016 Parker et al
Eris:				
I Disnomia	300–400	23,1	$\sim$14	2005 Brown y AOT

AOT: adaptive-optics team del Observatorio Keck en Mauna Kea.
Los valores del tamaño y el periodo del satélite de Makemake son preliminares.

Efemérides

Coordenadas astrométricas, incluyendo perturbaciones planetarias.

CERES 2019
(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	declinación δ_{2000} (° ′ ″)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	Ángulo de fase β (°)	mag. V
Ene	1	15 20 06,6	−11 46 27	3,182	2,652	16	8,9
Ene	11	15 35 00,5	−12 44 20	3,082	2,659	18	8,9
Ene	21	15 49 14,4	−13 34 33	2,974	2,666	19	8,8
Ene	31	16 02 38,9	−14 17 21	2,859	2,673	20	8,8
Feb	10	16 15 01,3	−14 53 04	2,738	2,680	21	8,7
Feb	20	16 26 07,8	−15 22 17	2,613	2,688	21	8,7
Mar	2	16 35 44,0	−15 45 50	2,486	2,695	22	8,6
Mar	12	16 43 32,5	−16 04 37	2,359	2,703	21	8,4
Mar	22	16 49 16,1	−16 19 43	2,235	2,711	20	8,3
Abr	1	16 52 38,8	−16 32 18	2,118	2,718	19	8,2
Abr	11	16 53 25,1	−16 43 26	2,010	2,726	17	8,0
Abr	21	16 51 27,9	−16 54 06	1,916	2,734	15	7,8
May	1	16 46 50,5	−17 04 59	1,840	2,742	11	7,6
May	11	16 39 50,7	−17 16 28	1,785	2,750	8	7,4
May	21	16 31 07,7	−17 28 55	1,756	2,758	4	7,1
May	31	16 21 34,8	−17 42 38	1,754	2,765	2	7,0
Jun	10	16 12 14,2	−17 58 15	1,779	2,773	5	7,3
Jun	20	16 04 06,0	−18 16 43	1,830	2,781	9	7,5
Jun	30	15 57 54,0	−18 38 53	1,905	2,789	13	7,7
Jul	10	15 54 06,3	−19 05 25	2,001	2,797	15	8,0
Jul	20	15 52 53,6	−19 36 33	2,113	2,804	18	8,2
Jul	30	15 54 12,7	−20 11 53	2,237	2,812	19	8,3
Ago	9	15 57 55,2	−20 50 45	2,370	2,820	20	8,5
Ago	19	16 03 47,6	−21 32 08	2,508	2,827	21	8,7
Ago	29	16 11 35,4	−22 14 52	2,650	2,834	21	8,8
Set	8	16 21 06,0	−22 57 48	2,791	2,842	21	8,9
Set	18	16 32 06,2	−23 39 42	2,931	2,849	20	9,0
Set	28	16 44 24,7	−24 19 26	3,066	2,856	19	9,1
Oct	8	16 57 52,2	−24 55 58	3,196	2,863	18	9,1
Oct	18	17 12 18,5	−25 28 19	3,319	2,870	17	9,2
Oct	28	17 27 35,4	−25 55 37	3,433	2,876	15	9,2
Nov	7	17 43 35,4	−26 17 11	3,537	2,883	13	9,2
Nov	17	18 00 09,9	−26 32 24	3,629	2,889	12	9,2
Nov	27	18 17 12,2	−26 40 51	3,709	2,896	10	9,2
Dic	7	18 34 35,1	−26 42 17	3,777	2,902	8	9,1
Dic	17	18 52 11,1	−26 36 36	3,830	2,907	6	9,1
Dic	27	19 09 54,3	−26 23 52	3,869	2,913	4	9,0

PLUTON 2019

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta	declinación	distancia (ua)		Ángulo	mag.
		α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} (° ′ ″)	a Tierra Δ	al Sol r	de fase β (°)	V
Ene	1	19 28 03,6	−22 00 00	34,679	33,711	0	14,3
Ene	11	19 29 30,3	−21 57 52	34,702	33,718	0	14,3
Ene	21	19 30 57,0	−21 55 41	34,695	33,724	0	14,3
Ene	31	19 32 21,6	−21 53 32	34,660	33,731	1	14,4
Feb	10	19 33 42,3	−21 51 30	34,597	33,737	1	14,4
Feb	20	19 34 57,0	−21 49 39	34,508	33,744	1	14,4
Mar	2	19 36 04,1	−21 48 05	34,397	33,750	1	14,4
Mar	12	19 37 02,0	−21 46 51	34,267	33,757	1	14,4
Mar	22	19 37 49,5	−21 46 00	34,121	33,763	2	14,4
Abr	1	19 38 25,5	−21 45 36	33,965	33,770	2	14,4
Abr	11	19 38 49,4	−21 45 41	33,802	33,776	2	14,4
Abr	21	19 39 00,7	−21 46 17	33,638	33,783	2	14,3
May	1	19 38 59,6	−21 47 22	33,478	33,789	2	14,3
May	11	19 38 46,2	−21 48 55	33,327	33,796	2	14,3
May	21	19 38 21,3	−21 50 56	33,188	33,803	1	14,3
May	31	19 37 46,1	−21 53 21	33,068	33,809	1	14,3
Jun	10	19 37 01,7	−21 56 06	32,968	33,816	1	14,3
Jun	20	19 36 10,0	−21 59 05	32,892	33,822	1	14,3
Jun	30	19 35 12,9	−22 02 16	32,843	33,829	0	14,3
Jul	10	19 34 12,4	−22 05 31	32,822	33,835	0	14,2
Jul	20	19 33 10,8	−22 08 46	32,830	33,842	0	14,2
Jul	30	19 32 10,5	−22 11 55	32,867	33,848	1	14,3
Ago	9	19 31 13,6	−22 14 54	32,933	33,855	1	14,3
Ago	19	19 30 22,2	−22 17 38	33,024	33,861	1	14,3
Ago	29	19 29 38,5	−22 20 03	33,140	33,868	1	14,3
Set	8	19 29 03,9	−22 22 07	33,277	33,874	1	14,3
Set	18	19 28 40,1	−22 23 46	33,431	33,881	2	14,3
Set	28	19 28 27,9	−22 24 59	33,597	33,888	2	14,3
Oct	8	19 28 28,2	−22 25 45	33,772	33,894	2	14,4
Oct	18	19 28 41,2	−22 26 04	33,950	33,901	2	14,4
Oct	28	19 29 06,8	−22 25 56	34,126	33,907	2	14,4
Nov	7	19 29 44,6	−22 25 21	34,295	33,914	2	14,4
Nov	17	19 30 33,9	−22 24 21	34,452	33,920	1	14,4
Nov	27	19 31 33,4	−22 22 59	34,594	33,927	1	14,4
Dic	7	19 32 41,9	−22 21 17	34,715	33,934	1	14,4
Dic	17	19 33 57,6	−22 19 18	34,813	33,940	1	14,4
Dic	27	19 35 18,9	−22 17 06	34,885	33,947	1	14,4

La magnitud de Plutón incluye la de su satélite principal Caronte.

HAUMEA 2019

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta	declinación	distancia (ua)		Ángulo	mag.
		α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} (° ′ ″)	a Tierra Δ	al Sol r	de fase β (°)	V
Ene	1	14 18 36,3	+15 49 48	50,682	50,444	1	17,4
Ene	11	14 18 59,6	+15 53 31	50,529	50,442	1	17,4
Ene	21	14 19 15,3	+15 58 06	50,373	50,440	1	17,4
Ene	31	14 19 22,9	+16 03 26	50,219	50,438	1	17,4
Feb	10	14 19 22,4	+16 09 19	50,072	50,436	1	17,4
Feb	20	14 19 13,9	+16 15 34	49,935	50,433	1	17,4
Mar	2	14 18 57,8	+16 21 59	49,814	50,431	1	17,3
Mar	12	14 18 34,8	+16 28 19	49,712	50,429	1	17,3
Mar	22	14 18 05,8	+16 34 22	49,632	50,427	1	17,3
Abr	1	14 17 31,9	+16 39 56	49,575	50,425	1	17,3
Abr	11	14 16 54,4	+16 44 49	49,544	50,422	1	17,3
Abr	21	14 16 14,5	+16 48 52	49,539	50,420	1	17,3
May	1	14 15 33,9	+16 51 57	49,561	50,418	1	17,3
May	11	14 14 53,8	+16 53 58	49,607	50,416	1	17,3
May	21	14 14 15,6	+16 54 50	49,677	50,414	1	17,3
May	31	14 13 40,7	+16 54 33	49,768	50,411	1	17,3
Jun	10	14 13 10,3	+16 53 07	49,877	50,409	1	17,4
Jun	20	14 12 45,3	+16 50 34	50,001	50,407	1	17,4
Jun	30	14 12 26,6	+16 46 59	50,137	50,405	1	17,4
Jul	10	14 12 14,8	+16 42 28	50,280	50,402	1	17,4
Jul	20	14 12 10,3	+16 37 09	50,426	50,400	1	17,4
Jul	30	14 12 13,5	+16 31 09	50,572	50,398	1	17,4
Ago	9	14 12 24,3	+16 24 38	50,712	50,396	1	17,4
Ago	19	14 12 42,5	+16 17 47	50,843	50,394	1	17,4
Ago	29	14 13 07,7	+16 10 46	50,962	50,391	1	17,4
Set	8	14 13 39,5	+16 03 45	51,065	50,389	1	17,4
Set	18	14 14 17,1	+15 56 56	51,148	50,387	1	17,4
Set	28	14 14 59,5	+15 50 29	51,210	50,385	1	17,4
Oct	8	14 15 46,0	+15 44 33	51,248	50,382	1	17,4
Oct	18	14 16 35,3	+15 39 17	51,261	50,380	1	17,4
Oct	28	14 17 26,2	+15 34 51	51,249	50,378	1	17,4
Nov	7	14 18 17,5	+15 31 22	51,211	50,375	1	17,4
Nov	17	14 19 07,9	+15 28 54	51,148	50,373	1	17,4
Nov	27	14 19 56,1	+15 27 33	51,062	50,371	1	17,4
Dic	7	14 20 40,9	+15 27 20	50,956	50,369	1	17,4
Dic	17	14 21 21,0	+15 28 16	50,831	50,366	1	17,4
Dic	27	14 21 55,5	+15 30 19	50,692	50,364	1	17,4

MAKEMAKE 2019

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta	declinación	distancia (ua)		Ángulo	mag.
		α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} ($^\circ$ $'$ $''$)	a Tierra Δ	al Sol r	de fase β ($^\circ$)	V
Ene	1	13 07 43,1	+23 33 23	52,465	52,540	1	17,2
Ene	11	13 07 51,0	+23 38 15	52,314	52,541	1	17,1
Ene	21	13 07 50,8	+23 43 45	52,171	52,542	1	17,1
Ene	31	13 07 42,7	+23 49 43	52,038	52,543	1	17,1
Feb	10	13 07 26,9	+23 55 56	51,922	52,544	1	17,1
Feb	20	13 07 04,2	+24 02 10	51,824	52,544	1	17,1
Mar	2	13 06 35,4	+24 08 11	51,749	52,545	1	17,1
Mar	12	13 06 01,6	+24 13 47	51,698	52,546	1	17,1
Mar	22	13 05 24,0	+24 18 46	51,673	52,547	1	17,1
Abr	1	13 04 44,0	+24 22 56	51,675	52,548	1	17,1
Abr	11	13 04 03,1	+24 26 10	51,702	52,549	1	17,1
Abr	21	13 03 22,6	+24 28 19	51,755	52,549	1	17,1
May	1	13 02 44,0	+24 29 21	51,831	52,550	1	17,1
May	11	13 02 08,6	+24 29 11	51,928	52,551	1	17,1
May	21	13 01 37,5	+24 27 51	52,044	52,552	1	17,1
May	31	13 01 11,9	+24 25 23	52,173	52,553	1	17,1
Jun	10	13 00 52,4	+24 21 50	52,313	52,554	1	17,2
Jun	20	13 00 39,8	+24 17 18	52,460	52,554	1	17,2
Jun	30	13 00 34,5	+24 11 55	52,610	52,555	1	17,2
Jul	10	13 00 36,7	+24 05 48	52,758	52,556	1	17,2
Jul	20	13 00 46,3	+23 59 07	52,900	52,557	1	17,2
Jul	30	13 01 03,2	+23 52 02	53,032	52,558	1	17,2
Ago	9	13 01 27,1	+23 44 43	53,151	52,559	1	17,2
Ago	19	13 01 57,4	+23 37 21	53,254	52,559	1	17,2
Ago	29	13 02 33,3	+23 30 07	53,337	52,560	1	17,2
Set	8	13 03 14,1	+23 23 10	53,398	52,561	1	17,1
Set	18	13 03 58,7	+23 16 41	53,436	52,562	1	17,1
Set	28	13 04 46,1	+23 10 49	53,449	52,563	1	17,1
Oct	8	13 05 35,3	+23 05 43	53,437	52,563	1	17,1
Oct	18	13 06 24,9	+23 01 31	53,399	52,564	1	17,1
Oct	28	13 07 13,7	+22 58 18	53,337	52,565	1	17,2
Nov	7	13 08 00,6	+22 56 10	53,253	52,566	1	17,2
Nov	17	13 08 44,1	+22 55 10	53,148	52,567	1	17,2
Nov	27	13 09 23,4	+22 55 20	53,025	52,568	1	17,2
Dic	7	13 09 57,2	+22 56 39	52,889	52,568	1	17,2
Dic	17	13 10 24,6	+22 59 04	52,742	52,569	1	17,2
Dic	27	13 10 45,0	+23 02 30	52,590	52,570	1	17,2

ERIS 2019

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta	declinación	distancia (ua)		Ángulo	mag.
		α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} (° ′ ″)	a Tierra Δ	al Sol r	de fase β (°)	V
Ene	1	01 41 47,9	−02 16 58	95,863	96,079	1	18,8
Ene	11	01 41 43,7	−02 15 39	96,030	96,077	1	18,8
Ene	21	01 41 43,6	−02 13 56	96,199	96,075	1	18,8
Ene	31	01 41 47,5	−02 11 51	96,364	96,073	1	18,8
Feb	10	01 41 55,4	−02 09 28	96,519	96,071	1	18,8
Feb	20	01 42 06,9	−02 06 50	96,661	96,070	1	18,8
Mar	2	01 42 21,8	−02 04 01	96,785	96,068	0	18,8
Mar	12	01 42 39,5	−02 01 06	96,888	96,066	0	18,8
Mar	22	01 42 59,6	−01 58 09	96,965	96,064	0	18,8
Abr	1	01 43 21,4	−01 55 14	97,016	96,062	0	18,8
Abr	11	01 43 44,3	−01 52 27	97,040	96,060	0	18,8
Abr	21	01 44 07,8	−01 49 50	97,034	96,058	0	18,8
May	1	01 44 31,1	−01 47 27	97,001	96,056	0	18,8
May	11	01 44 53,6	−01 45 22	96,941	96,054	0	18,8
May	21	01 45 14,7	−01 43 37	96,855	96,052	0	18,8
May	31	01 45 34,0	−01 42 15	96,747	96,050	0	18,8
Jun	10	01 45 50,7	−01 41 16	96,619	96,048	1	18,8
Jun	20	01 46 04,6	−01 40 42	96,475	96,046	1	18,8
Jun	30	01 46 15,3	−01 40 33	96,319	96,044	1	18,8
Jul	10	01 46 22,4	−01 40 49	96,155	96,042	1	18,8
Jul	20	01 46 25,7	−01 41 28	95,988	96,040	1	18,8
Jul	30	01 46 25,3	−01 42 29	95,822	96,038	1	18,8
Ago	9	01 46 21,0	−01 43 50	95,662	96,036	1	18,8
Ago	19	01 46 13,1	−01 45 27	95,513	96,034	1	18,8
Ago	29	01 46 01,6	−01 47 18	95,378	96,032	1	18,8
Set	8	01 45 47,0	−01 49 18	95,263	96,030	0	18,8
Set	18	01 45 29,6	−01 51 24	95,169	96,028	0	18,8
Set	28	01 45 10,1	−01 53 31	95,101	96,026	0	18,8
Oct	8	01 44 48,8	−01 55 33	95,060	96,024	0	18,8
Oct	18	01 44 26,6	−01 57 28	95,047	96,022	0	18,7
Oct	28	01 44 04,1	−01 59 10	95,064	96,020	0	18,8
Nov	7	01 43 42,1	−02 00 35	95,111	96,018	0	18,8
Nov	17	01 43 21,2	−02 01 40	95,184	96,016	0	18,8
Nov	27	01 43 02,1	−02 02 22	95,284	96,014	0	18,8
Dic	7	01 42 45,5	−02 02 38	95,406	96,012	1	18,8
Dic	17	01 42 31,9	−02 02 28	95,546	96,010	1	18,8
Dic	27	01 42 21,8	−02 01 51	95,701	96,008	1	18,8

Asteroides

En julio de 2018 se llevan descubiertos unos 780 000 asteroides, de los cuales unos 523 000 han sido numerados y unos 21 300 han recibido un nombre. Por su órbita y su tamaño, unos 1 916 son considerados potencialmente peligrosos.

En este apartado se dan los datos orbitales, físicos y fotométricos de 25 asteroides, de entre los más brillantes, la fecha de la oposición de los primeros asteroides a lo largo de este año, si tal oposición tiene lugar, y, por último, se incluyen tablas con las efemérides de tales asteroides.

En la tabla siguiente se incluyen los primeros 30 asteroides cuya magnitud visual en la oposición media es $V < 10$.

Elementos orbitales

nombre		T	a (ua)	e	ω (°)	Ω (°)	i (°)
1	Ceres	2018,34	2,7674	0,0756	73,219	80,308	10,594
2	Palas	2018,59	2,7723	0,2304	310,018	173,081	34,838
3	Juno	2014,59	2,6693	0,2570	248,154	169,857	12,989
4	Vesta	2018,42	2,3614	0,0888	150,703	103,812	7,142
5	Astrea	2016,09	2,5739	0,1912	358,717	141,582	5,367
6	Hebe	2018,42	2,4254	0,2030	239,840	138,643	14,737
7	Iris	2017,92	2,3852	0,2313	145,268	259,563	5,524
8	Flora	2017,59	2,2010	0,1569	285,258	110,899	5,887
9	Metis	2016,51	2,3859	0,1230	6,388	68,910	5,577
10	Hygiea	2017,00	3,1410	0,1126	312,226	283,209	3,832
11	Partenope	2016,42	2,4522	0,1006	195,753	125,558	4,630
12	Victoria	2018,01	2,3343	0,2201	69,635	235,410	8,373
13	Egeria	2017,25	2,5770	0,0847	80,625	43,231	16,537
14	Irene	2017,42	2,5854	0,1667	97,868	86,124	9,122
15	Eunomia	2016,00	2,6457	0,1860	98,281	292,952	11,745
16	Psyche	2015,34	2,9262	0,1336	228,417	150,088	3,095
18	Melpomene	2016,76	2,2963	0,2181	227,875	150,440	10,129
19	Fortuna	2017,26	2,4417	0,1585	182,054	211,145	1,574
20	Masalia	2018,17	2,4087	0,1422	256,591	206,110	0,709
27	Euterpe	2016,00	2,3464	0,1732	356,487	94,788	1,584
29	Amphitrite	2016,17	2,5544	0,0726	63,276	356,347	6,082
39	Laetitia	2015,50	2,7710	0,1117	208,798	156,991	10,366
40	Harmonia	2018,34	2,2675	0,0470	269,848	94,189	4,257
44	Nysa	2018,50	2,4230	0,1479	343,252	131,551	3,707
51	Nemausa	2018,42	2,3660	0,0673	2,717	176,011	9,978
89	Julia	2017,83	2,5504	0,1846	45,425	311,550	16,128
192	Nausikaa	2015,67	2,4031	0,2450	30,655	343,111	6,798
230	Atamantis	2015,42	2,3820	0,0615	140,150	239,854	9,451
349	Dembowska	2017,34	2,9231	0,0915	345,862	32,345	8,246
354	Eleonora	2015,00	2,7990	0,1142	5,540	140,358	18,398

Los elementos de la órbita se refieren al equinoccio y eclíptica medios J2000.0:

T = instante de paso por el perihelio,
a = semieje mayor de la órbita,
e = excentricidad,
ω = argumento del perihelio,
Ω = longitud del nodo ascendente y
i = inclinación de la órbita respecto de la eclíptica.

Las distancias al Sol mínima (distancia perihélica, q) y máxima (distancia afélica, Q) vienen dadas por:

$$q = a(1-e) \text{ y } Q = a(1+e)$$

El periodo de revolución, expresado en años, se determina mediante:

$$\mathrm{P} = a^{3/2}$$

El movimiento medio es: $n = 0{,}98561/P$ (°/día).

Datos físicos y fotométricos

nombre		tamaño	tipo	P_{rotac}	V(a,0)	coef. mag.	
		(km)	esp.	(h)	(magn.)	H	G
1	Ceres	965×961×891	C	9,074	6,79	3,34	0,12
2	Palas	570×525×500	B	7,813	7,59	4,13	0,11
3	Juno	320×267×200	S	7,210	8,58	5,33	0,32
4	Vesta	573×557×446	V	5,342	5,74	3,20	0,32
5	Astrea	167×123×82	S	16,800	9,89	6,85	0,15
6	Hebe	205×185×170	S	7,275	8,41	5,71	0,24
7	Iris	240×200×200	S	7,139	8,11	5,51	0,15
8	Flora	161×161×161	S	12,865	8,60	6,49	0,28
9	Metis	222×182×130	S	5,079	8,88	6,28	0,17
10	Hygiea	530×407×370	C	27,623	9,56	5,43	0,15
11	Partenope	153×153×153	S	13,729	9,31	6,55	0,15
12	Victoria	113	S	8,660	9,71	7,24	0,22
13	Egeria	208×208×208	C	7,045	9,78	6,74	0,15
14	Irene	167×153×139	S	15,028	9,37	6,30	0,15
15	Eunomia	357×255×212	S	6,083	8,47	5,28	0,23
16	Psyche	240×185×145	M	4,196	9,65	5,90	0,20
18	Melpomene	170×155×129	S	11,570	8,88	6,51	0,25
19	Fortuna	225×205×195	C	7,443	9,87	7,13	0,10
20	Masalia	160×145×132	S	8,098	9,15	6,50	0,25
27	Euterpe	124×75	S	10,410	9,5	7,0	0,15
29	Amphitrite	233×212×193	S	5,392	8,84	5,85	0,20
39	Laetitia	210×150×107	S	5,138	9,5	6,1	0,15
40	Harmonia	108	S	8,910	9,3	7,0	0,15
44	Nysa	71	E	6,422	9,72	7,03	0,46
51	Nemausa	148	C	7,783	9,91	7,35	0,06

Los diez mayores asteroides de tamaño conocido, ordenados de mayor a menor de acuerdo con el diámetro de una esfera de volumen equivalente, son: 1 Ceres, 2 Palas (Pallas), 4 Vesta, 10 Hygiea, 704 Interamnia, 52 Europa, 511 Davida, 87 Silvia (Sylvia), 65 Cibeles (Cybele) y 15 Eunomia, todos ellos mayores de 260 km.

Se ha podido determinar la masa de muy pocos asteroides. Los cinco de mayor masa conocida, ordenados de mayor a menor, son: 1 Ceres, 4 Vesta, 2 Palas (Pallas), 10 Hygiea y 31 Eufrósine (Euphrosyne), todos ellos con una masa superior a $5\ 10^{19}$ kg.

El tipo espectral se refiere a la composición del asteroide o a algún parámetro relacionado con su reflectividad. En la tabla figuran los siguientes casos:

C = tipo carbonáceo, con albedo bajo (∼0,07),
B = tipo carbonáceo, con espectro azulado y albedo bajo (∼0,07),
M = tipo metálico, con albedo medio (∼0,15),
S = tipo pétreo, con albedo medio (∼0,15),
V = tipo Vesta, con albedo alto (∼0,25) y
E = con albedo muy alto (∼0,33).

La columna indicada por V(a,0) da la magnitud media del asteroide cuando se halla en oposición (distancia al Sol igual al semieje de la órbita, distancia a la Tierra igual al semieje menos una ua) y con fase nula.

El cálculo de la magnitud para cualquier instante se puede efectuar mediante los coeficientes H y G dados en las dos últimas columnas de la tabla. Para ello es necesario conocer la distancia del asteroide al Sol, r, y a la Tierra, Δ, así como el ángulo de fase β (ver tablas en las páginas siguientes). La magnitud aparente predicha (para $0^\circ < \beta < 120^\circ$) será:

$$V = \mathrm{H} + 5\log(r\Delta) - 2{,}5\log[(1-\mathrm{G})\,\Phi_1 + \mathrm{G}\,\Phi_2]$$

donde r y Δ se expresan en ua y siendo:

$$\log_e\Phi_1 = -3{,}33\left[\tan\left(\frac{\beta}{2}\right)\right]^{0{,}63}$$
$$\log_e\Phi_2 = -1{,}87\left[\tan\left(\frac{\beta}{2}\right)\right]^{1{,}22}$$

Cuando no está tabulado, el ángulo de fase β se puede calcular conocidas las distancias entre Sol, Tierra y asteroide, mediante la fórmula:

$$\cos\beta = \frac{\Delta^2 + r^2 - R^2}{2\,r\,\Delta}$$

donde R es la distancia Tierra-Sol (ver sección *SOL* o, en primera aproximación, $R = 1$).

Fechas de la oposición en 2019 de los primeros asteroides

	nombre	oposición en longitud	magnitud V	oposición en asc. recta
1	Ceres	May 28, 22^h	7,0	May 29, 11^h
2	Palas	Abr 10, 1^h	8,0	Abr 19, 16^h
4	Vesta	Nov 12, 8^h	6,5	Nov 14, 9^h
7	Iris	Abr 05, 9^h	9,4	Abr 02, 17^h
8	Flora	May 11, 22^h	9,7	May 13, 18^h
9	Metis	Oct 25, 19^h	8,6	Oct 27, 14^h
10	Hygiea	Nov 26, 10^h	10,3	Nov 25, 21^h
11	Partenope	May 14, 10^h	9,5	May 16, 0^h
13	Egeria	Ago 30, 12^h	10,8	Set 08, 1^h
14	Irene	Oct 17, 4^h	10,6	Oct 21, 0^h
15	Eunomia	Ago 13, 6^h	8,3	Ago 10, 19^h
16	Psyche	Ago 07, 4^h	9,3	Ago 06, 20^h
18	Melpomene	Jul 02, 1^h	9,2	Jul 01, 6^h
19	Fortuna	May 09, 14^h	10,7	May 09, 18^h
20	Masalia	May 20, 12^h	9,7	May 20, 15^h
29	Amphitrite	Oct 13, 12^h	8,7	Oct 12, 3^h
39	Laetitia	Ago 17, 3^h	9,1	Ago 15, 23^h

La oposición en longitud corresponde al instante de fase mínima.

Asteroides cercanos a la Tierra

Se conoce un número cada vez mayor de asteroides que se acercan a la órbita de la Tierra. A aquellos cuyo perihelio q llega a ser menor de 1,3 ua se los denomina NEA, acrónimo de la expresión inglesa Near Earth Asteroids. Incluyen varios grupos especiales, que reciben el nombre del primer asteroide descubierto con unas determinadas características:

PHA Son los NEA potencialmente peligrosos, dado que pueden llegar a estar a una distancia de la Tierra menor de 0,05 ua (7,5 millones de km) y cuya magnitud absoluta es $H < 22$, lo que se traduce en un tamaño mayor de unos 150 m.

Atón Son aquellos NEA que cruzan la órbita de la Tierra ($Q > 1 - e_\oplus$ ua) y cuyo semieje orbital es menor que el de ésta ($a < 1$ ua).

Apolo Son aquellos NEA que cruzan la órbita de la Tierra ($q < 1 + e_\oplus$ ua) y cuyo semieje orbital es mayor que el de ésta ($a > 1$ ua).

Amor Son aquellos NEA que no llegan a cruzar la órbita terrestre pero cuyo perihelio es $1 + e_\oplus < q < 1{,}3$ ua ($e_\oplus = 0{,}017$).

Efemérides

A continuación figuran las efemérides de los primeros asteroides para cada diez días en el intervalo en que su elongación solar es mayor de 90°. No se han considerado las perturbaciones planetarias. Las coordenadas ecuatoriales se refieren al equinoccio y ecuador medios de la época J2000. Se trata de coordenadas *astrométricas*, es decir, coordenadas geocéntricas corregidas únicamente de tiempo-luz pero no de aberración ánua.

1 CERES 2019

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Consultar efemérides en la página 246, apartado de planetas enanos

2 PALAS 2019

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo	mag.
		α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} (° ′ ″)	a Tierra Δ	al Sol r	de fase β (°)	V
Ene	21	13 46 48,1	−03 58 21	2,070	2,355	25	8,8
Ene	31	13 56 26,2	−02 19 48	1,960	2,377	24	8,6
Feb	10	14 03 54,9	−00 13 24	1,857	2,399	23	8,5
Feb	20	14 08 55,8	+02 20 54	1,765	2,421	21	8,4
Mar	2	14 11 14,7	+05 20 32	1,688	2,444	18	8,2
Mar	12	14 10 42,7	+08 39 14	1,631	2,467	15	8,0
Mar	22	14 07 27,3	+12 06 01	1,598	2,491	13	7,9
Abr	1	14 01 53,1	+15 26 40	1,591	2,515	11	7,9
Abr	11	13 54 43,0	+18 26 02	1,611	2,539	11	7,9
Abr	21	13 46 57,4	+20 51 38	1,658	2,563	12	8,0
May	1	13 39 37,5	+22 36 52	1,730	2,588	14	8,2
May	11	13 33 36,5	+23 40 41	1,822	2,612	17	8,5
May	21	13 29 32,4	+24 06 44	1,930	2,637	18	8,7
May	31	13 27 41,5	+24 01 09	2,051	2,661	20	8,9
Jun	10	13 28 07,3	+23 30 12	2,181	2,685	21	9,1
Jun	20	13 30 42,6	+22 40 02	2,317	2,710	22	9,2
Jun	30	13 35 14,2	+21 35 41	2,455	2,734	22	9,4
Jul	10	13 41 28,7	+20 21 09	2,595	2,758	22	9,5

4 VESTA 2019
(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo	mag.
		α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} ($^\circ$ $'$ $''$)	a Tierra Δ	al Sol r	de fase β ($^\circ$)	V
Ago	19	03 30 51,4	+11 06 53	2,243	2,498	24	7,8
Ago	29	03 38 46,3	+11 13 30	2,125	2,505	23	7,7
Set	8	03 44 34,4	+11 10 43	2,008	2,512	22	7,6
Set	18	03 47 56,4	+10 59 06	1,898	2,518	21	7,4
Set	28	03 48 34,0	+10 39 22	1,796	2,524	19	7,2
Oct	8	03 46 14,7	+10 12 54	1,708	2,530	16	7,1
Oct	18	03 41 01,2	+09 41 51	1,638	2,535	12	6,9
Oct	28	03 33 13,7	+09 09 10	1,589	2,540	8	6,7
Nov	7	03 23 36,4	+08 38 51	1,566	2,545	5	6,5
Nov	17	03 13 16,0	+08 15 20	1,572	2,549	4	6,5
Nov	27	03 03 24,3	+08 02 31	1,605	2,553	8	6,7
Dic	7	02 55 08,7	+08 03 15	1,664	2,557	12	6,9
Dic	17	02 49 16,3	+08 18 29	1,747	2,560	15	7,1
Dic	27	02 46 09,8	+08 47 36	1,849	2,563	18	7,3

7 IRIS 2019
(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo	mag.
		α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} ($^\circ$ $'$ $''$)	a Tierra Δ	al Sol r	de fase β ($^\circ$)	V
Ene	11	13 05 15,9	−13 17 33	2,499	2,687	21	10,7
Ene	21	13 11 01,2	−14 12 00	2,378	2,706	21	10,6
Ene	31	13 14 40,5	−14 54 36	2,260	2,724	20	10,5
Feb	10	13 15 57,2	−15 23 24	2,147	2,741	19	10,3
Feb	20	13 14 40,4	−15 36 24	2,044	2,758	17	10,2
Mar	2	13 10 48,9	−15 31 48	1,957	2,774	14	10,0
Mar	12	13 04 33,8	−15 08 25	1,889	2,790	10	9,8
Mar	22	12 56 27,1	−14 26 54	1,845	2,804	7	9,6
Abr	1	12 47 17,1	−13 30 08	1,828	2,818	3	9,4
Abr	11	12 38 02,3	−12 23 23	1,840	2,831	4	9,4
Abr	21	12 29 42,4	−11 13 46	1,880	2,844	7	9,7
May	1	12 23 03,3	−10 08 12	1,947	2,855	11	9,9
May	11	12 18 34,3	−09 12 22	2,037	2,866	14	10,1
May	21	12 16 27,7	−08 29 58	2,146	2,876	16	10,3
May	31	12 16 40,6	−08 02 29	2,269	2,886	18	10,5
Jun	10	12 19 03,9	−07 50 04	2,403	2,894	19	10,7
Jun	20	12 23 23,5	−07 51 51	2,543	2,902	20	10,9
Jun	30	12 29 24,2	−08 06 22	2,686	2,909	20	11,0

8 FLORA 2019

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	declinación δ_{2000} (° ′ ″)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	ángulo de fase β (°)	mag. V
Feb	20	15 38 34,2	−12 46 38	2,255	2,545	23	11,2
Mar	2	15 45 37,7	−12 49 13	2,123	2,546	22	11,1
Mar	12	15 50 25,0	−12 42 24	1,995	2,546	21	10,9
Mar	22	15 52 37,1	−12 26 42	1,876	2,546	19	10,7
Abr	1	15 51 59,1	−12 02 57	1,767	2,544	17	10,5
Abr	11	15 48 22,9	−11 32 23	1,675	2,542	14	10,3
Abr	21	15 41 58,1	−10 57 14	1,602	2,540	10	10,1
May	1	15 33 14,0	−10 20 29	1,552	2,536	6	9,9
May	11	15 23 01,4	−09 46 05	1,529	2,532	3	9,7
May	21	15 12 29,7	−09 18 31	1,533	2,527	6	9,8
May	31	15 02 48,4	−09 01 34	1,563	2,522	10	10,0
Jun	10	14 54 56,9	−08 57 58	1,618	2,515	13	10,2
Jun	20	14 49 34,8	−09 08 42	1,692	2,508	17	10,4
Jun	30	14 46 58,3	−09 33 09	1,782	2,501	20	10,6
Jul	10	14 47 09,1	−10 09 55	1,885	2,492	22	10,7
Jul	20	14 49 58,2	−10 56 57	1,995	2,484	23	10,9
Jul	30	14 55 10,5	−11 51 59	2,110	2,474	24	11,0
Ago	9	15 02 32,0	−12 53 00	2,228	2,464	24	11,1

9 METIS 2019

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	declinación δ_{2000} (° ′ ″)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	ángulo de fase β (°)	mag. V
Jul	20	01 53 05,0	+05 31 51	2,058	2,272	27	10,8
Jul	30	02 04 34,8	+06 22 10	1,930	2,259	27	10,6
Ago	9	02 14 35,6	+07 02 07	1,804	2,246	26	10,5
Ago	19	02 22 47,1	+07 31 03	1,682	2,233	25	10,3
Ago	29	02 28 45,7	+07 48 22	1,565	2,221	24	10,1
Set	8	02 32 05,2	+07 53 41	1,458	2,209	22	9,8
Set	18	02 32 25,2	+07 47 23	1,362	2,197	19	9,6
Set	28	02 29 32,5	+07 30 29	1,281	2,186	15	9,3
Oct	8	02 23 33,0	+07 05 26	1,219	2,175	10	9,0
Oct	18	02 15 03,6	+06 36 37	1,180	2,165	5	8,7
Oct	28	02 05 08,4	+06 09 39	1,165	2,156	3	8,6
Nov	7	01 55 14,7	+05 51 07	1,177	2,146	7	8,8
Nov	17	01 46 50,7	+05 46 35	1,212	2,138	12	9,1
Nov	27	01 41 00,7	+05 59 12	1,269	2,130	17	9,3

9 METIS (cont.) 2019
(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo	mag.
		α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} ($^\circ$ $'$ $''$)	a Tierra Δ	al Sol r	de fase β ($^\circ$)	V
Dic	7	01 38 22,9	+06 29 55	1,344	2,123	21	9,5
Dic	17	01 39 05,8	+07 17 31	1,433	2,116	23	9,8
Dic	27	01 42 58,8	+08 19 36	1,532	2,111	26	10,0

10 HYGIEA 2019
(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo	mag.
		α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} ($^\circ$ $'$ $''$)	a Tierra Δ	al Sol r	de fase β ($^\circ$)	V
Set	8	04 26 56,6	+24 57 36	3,245	3,494	17	11,6
Set	18	04 30 49,5	+25 10 39	3,103	3,494	16	11,5
Set	28	04 32 45,7	+25 19 23	2,966	3,495	15	11,3
Oct	8	04 32 34,0	+25 23 19	2,839	3,495	14	11,2
Oct	18	04 30 10,1	+25 21 52	2,726	3,494	12	11,0
Oct	28	04 25 37,5	+25 14 14	2,632	3,494	9	10,9
Nov	7	04 19 12,0	+24 59 46	2,561	3,493	7	10,7
Nov	17	04 11 24,8	+24 38 28	2,518	3,492	3	10,5
Nov	27	04 02 57,0	+24 11 11	2,504	3,490	1	10,3
Dic	7	03 54 38,0	+23 39 57	2,522	3,488	4	10,5
Dic	17	03 47 15,5	+23 07 43	2,569	3,486	7	10,7
Dic	27	03 41 26,4	+22 37 36	2,644	3,484	10	10,9

11 PARTENOPE 2019
(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo	mag.
		α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} ($^\circ$ $'$ $''$)	a Tierra Δ	al Sol r	de fase β ($^\circ$)	V
Feb	10	15 26 00,2	−13 38 51	2,354	2,521	23	11,5
Feb	20	15 36 10,0	−13 56 24	2,213	2,511	23	11,4
Mar	2	15 44 36,1	−14 04 21	2,074	2,501	23	11,2
Mar	12	15 50 57,0	−14 02 46	1,940	2,490	22	11,0
Mar	22	15 54 52,4	−13 52 02	1,813	2,479	20	10,8
Abr	1	15 56 05,0	−13 32 48	1,698	2,468	18	10,6
Abr	11	15 54 22,1	−13 06 05	1,598	2,457	15	10,4
Abr	21	15 49 46,9	−12 33 45	1,516	2,446	11	10,1
May	1	15 42 40,9	−11 58 22	1,456	2,435	7	9,8

11 PARTENOPE (cont.) 2019
(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	declinación δ_{2000} ($^\circ$ $'$ $''$)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	ángulo de fase β ($^\circ$)	mag. V
May	11	15 33 47,5	−11 23 36	1,421	2,424	4	9,6
May	21	15 24 13,2	−10 53 56	1,411	2,413	5	9,6
May	31	15 15 09,1	−10 33 34	1,428	2,402	9	9,8
Jun	10	15 07 41,1	−10 25 51	1,468	2,391	13	10,0
Jun	20	15 02 37,0	−10 32 31	1,528	2,380	17	10,2
Jun	30	15 00 19,9	−10 53 27	1,605	2,369	20	10,4
Jul	10	15 00 56,7	−11 27 27	1,694	2,358	22	10,6
Jul	20	15 04 20,6	−12 12 25	1,793	2,348	24	10,8
Jul	30	15 10 17,5	−13 05 55	1,898	2,337	25	10,9
Ago	9	15 18 33,3	−14 05 37	2,007	2,327	26	11,1
Ago	19	15 28 52,3	−15 09 05	2,117	2,317	26	11,2

13 EGERIA 2019
(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	declinación δ_{2000} ($^\circ$ $'$ $''$)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	ángulo de fase β ($^\circ$)	mag. V
May	31	23 12 50,8	−24 20 21	2,605	2,789	21	12,1
Jun	10	23 21 56,0	−24 21 42	2,477	2,786	21	12,0
Jun	20	23 29 19,7	−24 36 15	2,352	2,784	21	11,8
Jun	30	23 34 46,3	−25 04 50	2,233	2,781	20	11,7
Jul	10	23 37 57,6	−25 47 27	2,121	2,778	18	11,5
Jul	20	23 38 37,5	−26 42 28	2,021	2,774	17	11,4
Jul	30	23 36 33,4	−27 46 40	1,936	2,771	14	11,2
Ago	9	23 31 41,2	−28 54 26	1,869	2,767	12	11,0
Ago	19	23 24 15,7	−29 57 55	1,824	2,762	10	10,9
Ago	29	23 14 51,0	−30 48 37	1,803	2,758	9	10,8
Set	8	23 04 23,6	−31 18 30	1,808	2,753	9	10,8
Set	18	22 54 04,7	−31 22 34	1,838	2,747	11	10,9
Set	28	22 45 01,3	−30 59 44	1,891	2,742	13	11,1
Oct	8	22 38 06,9	−30 12 02	1,965	2,736	16	11,3
Oct	18	22 33 52,0	−29 03 45	2,057	2,730	18	11,4
Oct	28	22 32 23,9	−27 39 35	2,163	2,724	19	11,6
Nov	7	22 33 37,0	−26 03 29	2,278	2,718	21	11,7
Nov	17	22 37 15,1	−24 18 48	2,400	2,711	21	11,8
Nov	27	22 42 58,6	−22 27 43	2,526	2,704	21	12,0

14 IRENE 2019

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo	mag.
		α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} ($^\circ$ $'$ $''$)	a Tierra Δ	al Sol r	de fase β ($^\circ$)	V
Jul	20	01 55 56,0	+01 46 19	2,853	3,015	20	12,0
Jul	30	02 02 18,5	+01 55 32	2,716	3,014	20	11,8
Ago	9	02 07 03,2	+01 53 42	2,580	3,012	19	11,7
Ago	19	02 09 56,1	+01 40 35	2,450	3,010	18	11,6
Ago	29	02 10 43,6	+01 16 20	2,329	3,007	16	11,4
Set	8	02 09 15,1	+00 41 48	2,221	3,003	14	11,2
Set	18	02 05 28,9	+00 00 59	2,130	2,999	11	11,0
Set	28	01 59 34,0	−00 48 53	2,061	2,994	8	10,8
Oct	8	01 51 54,3	−01 37 21	2,018	2,989	5	10,6
Oct	18	01 43 11,2	−02 20 59	2,002	2,984	4	10,5
Oct	28	01 34 14,7	−02 54 39	2,015	2,977	6	10,7
Nov	7	01 25 58,9	−03 14 06	2,057	2,971	9	10,8
Nov	17	01 19 10,6	−03 17 02	2,124	2,963	12	11,0
Nov	27	01 14 21,1	−03 03 07	2,213	2,956	15	11,2
Dic	7	01 11 47,9	−02 33 14	2,319	2,948	17	11,4
Dic	17	01 11 34,1	−01 49 22	2,438	2,939	18	11,5
Dic	27	01 13 33,2	−00 53 42	2,565	2,930	19	11,7

15 EUNOMIA 2019

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo	mag.
		α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} ($^\circ$ $'$ $''$)	a Tierra Δ	al Sol r	de fase β ($^\circ$)	V
May	11	21 26 39,3	−14 11 12	2,383	2,593	23	10,2
May	21	21 35 01,2	−12 52 39	2,236	2,573	23	10,1
May	31	21 41 37,4	−11 36 30	2,092	2,553	23	9,9
Jun	10	21 46 11,1	−10 24 21	1,953	2,533	22	9,7
Jun	20	21 48 27,0	−09 17 43	1,823	2,513	20	9,5
Jun	30	21 48 10,6	−08 18 19	1,704	2,493	18	9,3
Jul	10	21 45 11,9	−07 27 57	1,600	2,473	15	9,0
Jul	20	21 39 34,9	−06 48 03	1,514	2,453	12	8,8
Jul	30	21 31 39,5	−06 19 34	1,450	2,434	8	8,5
Ago	9	21 22 08,7	−06 02 35	1,410	2,415	4	8,3
Ago	19	21 12 07,8	−05 55 37	1,396	2,396	5	8,3
Ago	29	21 02 48,3	−05 56 09	1,408	2,377	9	8,4

15 EUNOMIA (cont.) 2019
(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	declinación δ_{2000} ($^\circ$ $'$ $''$)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	ángulo de fase β ($^\circ$)	mag. V
Set	8	20 55 18,6	−06 00 47	1,443	2,359	13	8,6
Set	18	20 50 27,8	−06 05 45	1,499	2,341	17	8,8
Set	28	20 48 39,3	−06 07 52	1,572	2,324	20	9,0
Oct	8	20 49 58,9	−06 04 24	1,657	2,307	22	9,2
Oct	18	20 54 16,0	−05 53 16	1,752	2,291	24	9,3
Oct	28	21 01 12,1	−05 33 08	1,853	2,276	25	9,5
Nov	7	21 10 27,8	−05 02 57	1,958	2,261	26	9,6

16 PSYCHE 2019
(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	declinación δ_{2000} ($^\circ$ $'$ $''$)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	ángulo de fase β ($^\circ$)	mag. V
May	11	21 10 50,9	−14 12 55	2,577	2,831	21	11,2
May	21	21 18 03,6	−13 40 13	2,432	2,818	21	11,0
May	31	21 23 30,9	−13 15 13	2,292	2,805	20	10,9
Jun	10	21 26 58,5	−12 59 55	2,159	2,791	19	10,7
Jun	20	21 28 15,7	−12 55 53	2,036	2,778	17	10,5
Jun	30	21 27 14,4	−13 04 15	1,928	2,765	14	10,3
Jul	10	21 23 53,5	−13 25 22	1,836	2,752	11	10,1
Jul	20	21 18 26,5	−13 57 57	1,766	2,740	8	9,8
Jul	30	21 11 21,1	−14 39 22	1,721	2,727	4	9,6
Ago	9	21 03 21,6	−15 25 30	1,701	2,715	1	9,4
Ago	19	20 55 25,6	−16 11 27	1,709	2,703	5	9,6
Ago	29	20 48 29,5	−16 52 51	1,742	2,691	9	9,8
Set	8	20 43 22,7	−17 26 18	1,799	2,679	13	10,0
Set	18	20 40 38,2	−17 49 45	1,876	2,668	16	10,2
Set	28	20 40 29,8	−18 02 26	1,969	2,657	18	10,4
Oct	8	20 42 59,1	−18 04 04	2,075	2,647	20	10,5
Oct	18	20 47 56,0	−17 54 53	2,189	2,636	21	10,7
Oct	28	20 55 04,8	−17 35 13	2,309	2,627	22	10,8
Nov	7	21 04 09,3	−17 05 20	2,432	2,617	22	10,9

18 MELPOMENE 2019

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo	mag.
		α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} (° ′ ″)	a Tierra Δ	al Sol r	de fase β (°)	V
Abr	1	18 39 11,0	−12 19 47	2,254	2,481	24	11,2
Abr	11	18 48 46,1	−11 37 33	2,108	2,460	24	11,1
Abr	21	18 56 30,6	−10 53 29	1,964	2,437	23	10,9
May	1	19 02 07,2	−10 09 44	1,825	2,415	22	10,7
May	11	19 05 16,0	−09 29 03	1,695	2,392	21	10,5
May	21	19 05 41,1	−08 54 40	1,575	2,368	19	10,2
May	31	19 03 11,4	−08 30 02	1,470	2,344	16	10,0
Jun	10	18 57 46,8	−08 18 54	1,382	2,320	12	9,7
Jun	20	18 49 49,7	−08 24 20	1,315	2,295	9	9,4
Jun	30	18 40 04,4	−08 47 58	1,272	2,270	6	9,2
Jul	10	18 29 39,6	−09 29 36	1,253	2,245	8	9,2
Jul	20	18 19 57,8	−10 26 32	1,257	2,220	11	9,3
Jul	30	18 12 12,3	−11 34 34	1,285	2,195	15	9,5
Ago	9	18 07 19,9	−12 49 00	1,331	2,169	19	9,7
Ago	19	18 05 51,0	−14 05 19	1,392	2,144	23	9,8
Ago	29	18 07 51,7	−15 19 50	1,465	2,119	25	10,0
Set	8	18 13 16,0	−16 29 36	1,547	2,094	27	10,1
Set	18	18 21 47,2	−17 32 11	1,633	2,069	29	10,3
Set	28	18 33 04,8	−18 25 39	1,721	2,045	29	10,4

19 FORTUNA 2019

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo	mag.
		α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} (° ′ ″)	a Tierra Δ	al Sol r	de fase β (°)	V
Feb	10	15 18 05,4	−18 14 16	2,673	2,829	20	12,6
Feb	20	15 25 25,3	−18 37 57	2,532	2,829	20	12,5
Mar	2	15 30 50,3	−18 53 18	2,393	2,828	20	12,3
Mar	12	15 34 01,7	−18 59 56	2,259	2,827	19	12,2
Mar	22	15 34 44,9	−18 57 27	2,136	2,826	17	12,0
Abr	1	15 32 50,7	−18 45 28	2,025	2,824	14	11,8
Abr	11	15 28 19,1	−18 23 44	1,933	2,821	11	11,6
Abr	21	15 21 27,8	−17 52 44	1,862	2,818	8	11,3
May	1	15 12 51,6	−17 13 59	1,817	2,814	4	11,0
May	11	15 03 21,7	−16 30 20	1,800	2,810	1	10,8
May	21	14 54 00,3	−15 46 05	1,811	2,805	5	11,1
May	31	14 45 44,3	−15 05 48	1,849	2,799	9	11,3

19 FORTUNA (cont.) 2019

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	declinación δ_{2000} ($^\circ$ $'$ $''$)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	ángulo de fase β ($^\circ$)	mag. V
Jun	10	14 39 19,3	−14 33 43	1,912	2,793	13	11,6
Jun	20	14 35 13,8	−14 12 41	1,994	2,786	16	11,8
Jun	30	14 33 37,4	−14 03 56	2,093	2,779	18	11,9
Jul	10	14 34 29,6	−14 07 29	2,204	2,771	20	12,1
Jul	20	14 37 41,1	−14 22 19	2,323	2,763	21	12,3
Jul	30	14 42 58,8	−14 46 51	2,446	2,754	21	12,4
Ago	9	14 50 10,5	−15 19 23	2,571	2,744	22	12,5

20 MASALIA 2019

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	declinación δ_{2000} ($^\circ$ $'$ $''$)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	ángulo de fase β ($^\circ$)	mag. V
Feb	20	15 58 20,1	−20 19 45	2,329	2,516	23	11,3
Mar	2	16 07 14,3	−20 41 59	2,209	2,530	23	11,2
Mar	12	16 13 56,9	−20 56 37	2,091	2,544	22	11,1
Mar	22	16 18 08,8	−21 03 55	1,979	2,557	21	10,9
Abr	1	16 19 33,3	−21 03 58	1,874	2,571	19	10,8
Abr	11	16 17 58,3	−20 56 37	1,782	2,583	16	10,6
Abr	21	16 13 26,2	−20 41 44	1,707	2,596	13	10,4
May	1	16 06 16,4	−20 19 28	1,652	2,608	9	10,2
May	11	15 57 08,9	−19 50 38	1,622	2,620	4	10,0
May	21	15 47 05,9	−19 17 30	1,619	2,631	0	9,7
May	31	15 37 15,9	−18 43 30	1,643	2,641	5	10,0
Jun	10	15 28 43,4	−18 12 41	1,693	2,652	9	10,3
Jun	20	15 22 17,6	−17 48 50	1,767	2,662	13	10,5
Jun	30	15 18 24,0	−17 34 21	1,861	2,671	16	10,7
Jul	10	15 17 11,6	−17 30 18	1,972	2,680	18	10,9
Jul	20	15 18 35,6	−17 36 29	2,094	2,688	20	11,1
Jul	30	15 22 22,9	−17 51 41	2,226	2,696	21	11,3
Ago	9	15 28 19,6	−18 14 25	2,362	2,704	22	11,5
Ago	19	15 36 10,1	−18 42 50	2,502	2,710	22	11,6

29 AMPHITRITE 2019

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo	mag.
		α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} ($^\circ$ $'$ $''$)	a Tierra Δ	al Sol r	de fase β ($^\circ$)	V
Jul	10	01 09 34,8	+07 08 34	2,274	2,466	24	10,7
Jul	20	01 18 34,7	+08 22 35	2,144	2,459	24	10,5
Jul	30	01 25 58,1	+09 28 32	2,017	2,452	24	10,4
Ago	9	01 31 24,8	+10 25 11	1,893	2,445	23	10,2
Ago	19	01 34 35,5	+11 11 22	1,776	2,439	21	10,0
Ago	29	01 35 11,5	+11 45 40	1,669	2,433	19	9,8
Set	8	01 32 59,0	+12 06 34	1,576	2,427	16	9,6
Set	18	01 27 59,8	+12 13 07	1,500	2,421	12	9,3
Set	28	01 20 33,6	+12 05 08	1,446	2,415	8	9,1
Oct	8	01 11 25,9	+11 44 19	1,416	2,410	3	8,8
Oct	18	01 01 45,2	+11 14 49	1,413	2,405	3	8,8
Oct	28	00 52 45,5	+10 42 28	1,436	2,400	7	9,0
Nov	7	00 45 35,3	+10 13 56	1,485	2,396	12	9,3
Nov	17	00 41 00,5	+09 54 56	1,556	2,391	16	9,5
Nov	27	00 39 21,0	+09 49 00	1,644	2,388	19	9,7
Dic	7	00 40 39,4	+09 57 55	1,747	2,384	21	9,9
Dic	17	00 44 43,2	+10 21 34	1,860	2,381	23	10,1
Dic	27	00 51 14,3	+10 58 47	1,980	2,378	24	10,3

39 LAETITIA 2019

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo	mag.
		α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} (° ′ ″)	a Tierra Δ	al Sol r	de fase β (°)	V
May	21	21 40 07,1	−06 52 24	2,329	2,609	23	11,0
May	31	21 47 56,1	−06 13 58	2,193	2,599	22	10,9
Jun	10	21 53 58,7	−05 46 03	2,062	2,589	22	10,7
Jun	20	21 58 01,8	−05 31 20	1,937	2,579	20	10,5
Jun	30	21 59 52,9	−05 32 28	1,822	2,569	18	10,3
Jul	10	21 59 22,3	−05 51 51	1,721	2,560	16	10,1
Jul	20	21 56 30,8	−06 30 37	1,636	2,551	12	9,8
Jul	30	21 51 30,7	−07 28 15	1,571	2,542	9	9,6
Ago	9	21 44 51,8	−08 41 45	1,531	2,534	4	9,3
Ago	19	21 37 23,8	−10 05 17	1,516	2,526	2	9,1
Ago	29	21 30 04,5	−11 31 32	1,527	2,519	6	9,4
Set	8	21 23 54,7	−12 52 55	1,565	2,511	10	9,6
Set	18	21 19 44,1	−14 03 15	1,625	2,505	14	9,8
Set	28	21 18 02,3	−14 58 47	1,705	2,498	17	10,1
Oct	8	21 19 02,7	−15 37 38	1,801	2,493	20	10,2
Oct	18	21 22 42,4	−15 59 33	1,909	2,487	21	10,4
Oct	28	21 28 48,0	−16 05 12	2,026	2,482	23	10,6
Nov	7	21 37 03,7	−15 55 30	2,148	2,478	23	10,7
Nov	17	21 47 09,7	−15 31 42	2,273	2,474	24	10,9

Cometas

En esta sección se dan los datos relativos a algunos cometas de largo periodo relevantes y los elementos orbitales de los 75 primeros cometas de corto periodo cuyo regreso ha sido observado al menos una vez.

Debido al elevado ritmo actual de descubrimiento de nuevos cometas, hemos considerado oportuno reducir la lista publicada en el ANUARIO a partir de la edición de 2017. La edición de 2016 contenía la lista de los 327 primeros cometas de corto periodo. Si se necesita disponer de elementos orbitales de los cometas periódicos numerados en la actualidad, se puede recurrir a la página del JPL/NASA: `http://ssd.jpl.nasa.gov`.

En junio de 2017 el número de cometas de corto periodo numerados ascendió a 355. Se numeran los cometas que han aparecido al menos en dos ocasiones y aquellos descubiertos recientemente cuya órbita está bien determinada. El último de estos cometas ha sido nombrado como 355P/LINEAR-NEAT y su primera aparición tuvo lugar en el año 2004.

Cometas periódicos que pasan por su perihelio

En primer lugar figura una lista, extraída de los 75 primeros cometas periódicos numerados, en la que figuran aquellos cuyo paso por el perihelio está previsto para este año, de acuerdo con los parámetros de que se dispone para su órbita. Hay que indicar, sin embargo, que algunos han aparecido sólo ocasionalmente.

Cometas periódicos que pasan por su perihelio en 2019

Nombre del cometa	mes	día	distancia a		elongación
			Sol (ua)	Tierra (ua)	(°)
29P/Schwassmann-Wachmann 1	Mar	1	5,72	6,65	18
69P/Taylor	Mar	10	2,27	2,32	75
25D/Neujmin 2	May	6	1,34	1,27	71
31P/Schwassmann-Wachmann 2	Jun	20	3,42	4,22	34
68P/Klemola	Nov	21	1,76	2,00	62

ua = unidad astronómica = 149 597 870 700 m

Cometas de largo periodo

Son aquellos cometas cuyo periodo de revolución alrededor del Sol es mayor que 400 años. La siguiente tabla contiene una lista de cometas de largo periodo que han resultado relevantes por su brillo u otras circunstancias. Por ejemplo, el de 1680 fue observado por Newton. Los últimos cometas incluidos en la lista tienen órbitas hiperbólicas, al ser la excentricidad de su órbita mayor que la unidad. En la tabla figuran los siguientes elementos: el periodo en años (**P**), las distancias mínima y máxima al Sol (**q** y **Q**, respectivamente) y la excentricidad e inclinación de la órbita (**e** y **i**, respectivamente). Obsérvese que la mayoría de estas órbitas están muy inclinadas respecto del plano del sistema solar y que su excentricidad es muy próxima a la unidad (**e** $= 1$ indica que la órbita es parabólica). El código indica el año de su aparición y su orden de aparición en tal año.

Cometas de largo periodo relevantes

Nombre	Código	P (años)	q (ua)	Q (ua)	e	i (°)
Gran cometa de 1861 (Tebbutt)	C/1861 J1	409	0,822	109	0,9851	85
Gran cometa de marzo de 1843	C/1843 D1	515	0,006	129	0,9999	144
Gran cometa de setiembre 1882	C/1882 R1	672	0,008	153	0,9999	142
Ikeya-Seki	C/1965 S1	877	0,008	183	0,9999	142
Bennett	C/1969 Y1	1680	0,538	282	0,9962	90
Gran cometa de 1807	C/1807 R1	1710	0,646	286	0,9955	63
Donati	C/1858 L1	1950	0,578	312	0,9963	117
Gran cometa de 1881	C/1881 K1	2390	0,735	357	0,9959	63
Hale-Bopp	C/1995 O1	2530	0,914	371	0,9951	89
Humason	C/1961 R1	2920	2,133	407	0,9896	153
Gran cometa de 1811 (Flaugergues)	C/1811 F1	3100	1,035	424	0,9951	107
Cometa meridional de 1947	C/1947 X1	3800	0,110	487	0,9995	139
Gran cometa de 1680 (Kirch)	C/1680 V1	9370	0,006	889	1,0000	61
Coggia	C/1874 H1	13700	0,676	1140	0,9988	66
Skjellerup-Maristany	C/1927 X1	$> 10^4$	0,176	2200	0,9998	85
Cometa del eclipse	C/1948 V1	$\sim 10^5$	0,135	4200	0,9999	23
Hyakutake	C/1996 B2	$\sim 10^5$	0,230	4600	0,9999	125
West	C/1975 V1	$\sim 10^6$	0,197	14000	1,0000	43
Gran cometa de enero de 1910	C/1910 A1	$> 10^6$	0,129	52000	1,0000	139
Gran cometa meridional de 1887	C/1887 B1		0,005		1,0	144
Gran cometa meridional de 1865	C/1865 B1		0,026		1,0	92
Gran cometa de 1577 (Tycho)	C/1577 V1		0,177		1,0	105
Cometa de 1744 (De Chéseaux)	C/1743 X1		0,222		1,0	47
Gran cometa de 1901	C/1901 G1		0,245		1,0	131
Gran cometa de 1402	C/1402 D1		0,380		1,0	55
Gran cometa de 1472	C/1471 Y1		0,486		1,0	171
Sarabat	C/1729 P1		4,051		1,0	77
Seki-Lines	C/1962 C1		0,031		> 1	65
Kohoutek	C/1973 E1		0,142		> 1	14
McNaught	C/2006 P1		0,171		> 1	78
Arend-Roland	C/1956 R1		0,316		> 1	120
Morehouse	C/1908 R1		0,945		> 1	140

Cometas de corto periodo

En la tabla que ocupa las páginas siguientes figuran los elementos orbitales de los 75 primeros cometas de corto periodo (P < 200 años) que han aparecido al menos en dos ocasiones. Están ordenados según el sistema de designación de cometas adoptado por la Unión Astronómica Internacional (UAI/IAU) en 1994. El periodo, P, viene dado en la segunda columna. El año de su primera aparición conocida viene dado en la última columna.

75 primeros cometas de corto periodo

Nombre	P (años)	T	q (ua)	e	ω (°)	Ω (°)	i (°)	Prim. apar.
1P/Halley	75,3	1986,10	0,586	0,967	111,3	58,4	162,3	-239
2P/Encke	3,30	2010,60	0,336	0,848	186,5	334,6	11,8	1786
3D/Biela	6,65	1832,91	0,879	0,751	221,7	250,7	13,2	1772
4P/Faye	7,54	2006,88	1,667	0,567	205,0	199,3	9,0	1843
5D/Brorsen	5,46	1879,25	0,590	0,810	14,9	103,0	29,4	1846
6P/d'Arrest	6,53	2008,62	1,354	0,613	178,1	138,9	19,5	1678
7P/Pons-Winnecke	6,36	2008,74	1,253	0,635	172,3	93,4	22,3	1819
8P/Tuttle	13,6	2008,07	1,027	0,820	207,5	270,3	55,0	1790
9P/Tempel 1	5,52	2011,03	1,509	0,517	178,9	68,9	10,5	1867
10P/Tempel 2	5,38	2005,13	1,427	0,535	195,6	117,8	12,0	1873
11P/Tempel-Swift-LINEAR	6,37	2002,00	1,584	0,539	163,6	240,7	13,5	1869
12P/Pons-Brooks	70,8	1954,39	0,774	0,955	199,0	255,9	74,2	1812
13P/Olbers	69,5	1956,47	1,178	0,930	64,6	86,1	44,6	1815
14P/Wolf	8,74	2009,16	2,725	0,358	159,0	202,1	27,9	1884
15P/Finlay	6,50	2008,48	0,970	0,721	347,5	13,8	6,8	1886
16P/Brooks 2	6,14	2008,28	1,467	0,563	219,5	159,4	4,3	1889
17P/Holmes	6,88	2007,34	2,053	0,432	24,3	326,9	19,1	1892
18D/Perrine-Mrkos	6,72	1968,84	1,272	0,643	166,1	240,9	17,8	1896
19P/Borrelly	6,85	2008,56	1,354	0,625	353,4	75,4	30,3	1904
20D/Westphal	61,9	1913,91	1,254	0,920	57,1	348,0	40,9	1852
21P/Giacobini-Zinner	6,62	2005,51	1,038	0,706	172,5	195,4	31,8	1900
22P/Kopff	6,43	2009,40	1,577	0,544	162,7	120,9	4,7	1906
23P/Brorsen-Metcalf	70,5	1989,70	0,479	0,972	129,6	311,6	19,3	1847
24P/Schaumasse	8,25	2001,34	1,205	0,705	57,9	79,8	11,8	1911
25D/Neujmin 2	5,43	1927,05	1,338	0,567	193,7	328,7	10,6	1916
26P/Grigg-Skjellerup	5,31	2008,23	1,117	0,633	1,7	211,7	22,4	1808
27P/Crommelin	27,9	2011,59	0,748	0,919	196,0	250,6	29,0	1818
28P/Neujmin 1	18,2	2002,99	1,552	0,775	346,9	347,0	14,2	1913
29P/Schwassmann-Wachmann 1	14,6	2004,50	5,722	0,044	48,2	312,7	9,4	1902
30P/Reinmuth 1	7,34	2010,30	1,883	0,501	13,2	119,7	8,1	1928
31P/Schwassmann-Wachmann 2	8,74	2010,75	3,424	0,193	17,9	114,2	4,5	1929
32P/Comas Sola	8,80	2005,25	1,834	0,570	45,9	60,8	12,9	1926
33P/Daniel	8,10	2008,55	2,170	0,462	19,0	66,6	22,4	1909

75 primeros cometas de corto periodo

Nombre	P (años)	T	q (ua)	e	ω (°)	Ω (°)	i (°)	Prim. apar.
34D/Gale	11,0	1938,47	1,183	0,761	209,2	67,9	11,7	1927
35P/Herschel-Rigollet	∼ 155	1939,61	0,748	0,974	29,3	356,0	64,2	1788
36P/Whipple	8,51	2003,51	3,088	0,259	202,2	182,4	9,9	1925
37P/Forbes	6,36	2011,95	1,575	0,541	329,4	315,0	9,0	1929
38P/Stephan-Oterma	37,7	1980,93	1,574	0,860	358,2	79,2	18,0	1867
39P/Oterma	19,5	2002,97	5,471	0,246	56,3	331,6	1,9	1943
40P/Vaisala 1	10,8	2004,06	1,796	0,633	47,2	134,7	11,5	1939
41P/Tuttle-Giacobini-Kresak	5,42	2006,45	1,048	0,660	62,2	141,1	9,2	1858
42P/Neujmin 3	10,7	2004,54	2,015	0,585	147,2	150,4	4,0	1929
43P/Wolf-Harrington	6,13	2010,50	1,358	0,595	191,5	249,9	16,0	1924
44P/Reinmuth 2	7,08	2008,14	2,107	0,428	58,1	286,6	5,9	1947
45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova	5,25	2011,74	0,530	0,825	326,2	89,0	4,3	1948
46P/Wirtanen	5,44	2008,09	1,057	0,658	356,3	82,2	11,7	1948
47P/Ashbrook-Jackson	8,34	2009,09	2,799	0,319	357,7	357,0	13,1	1948
48P/Johnson	6,94	2011,75	2,301	0,368	207,9	117,3	13,7	1949
49P/Arend-Rigaux	6,72	2011,80	1,421	0,601	332,9	118,9	19,1	1951
50P/Arend	8,27	2007,84	1,924	0,529	49,0	355,3	19,2	1951
51P/Harrington	7,13	2008,47	1,688	0,544	269,2	83,8	5,4	1953
52P/Harrington-Abell	7,54	2006,62	1,757	0,543	139,1	337,2	10,2	1955
53P/Van Biesbroeck	12,5	2003,77	2,415	0,552	134,1	149,0	6,6	1954
54P/de Vico-Swift-NEAT	7,38	2009,91	2,172	0,427	1,9	358,9	6,1	1844
55P/Tempel-Tuttle	33,2	1998,16	0,976	0,906	172,5	235,3	162,5	1366
56P/Slaughter-Burnham	11,5	2005,04	2,535	0,504	44,1	346,3	8,2	1959
57P/duToit-Neujmin-Delporte	6,40	2008,99	1,725	0,500	115,3	188,8	2,8	1941
58P/Jackson-Neujmin	8,24	1995,77	1,381	0,662	200,4	160,7	13,5	1936
59P/Kearns-Kwee	9,51	2009,18	2,355	0,475	127,5	313,0	9,3	1963
60P/Tsuchinshan 2	6,78	2005,98	1,766	0,507	203,4	288,1	6,7	1965
61P/Shajn-Schaldach	7,06	2008,69	2,108	0,427	221,7	163,1	6,0	1949
62P/Tsuchinshan 1	6,63	2004,94	1,489	0,578	22,9	96,7	10,5	1965
63P/Wild 1	13,3	1999,99	1,961	0,650	168,0	358,5	19,9	1960
64P/Swift-Gehrels	9,35	2009,45	1,377	0,690	96,3	300,7	8,9	1889
65P/Gunn	6,83	2010,17	2,444	0,321	197,2	68,2	10,4	1954
66P/du Toit	14,7	2003,66	1,274	0,788	257,2	22,2	18,7	1944
67P/Churyumov-Gerasimenko	6,45	2009,16	1,246	0,640	12,7	50,2	7,0	1969
68P/Klemola	10,8	2009,06	1,759	0,641	154,0	175,3	11,1	1965
69P/Taylor	6,96	2004,92	1,942	0,467	355,5	108,8	20,6	1915
70P/Kojima	7,06	2007,76	2,012	0,453	2,1	119,3	6,6	1970
71P/Clark	5,53	2011,96	1,567	0,499	208,8	59,6	9,5	1973
72P/Denning-Fujikawa	9,01	1978,75	0,780	0,820	334,3	41,5	8,6	1881
73P/Schwassmann-Wachmann 3	5,34	1995,73	0,933	0,695	198,8	69,9	11,4	1930
74P/Smirnova-Chernykh	8,51	2009,57	3,556	0,147	86,9	77,1	6,6	1967
75P/Kohoutek	6,67	1994,50	1,785	0,496	175,8	269,7	5,9	1975

Los elementos de la órbita, referidos a la época J2000, son:

T = instante del último paso por el perihelio,
q = mínima distancia al Sol (distancia perihélica),
e = excentricidad de la órbita ($e > 1$ para órbitas hiperbólicas),
ω = argumento del perihelio,
Ω = longitud del nodo ascendente,
i = inclinación de la órbita respecto de la eclíptica.

La distancia máxima al Sol (distancia afélica), usualmente designada por la letra Q, puede ser calculada para órbitas elípticas mediante la fórmula:

$$Q = q\,\frac{1+e}{1-e} \qquad \text{(en ua)}.$$

El semieje mayor de la órbita y su periodo vienen dados por:

$$a = \frac{q}{1-e} \qquad \text{(en ua)}, \qquad P = a^{3/2} \qquad \text{(en años)}.$$

Para facilitar la búsqueda de los parámetros de un determinado cometa conocido su nombre, a continuación se encuentra la lista ordenada alfabéticamente de los cometas de la tabla anterior, con indicación de su número de orden y su periodo.

75 primeros cometas de corto periodo ordenados alfabéticamente
con indicación de su periodo en años

P	Nombre	P	Nombre
8,27	50P/Arend	3,30	2P/Encke
6,71	49P/Arend-Rigaux	7,52	4P/Faye
8,38	47P/Ashbrook-Jackson	6,51	15P/Finlay
6,65	3D/Biela	6,39	37P/Forbes
6,86	19P/Borrelly	10,99	34D/Gale
6,15	16P/Brooks 2	6,55	21P/Giacobini-Zinner
5,46	5D/Brorsen	5,31	26P/Grigg-Skjellerup
70,52	23P/Brorsen-Metcalf	6,79	65P/Gunn
6,45	67P/Churyumov-Gerasimenko	75,31	1P/Halley
5,56	71P/Clark	7,16	51P/Harrington
9,58	32P/Comas Sola	7,58	52P/Harrington-Abell
28,07	27P/Crommelin	154,91	35P/Herschel-Rigollet
8,09	33P/Daniel	6,89	17P/Holmes
6,56	6P/d'Arrest	5,26	45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova
9,03	72P/Denning-Fujikawa	8,24	58P/Jackson-Neujmin
7,38	54P/de Vico-Swift-NEAT	6,96	48P/Johnson
14,73	66P/du Toit	9,50	59P/Kearns-Kwee
6,42	57P/duToit-Neujmin-Delporte	10,83	68P/Klemola

75 primeros cometas de corto periodo ordenados alfabéticamente
con indicación de su periodo en años

P	Nombre	P	Nombre
6,67	75D/Kohoutek	37,90	38P/Stephan-Oterma
7,05	70P/Kojima	9,37	64P/Swift-Gehrels
6,43	22P/Kopff	7,65	69P/Taylor
18,17	28P/Neujmin 1	5,58	9P/Tempel 1
5,43	25D/Neujmin 2	5,37	10P/Tempel 2
10,77	42P/Neujmin 3	6,31	11P/Tempel-Swift-LINEAR
69,52	13P/Olbers	33,24	55P/Tempel-Tuttle
19,53	39P/Oterma	6,39	62P/Tsuchinshan 1
6,72	18D/Perrine-Mrkos	6,56	60P/Tsuchinshan 2
70,84	12P/Pons-Brooks	13,61	8P/Tuttle
6,32	7P/Pons-Winnecke	5,42	41P/Tuttle-Giacobini-Kresak
7,33	30P/Reinmuth 1	10,98	40P/Vaisala 1
7,09	44P/Reinmuth 2	12,56	53P/Van Biesbroeck
8,26	24P/Schaumasse	61,86	20D/Westphal
14,65	29P/Schwassmann-Wachmann 1	8,52	36P/Whipple
8,72	31P/Schwassmann-Wachmann 2	13,21	63P/Wild 1
5,44	73P/Schwassmann-Wachmann 3	5,43	46P/Wirtanen
7,06	61P/Shajn-Schaldach	8,74	14P/Wolf
11,47	56P/Slaughter-Burnham	6,13	43P/Wolf-Harrington
8,51	74P/Smirnova-Chernykh		

Meteoros y lluvias de meteoros

Se llama **meteoro** al fenómeno resultante de la penetración de una partícula de materia (*meteoroide*) en la atmósfera a gran velocidad (mayor que 11 km s^{-1}). La vaporización de la partícula por su colisión con las moléculas del aire produce una luminosidad que hace observable este fenómeno. Su duración suele ser de una fracción de segundo. La altura a la que el meteoro se hace visible es del orden de 100 km, aunque depende un poco de la velocidad de penetración, evaporándose a mayor altura las partículas que inciden a mayor velocidad. Las partículas de tamaño entre una décima de milímetro y algunos centímetros se consumen totalmente por encima de los 50 km, aunque el gran brillo y velocidad transversal de alguno de ellos los haga aparecer próximos al observador. Sólo algunos meteoroides, de masa inicial suficientemente grande (> 1 kg) y de consistencia muy sólida (rocosa, metálica), llegan al suelo cada día, pasando a denominarse *meteoritos*.

En ciertas épocas del año se aprecia un ritmo de aparición de meteoros mayor que la media procedentes de una región dada del cielo (*radiante*), lo que indica un origen común. Se habla de *lluvia de meteoros* y se las asocia a los restos que cometas que cruzan la órbita terrestre van dejando en sus sucesivos pasos cerca del Sol.

Máximo indica la fecha aproximada en que se da el máximo ritmo de lluvia de meteoros. Puede variar en un día de un año a otro.

Visibilidad es el periodo en que se suele observar la lluvia de meteoros con un ritmo significativamente superior al ritmo medio habitual.

Radiante es la dirección de la cual parece provenir la lluvia de meteoros en el instante del máximo.

Velocidad es la velocidad de choque de los meteoros con la parte alta de la atmósfera.

Ritmo es el ritmo máximo de caida de meteoros (expresado en meteoros por hora) que se observaría a simple vista en un lugar en el que el radiante se encontrara en el cénit y las condiciones de visibilidad fuesen óptimas. En la tabla, cuando el ritmo máximo es variable de un año a otro, se indican tanto el valor habitual como los valores extremos.

Las lluvias de meteoros diurnas (como las Ariétidas y las ζ Perseidas, de junio) sólo son observables con radar y no han sido incluidas en la tabla. La observación con radar se basa en que la onda radio emitida es reflejada por los gases que ioniza el meteoro en la atmósfera superior.

Principales lluvias de meteoros

nombre	máximo	visibilidad	radiante		velocidad	ritmo cenital	
			α	δ	(km s^{-1})	(h^{-1})	
Cuadrántidas	3 Ene	28 Dic - 12 Ene	230°	49°	41	120	[60-200]
Líridas	22 Abr	16 Abr - 25 Abr	271°	34°	49	18	[14-90]
η Acuáridas	6 May	19 Abr - 28 May	338°	-1°	66	50	[40-85]
δ Acuáridas	30 Jul	12 Jul - 23 Ago	340°	-16°	41	25	[16-40]
Perseidas	12 Ago	17 Jul - 24 Ago	48°	58°	59	100	[80-200]
Dracónidas	8 Oct	6 Oct - 10 Oct	262°	54°	20	>20	[20-500+]
Oriónidas	21 Oct	23 Set - 27 Nov	95°	16°	66	20	[14-70]
Leónidas	17 Nov	6 Nov - 30 Nov	152°	22°	71	15	[10-20+]
Gemínidas	14 Dic	4 Dic - 17 Dic	112°	33°	35	120	[110-140]
Úrsidas	22 Dic	17 Dic - 26 Dic	217°	76°	33	10	[10-50]

EFEMÉRIDES ESTELARES

Estrella Polar

Se denomina Estrella Polar a la más brillante de la constelación de la Osa Menor (α UMi). Se trata de una estrella de magnitud V=2,0 que se encuentra a menos de 1° de la dirección del Polo Norte. Al ser visible a lo largo de todo el año (en el hemisferio Norte) resulta adecuada para algunas aplicaciones en topografía y navegación. Su proximidad al polo permite determinar la latitud del lugar: en primera aproximación (error $< 1^\circ$), es la altura de la Polar. Su dirección sobre el horizonte da, en primera aproximación, la del meridiano. En esta sección se describe la determinación de la latitud y de la dirección de la meridiana por observaciones de la estrella Polar.

α UMi

α_{2000}	$2^{\mathrm{h}}31^{\mathrm{m}}48\overset{\mathrm{s}}{,}704$
δ_{2000}	$89^\circ 15' 50\overset{''}{,}72$
$\mu_\alpha \cos\delta$	$0{,}03829''$ por año
μ_δ	$-0{,}0152''$ por año
π	$0{,}003''$
V	2,02
$B-V$	0,60
tipo espectral	F8

Consideraciones previas

Para realizar o reducir observaciones de la Polar conviene determinar los siguientes valores:

tiempo sidéreo local = tiempo sidéreo en Greenwich a 0^h TU (*TIEMPOS*)
+ 1,0027379 * Tiempo Universal
+ longitud λ del lugar (positiva al Este)

ángulo horario de la Polar:

H = tiempo sidéreo local $-$ asc. recta de la Polar (α, ver tabla)

distancia polar de la Polar: p (ver tabla)

declinación de la Polar: $\delta = 90^\circ - p$

El instante de culminación superior de la Polar por el meridiano de Greenwich en una fecha dada puede calcularse a partir del valor de la ascensión recta α dada en la tabla de la Polar, mediante:

$$\mathrm{TU} = 0{,}99727\ (\alpha - \mathrm{TSG0} + 24^h)$$

donde TSG0 es el tiempo sidéreo en Greenwich a 0^h de TU (v. tabla en *TIEMPOS*) y el tiempo TU resultante debe darse entre 0^h y 24^h.

Predicción de las coordenadas horizontales de la Polar

La altura h y el acimut a de la Polar en el día y hora considerados y en un lugar de latitud ϕ vienen dados por:

altura: $h = \phi + p\cos H - 0{,}00873\ (p\ \mathrm{sen}\ H)^2 \tan\phi$
acimut: $a = -p\ \mathrm{sen}\ H / \cos h$

donde todos los ángulos (ϕ, p, H, h, a) deben ser expresados en grados y el acimut a se mide desde el Norte positivamente hacia el Este.

Determinación de la latitud

La medida de la altura h de la Polar sobre el horizonte permite determinar la latitud ϕ de un lugar, suponiendo que se conoce la longitud λ de éste con suficiente precisión. Se calculan, como se ha indicado antes, el ángulo horario H de la Polar y su distancia polar p para el instante TU en que se ha realizado la medida de la altura h. Tras corregir ésta de refracción,

errores instrumentales y, si fuera necesario, de la depresión del horizonte, la latitud se determina mediante:

$$\phi = h - p\cos H + 0{,}00873\ (p\ \text{sen}\ H)^2 \tan h$$

donde todos los ángulos (ϕ, p, H, h) deben ser expresados en grados. Para nuestras latitudes, el último sumando es $< 20''$.

Determinación de la meridiana

La medida, sobre el horizonte, de la dirección de la Polar respecto del Norte permite determinar la dirección de la meridiana. Procediendo como antes calculamos los ángulos H y p. Medimos la altura h de la Polar o la predecimos mediante la fórmula dada en **Predicción...** . El acimut de la Polar vendrá dado por:

$$a = -p\ \text{sen}\, H / \cos h$$

midiéndose el acimut a desde el Norte y positivo hacia el Este. Si se desea referir el acimut al Sur, súmese 180° al valor antes obtenido.

Coordenadas Hipparcos y otros parámetros

Datos extraidos de la base de datos estelares SIMBAD y otras referencias.

α UMi	
α_{2000}	$2^{\text{h}}31^{\text{m}}49^{\text{s}}{,}09456$ ICRS
δ_{2000}	$89^\circ 15' 50''{,}7923$ ICRS
$\mu_\alpha \cos\delta$	0,04448″ por año
μ_δ	–0,01185″ por año
Velocidad radial	–17,4 km s^{-1}
π	0,00754″
Distancia	133 pc
V	2,005
$B-V$	0,586
M_V	–3,6
Tipo espectral (HIC)	F7 Ib-IIv C
Variabilidad	Cefeida clásica (δ Cephei)
Periodo	3,97 días
Variación en magnitud	$< 0{,}05$
Masa	$\sim$4,5 $\mathcal{M}_\odot$
Nombres alternativos	α UMi, SAO 308
	PPM 431, FK5 907
	HIP 11767, Tyc 4628-237-1
	HD 8890, IRAS 01490+8901
Sistema estelar	Polar Aa, Polar Ab, Polar B

Posición aparente de la Polar en 2019
en su culminación superior en Greenwich

día	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio	
	α	p	α	p	α	p	α	p	α	p	α	p
	2^h55^m	$39'$	2^h54^m	$39'$	2^h54^m	$39'$	2^h54^m	$39'$	2^h54^m	$39'$	2^h54^m	$39'$
1	103^s,30	11″,9	110^s,52	7″,3	57^s,82	8″,4	14^s,10	14″,7	0^s,10	23″,6	18^s,57	32″,4
2	102^s,06	11″,7	108^s,66	7″,2	56^s,08	8″,5	12^s,93	15″,0	0^s,04	23″,9	19^s,85	32″,6
3	100^s,80	11″,5	106^s,71	7″,1	54^s,27	8″,6	11^s,78	15″,3	0^s,10	24″,2	21^s,24	32″,9
4	99^s,49	11″,2	104^s,68	7″,1	52^s,41	8″,7	10^s,70	15″,5	0^s,31	24″,6	22^s,65	33″,1
5	98^s,10	11″,0	102^s,58	7″,0	50^s,51	8″,9	9^s,73	15″,9	0^s,65	24″,9	24^s,05	33″,3
6	96^s,60	10″,7	100^s,42	7″,0	48^s,60	9″,0	8^s,88	16″,2	1^s,11	25″,3	25^s,37	33″,5
7	95^s,00	10″,5	98^s,26	7″,0	46^s,73	9″,2	8^s,17	16″,5	1^s,65	25″,5	26^s,57	33″,6
8	93^s,29	10″,3	96^s,11	7″,0	44^s,93	9″,4	7^s,59	16″,8	2^s,21	25″,8	27^s,67	33″,8
9	91^s,49	10″,0	94^s,03	7″,0	43^s,22	9″,6	7^s,11	17″,1	2^s,73	26″,1	28^s,72	34″,0
10	89^s,64	9″,9	92^s,02	7″,1	41^s,62	9″,8	6^s,68	17″,4	3^s,17	26″,3	29^s,76	34″,2
11	87^s,77	9″,7	90^s,12	7″,1	40^s,16	10″,0	6^s,27	17″,7	3^s,52	26″,6	30^s,87	34″,4
12	85^s,91	9″,5	88^s,32	7″,2	38^s,80	10″,3	5^s,81	17″,9	3^s,79	26″,8	32^s,10	34″,7
13	84^s,10	9″,4	86^s,62	7″,2	37^s,53	10″,5	5^s,26	18″,2	4^s,02	27″,1	33^s,47	34″,9
14	82^s,36	9″,3	84^s,98	7″,3	36^s,29	10″,6	4^s,62	18″,4	4^s,28	27″,4	34^s,99	35″,1
15	80^s,71	9″,1	83^s,33	7″,3	35^s,04	10″,8	3^s,91	18″,7	4^s,64	27″,7	36^s,61	35″,3
16	79^s,16	9″,0	81^s,62	7″,3	33^s,71	11″,0	3^s,18	19″,0	5^s,14	28″,0	38^s,29	35″,5
17	77^s,68	8″,9	79^s,79	7″,3	32^s,28	11″,1	2^s,51	19″,3	5^s,80	28″,4	39^s,97	35″,7
18	76^s,21	8″,7	77^s,82	7″,3	30^s,74	11″,3	1^s,97	19″,6	6^s,61	28″,7	41^s,62	35″,8
19	74^s,68	8″,5	75^s,73	7″,3	29^s,13	11″,5	1^s,59	20″,0	7^s,52	29″,0	43^s,19	36″,0
20	73^s,02	8″,4	73^s,59	7″,4	27^s,52	11″,7	1^s,38	20″,3	8^s,48	29″,3	44^s,69	36″,1
21	71^s,20	8″,2	71^s,49	7″,5	26^s,01	12″,0	1^s,30	20″,6	9^s,42	29″,5	46^s,12	36″,3
22	69^s,22	8″,0	69^s,49	7″,6	24^s,65	12″,2	1^s,29	21″,0	10^s,31	29″,8	47^s,49	36″,4
23	67^s,14	7″,9	67^s,63	7″,7	23^s,44	12″,5	1^s,30	21″,3	11^s,15	30″,0	48^s,84	36″,5
24	65^s,04	7″,8	65^s,90	7″,8	22^s,38	12″,8	1^s,29	21″,5	11^s,91	30″,2	50^s,21	36″,7
25	62^s,99	7″,7	64^s,27	8″,0	21^s,41	13″,0	1^s,22	21″,8	12^s,62	30″,5	51^s,62	36″,9
26	61^s,03	7″,6	62^s,68	8″,1	20^s,48	13″,3	1^s,09	22″,1	13^s,30	30″,7	53^s,10	37″,0
27	59^s,18	7″,6	61^s,10	8″,2	19^s,54	13″,5	0^s,91	22″,3	13^s,98	31″,0	54^s,70	37″,2
28	57^s,41	7″,5	59^s,49	8″,3	18^s,56	13″,8	0^s,69	22″,6	14^s,70	31″,2	56^s,42	37″,4
29	55^s,71	7″,5			17^s,52	14″,0	0^s,46	22″,9	15^s,49	31″,5	58^s,25	37″,5
30	54^s,01	7″,4			16^s,43	14″,2	0^s,25	23″,2	16^s,39	31″,8	60^s,19	37″,7
31	52^s,29	7″,4			15^s,28	14″,5			17^s,41	32″,1		

Distancia polar: $p = 90^\circ - \delta$, siendo δ la declinación.

El valor mínimo de la distancia polar p se dará alrededor del año 2100, en que tendrá un valor de unos $27'$.

El hecho de usar un valor de la ascensión recta α para una fecha dada, sin interpolar a la hora de observación introduce un error esperado en la latitud ϕ que se determine de 0″,1 (3 m), siendo el error máximo posible menor de 0″,4 (12 m).

Posición aparente de la Polar en 2019
en su culminación superior en Greenwich

día	Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	α	p	α	p	α	p	α	p	α	p	α	p
	2^h55^m	$39'$	2^h56^m	$39'$	2^h57^m	$39'$	2^h57^m	$39'$	2^h58^m	$39'$	2^h57^m	$38'$
1	$2^s.19$	$37''.8$	$1^s.43$	$38''.8$	$1^s.31$	$35''.0$	$50^s.55$	$27''.5$	$22^s.22$	$16''.9$	$84^s.24$	$65''.4$
2	$4^s.19$	$37''.9$	$3^s.26$	$38''.7$	$3^s.03$	$34''.8$	$52^s.12$	$27''.2$	$22^s.94$	$16''.5$	$83^s.58$	$65''.0$
3	$6^s.12$	$38''.0$	$5^s.00$	$38''.6$	$4^s.88$	$34''.6$	$53^s.73$	$26''.9$	$23^s.51$	$16''.1$	$82^s.83$	$64''.7$
4	$7^s.93$	$38''.0$	$6^s.74$	$38''.5$	$6^s.84$	$34''.5$	$55^s.31$	$26''.6$	$23^s.95$	$15''.7$	$82^s.04$	$64''.3$
5	$9^s.61$	$38''.0$	$8^s.54$	$38''.5$	$8^s.88$	$34''.3$	$56^s.81$	$26''.3$	$24^s.27$	$15''.3$	$81^s.24$	$64''.0$
6	$11^s.20$	$38''.1$	$10^s.46$	$38''.5$	$10^s.93$	$34''.1$	$58^s.20$	$25''.9$	$24^s.63$	$14''.5$	$80^s.46$	$63''.7$
7	$12^s.74$	$38''.2$	$12^s.51$	$38''.4$	$12^s.95$	$33''.9$	$59^s.46$	$25''.6$	$24^s.75$	$14''.2$	$79^s.73$	$63''.4$
8	$14^s.32$	$38''.3$	$14^s.67$	$38''.4$	$14^s.89$	$33''.6$	$60^s.61$	$25''.2$	$24^s.87$	$13''.8$	$79^s.07$	$63''.1$
9	$16^s.00$	$38''.4$	$16^s.89$	$38''.3$	$16^s.73$	$33''.4$	$61^s.65$	$24''.8$	$25^s.03$	$13''.5$	$78^s.47$	$62''.8$
10	$17^s.81$	$38''.5$	$19^s.11$	$38''.2$	$18^s.46$	$33''.1$	$62^s.61$	$24''.5$	$25^s.25$	$13''.2$	$77^s.94$	$62''.5$
11	$19^s.75$	$38''.6$	$21^s.31$	$38''.1$	$20^s.09$	$32''.8$	$63^s.52$	$24''.2$	$25^s.54$	$12''.8$	$77^s.42$	$62''.2$
12	$21^s.79$	$38''.7$	$23^s.43$	$38''.0$	$21^s.63$	$32''.6$	$64^s.43$	$23''.9$	$25^s.89$	$12''.5$	$76^s.87$	$61''.8$
13	$23^s.90$	$38''.7$	$25^s.46$	$37''.9$	$23^s.11$	$32''.3$	$65^s.36$	$23''.6$	$26^s.28$	$12''.1$	$76^s.23$	$61''.5$
14	$26^s.01$	$38''.8$	$27^s.39$	$37''.7$	$24^s.57$	$32''.1$	$66^s.34$	$23''.3$	$26^s.67$	$11''.8$	$75^s.45$	$61''.1$
15	$28^s.09$	$38''.8$	$29^s.24$	$37''.6$	$26^s.04$	$31''.9$	$67^s.39$	$23''.0$	$27^s.00$	$11''.4$	$74^s.51$	$60''.7$
16	$30^s.10$	$38''.8$	$31^s.01$	$37''.5$	$27^s.55$	$31''.6$	$68^s.51$	$22''.7$	$27^s.23$	$11''.0$	$73^s.41$	$60''.4$
17	$32^s.03$	$38''.8$	$32^s.76$	$37''.3$	$29^s.13$	$31''.4$	$69^s.69$	$22''.3$	$27^s.31$	$10''.5$	$72^s.20$	$60''.0$
18	$33^s.86$	$38''.8$	$34^s.49$	$37''.2$	$30^s.78$	$31''.2$	$70^s.90$	$22''.0$	$27^s.23$	$10''.1$	$70^s.93$	$59''.7$
19	$35^s.63$	$38''.8$	$36^s.26$	$37''.1$	$32^s.52$	$31''.0$	$72^s.10$	$21''.7$	$27^s.01$	$9''.7$	$69^s.68$	$59''.5$
20	$37^s.35$	$38''.8$	$38^s.09$	$37''.0$	$34^s.31$	$30''.8$	$73^s.24$	$21''.3$	$26^s.68$	$9''.3$	$68^s.50$	$59''.2$
21	$39^s.06$	$38''.9$	$40^s.00$	$36''.9$	$36^s.13$	$30''.5$	$74^s.27$	$20''.9$	$26^s.32$	$9''.0$	$67^s.42$	$59''.0$
22	$40^s.79$	$38''.9$	$42^s.00$	$36''.8$	$37^s.94$	$30''.2$	$75^s.15$	$20''.5$	$25^s.99$	$8''.6$	$66^s.45$	$58''.7$
23	$42^s.57$	$38''.9$	$44^s.09$	$36''.7$	$39^s.68$	$29''.9$	$75^s.88$	$20''.1$	$25^s.75$	$8''.3$	$65^s.53$	$58''.4$
24	$44^s.43$	$39''.0$	$46^s.25$	$36''.6$	$41^s.31$	$29''.6$	$76^s.48$	$19''.7$	$25^s.63$	$8''.0$	$64^s.63$	$58''.2$
25	$46^s.39$	$39''.0$	$48^s.43$	$36''.4$	$42^s.79$	$29''.2$	$76^s.99$	$19''.3$	$25^s.59$	$7''.7$	$63^s.66$	$57''.9$
26	$48^s.47$	$39''.0$	$50^s.60$	$36''.2$	$44^s.12$	$28''.9$	$77^s.51$	$19''.0$	$25^s.59$	$7''.3$	$62^s.59$	$57''.6$
27	$50^s.63$	$39''.0$	$52^s.68$	$36''.0$	$45^s.33$	$28''.6$	$78^s.09$	$18''.7$	$25^s.57$	$6''.9$	$61^s.38$	$57''.3$
28	$52^s.87$	$39''.0$	$54^s.63$	$35''.8$	$46^s.51$	$28''.3$	$78^s.79$	$18''.3$	$25^s.45$	$6''.6$	$60^s.02$	$57''.0$
29	$55^s.13$	$39''.0$	$56^s.42$	$35''.6$	$47^s.74$	$28''.0$	$79^s.61$	$18''.0$	$25^s.19$	$6''.2$	$58^s.54$	$56''.7$
30	$57^s.35$	$38''.9$	$58^s.09$	$35''.3$	$49^s.08$	$27''.8$	$80^s.50$	$17''.7$	$24^s.79$	$5''.8$	$56^s.97$	$56''.4$
31	$59^s.46$	$38''.8$	$59^s.69$	$35''.1$			$81^s.40$	$17''.3$			$55^s.34$	$56''.1$

El día 5 de noviembre la Polar culmina dos veces en Greenwich, siendo las coordenadas en su segundo paso: $\alpha = 2^h58^m24^s.48$ y $p = 39'14''.9$.

Distancia polar:

$$p = 90^\circ - \delta$$

Declinación de la Polar:

$$\delta = 90^\circ - p$$

Mínimos de β Persei (Algol) en 2019

fecha y hora		fecha y hora		fecha y hora		fecha y hora	
Ene 3	16^h39^m	Abr 2	14^h09^m	Jul 3	08^h16^m	Oct 3	02^h13^m
Ene 6	13^h28^m	Abr 5	10^h58^m	Jul 6	05^h05^m	Oct 5	23^h02^m
Ene 9	10^h18^m	Abr 8	07^h47^m	Jul 9	01^h54^m	Oct 8	19^h51^m
Ene 12	07^h07^m	Abr 11	04^h36^m	Jul 11	22^h43^m	Oct 11	16^h40^m
Ene 15	03^h56^m	Abr 14	01^h26^m	Jul 14	19^h31^m	Oct 14	13^h28^m
Ene 18	00^h46^m	Abr 16	22^h15^m	Jul 17	16^h20^m	Oct 17	10^h17^m
Ene 20	21^h35^m	Abr 19	19^h04^m	Jul 20	13^h09^m	Oct 20	07^h06^m
Ene 23	18^h24^m	Abr 22	15^h53^m	Jul 23	09^h57^m	Oct 23	03^h55^m
Ene 26	15^h14^m	Abr 25	12^h42^m	Jul 26	06^h46^m	Oct 26	00^h44^m
Ene 29	12^h03^m	Abr 28	09^h31^m	Jul 29	03^h35^m	Oct 28	21^h33^m
Feb 1	08^h52^m	May 1	06^h20^m	Ago 1	00^h23^m	Oct 31	18^h21^m
Feb 4	05^h42^m	May 4	03^h10^m	Ago 3	21^h12^m	Nov 3	15^h10^m
Feb 7	02^h31^m	May 6	23^h59^m	Ago 6	18^h01^m	Nov 6	11^h59^m
Feb 9	23^h20^m	May 9	20^h48^m	Ago 9	14^h49^m	Nov 9	08^h48^m
Feb 12	20^h10^m	May 12	17^h37^m	Ago 12	11^h38^m	Nov 12	05^h37^m
Feb 15	16^h59^m	May 15	14^h26^m	Ago 15	08^h26^m	Nov 15	02^h26^m
Feb 18	13^h49^m	May 18	11^h15^m	Ago 18	05^h15^m	Nov 17	23^h15^m
Feb 21	10^h38^m	May 21	08^h04^m	Ago 21	02^h04^m	Nov 20	20^h04^m
Feb 24	07^h27^m	May 24	04^h53^m	Ago 23	22^h52^m	Nov 23	16^h53^m
Feb 27	04^h17^m	May 27	01^h42^m	Ago 26	19^h41^m	Nov 26	13^h42^m
Mar 2	01^h06^m	May 29	22^h31^m	Ago 29	16^h29^m	Nov 29	10^h31^m
Mar 4	21^h55^m	Jun 1	19^h20^m	Set 1	13^h18^m	Dic 2	07^h20^m
Mar 7	18^h45^m	Jun 4	16^h08^m	Set 4	10^h07^m	Dic 5	04^h09^m
Mar 10	15^h34^m	Jun 7	12^h57^m	Set 7	06^h55^m	Dic 8	00^h58^m
Mar 13	12^h24^m	Jun 10	09^h46^m	Set 10	03^h44^m	Dic 10	21^h48^m
Mar 16	09^h13^m	Jun 13	06^h35^m	Set 13	00^h33^m	Dic 13	18^h37^m
Mar 19	06^h02^m	Jun 16	03^h24^m	Set 15	21^h21^m	Dic 16	15^h26^m
Mar 22	02^h51^m	Jun 19	00^h13^m	Set 18	18^h10^m	Dic 19	12^h15^m
Mar 24	23^h41^m	Jun 21	21^h01^m	Set 21	14^h59^m	Dic 22	09^h04^m
Mar 27	20^h30^m	Jun 24	17^h50^m	Set 24	11^h47^m	Dic 25	05^h53^m
Mar 30	17^h19^m	Jun 27	14^h39^m	Set 27	08^h36^m	Dic 28	02^h43^m
		Jun 30	11^h28^m	Set 30	05^h25^m	Dic 30	23^h32^m

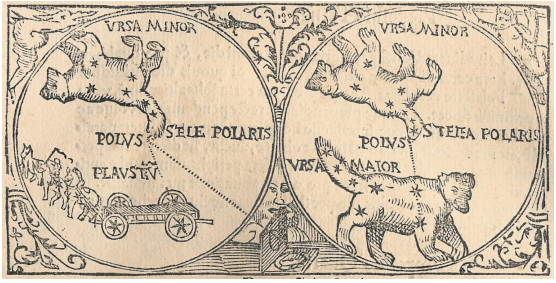
Mínimos de β Lyrae (Sheliak) en 2019

fecha y hora		fecha y hora		fecha y hora		fecha y hora	
Ene 5	19^h20^m	Abr 6	09^h37^m	Jul 5	23^h53^m	Oct 4	14^h10^m
Ene 18	17^h57^m	Abr 19	08^h13^m	Jul 18	22^h30^m	Oct 17	12^h46^m
Ene 31	16^h34^m	May 2	06^h50^m	Jul 31	21^h06^m	Oct 30	11^h23^m
Feb 13	15^h10^m	May 15	05^h27^m	Ago 13	19^h43^m	Nov 12	09^h59^m
Feb 26	13^h47^m	May 28	04^h03^m	Ago 26	18^h20^m	Nov 25	08^h36^m
Mar 11	12^h24^m	Jun 10	02^h40^m	Set 8	16^h56^m	Dic 8	07^h13^m
Mar 24	11^h00^m	Jun 23	01^h17^m	Set 21	15^h33^m	Dic 21	05^h49^m

Estrellas variables de largo periodo tipo Mira

nombre	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} ($^\circ$ $'$)	magnitud máx.	magnitud mín.	periodo (días)	fecha del máximo
R Leo	09 48	+11 26	4,4	11,3	312	Ene 31
R Tri	02 37	+34 16	5,4	12,6	266	Feb 04
X Oph	18 38	+08 50	5,9	9,2	334	Feb 06
S Her	16 52	+14 56	6,4	13,8	307	Feb 07
R UMa	10 45	+68 47	6,7	13,4	301	Feb 10
S CMi	07 33	+08 19	6,6	13,2	332	Feb 24
U Cyg	20 20	+47 54	5,9	12,1	462	Feb 25
R Gem	07 07	+22 42	6,0	14,0	369	Mar 00
R Vir	12 38	+06 59	6,0	12,1	145	Mar 02
SS Vir	12 25	+00 48	6,0	9,6	354	Mar 08
U Cet	02 34	−13 09	6,8	13,4	234	Mar 24
V Cas	23 12	+59 42	6,9	13,4	228	Mar 24
W Cet	00 02	−14 41	7,1	14,8	351	Mar 28
R Vul	21 04	+23 49	7,0	14,3	136	Mar 29
W And	02 18	+44 18	6,7	14,6	395	Abr 09
R Dra	16 33	+66 45	6,7	13,0	245	Abr 26
U Ori	05 56	+20 10	4,8	12,6	372	Abr 28
V Mon	06 23	−02 12	6,0	13,7	333	May 07
R LMi	09 46	+34 31	6,3	13,2	371	May 08
R Aql	19 06	+08 14	5,5	12,0	284	May 10
S Vir	13 33	−07 12	6,3	13,2	377	May 11
R Boo	14 37	+26 44	6,2	12,1	223	May 16
R Peg	23 07	+10 33	6,9	13,8	378	May 23
T Her	18 09	+31 01	6,8	13,9	165	Jun 02
R Ser	15 51	+15 08	5,2	14,4	356	Jun 04
S Peg	23 21	+08 55	7,1	13,8	319	Jun 05
R Aur	05 17	+53 35	6,7	13,9	457	Jun 19
RT Cyg	19 44	+48 47	6,4	12,7	190	Jun 21
R Sgr	19 17	−19 18	6,7	12,8	268	Jun 26
R Aqr	23 44	−15 17	5,8	12,4	386	Jul 00
T Cep	21 10	+68 29	5,2	11,3	388	Jul 00
S UMa	12 44	+61 06	7,0	12,4	226	Jul 02
T Hya	08 56	−09 08	6,7	13,2	289	Jul 06
R Cnc	08 17	+11 44	6,1	11,8	361	Jul 18
R Crv	12 20	−19 15	6,7	14,4	317	Jul 20
T UMa	12 36	+59 29	6,6	13,4	256	Jul 24
S CrB	15 21	+31 22	5,8	14,1	360	Ago 12
R Cas	23 58	+51 24	4,7	13,5	430	Ago 17
R Cyg	19 37	+50 12	6,1	14,2	426	Ago 29
R And	00 24	+38 35	5,8	14,9	409	Set 07
T Cas	00 23	+55 48	6,9	13,0	444	Set 08
U Her	16 26	+18 54	6,5	13,4	406	Set 19
R Lep	05 00	−14 48	5,5	11,7	432	Set 29
V CrB	15 50	+39 34	6,9	12,6	357	Oct 01
R Hya	13 30	−23 17	3,0	11,0	389	Oct 21
o Cet	02 19	−02 59	2,0	10,0	331	Nov 07

CATALOGOS


VRSA MINOR
POLVS
STELE POLARIS
PLAVSTRV
VRSA MINOR
POLVS
STELLA POLARIS
VRSA
MAIOR

ESTRELLAS

Constelaciones
Estrellas con nombre propio
Estrellas más cercanas
Estrellas con mayor movimiento propio
Las 20 estrellas más brillantes
Estrellas más brillantes que $V = 3$
Estrellas dobles
Estrellas variables
Tabla de equivalencias entre brillo y magnitud
Tabla de equivalencias para distancias en la Vía Láctea

Constelaciones

Las constelaciones son áreas en que se divide la esfera celeste para localizar las estrellas y demás astros. A fin de evitar confusiones, la Unión Astronómica Internacional recomendó en 1928 utilizar 88 constelaciones definidas por unos límites bien establecidos. Estas son las que figuran en la tabla siguiente, en la que se indica su nombre latino, su abreviatura, su posición aproximada dada en ascensión recta (α) y declinación (δ), su área expresada en grados cuadrados, el número aproximado de estrellas más brillantes que la magnitud 6^a (en total unas cinco mil) y la traducción más habitual del nombre.

Las cuatro constelaciones más extensas son: Hidra Hembra, Virgen, Osa Mayor y Ballena. Las cuatro constelaciones más pequeñas son: Cruz del Sur, Caballo Menor, Flecha y Compás.

Estrellas con nombre propio

Algunas de las estrellas más brillantes han recibido un nombre propio por el que a menudo son citadas. Se desaconseja el uso de tales nombres, dado que no hay unanimidad en la asignación de nombres, hay diferentes ortografías para un mismo nombre y nombres iguales o muy parecidos son asignados a estrellas en distintas constelaciones. En una tabla indicamos, para algo más de cien estrellas, la equivalencia entre el nombre propio y la estrella a que se suele referir (dada en notación de Bayer o Flamstead), cuyas coordenadas ecuatoriales y brillo se indican.

En una pequeña tabla aparte se dan los nombres y posiciones de las nueve estrellas más brillantes del cúmulo abierto de las Pléyades.

En otra tabla se dan nombres propios para las estrellas más brillantes o más conocidas de algunas constelaciones. En alguno de los casos se da más de un nombre; por ejemplo: β Centauri figura como *Hadar* y *Agena*.

Estrellas más cercanas

La estrella más cercana al Sol es Proxima Centauri, que se encuentra a 1,30 parsecs (4,2 años luz) de distancia. En la tabla figuran las estrellas conocidas más cercanas de 5 pc (unos 16 años luz). Cuando se trata de una estrella doble o múltiple sólo se ha hecho constar la estrella más brillante.

Entre las estrellas más cercanas se encuentran algunas de las más brillantes, como Sirio (α CMa), Rigil Kentaurus (α Cen), Proción (α CMi) y Altair (α Aql), que se encuentra a 5,1 pc. También pueden encontrarse en esta tabla algunas de las estrellas con mayor movimiento propio; entre ellas las conocidas como la estrella de Barnard y la estrella de Kapteyn.

Estrellas con mayor movimiento propio

Algunas estrellas cercanas presentan un movimiento apreciable respecto del sistema de referencia que definen aquellas tan alejadas que podemos suponer "fijas" en largos intervalos de tiempo. En la tabla figuran todas las estrellas conocidas cuyo movimiento propio anual supera los $3''$ y cuya magnitud es $V < 10$. Como excepción, se ha incluido Proxima Centauri por tratarse de la estrella más cercana conocida.

Estrellas brillantes

En una primera tabla figuran las 20 estrellas que aparecen como más brillantes en el cielo para un observador situado en el Sistema Solar. Este brillo se expresa en magnitudes y viene dado en la columna V, indicandose con un asterisco aquellas estrellas que son variables. En el caso de tratarse de una estrella doble, la letra A tras su nombre indica que se refiere a la componente más brillante, mientras que A+B indica que se refiere a la luminosidad conjunta. En la siguiente columna de la tabla figura la *magnitud absoluta*, lo que da idea del brillo intrínseco de la estrella independientemente de su cercanía o lejanía al observador. La magnitud absoluta se define como la magnitud aparente de la estrella si se encontrara a una distancia de 10 pc (32,6 años luz). Comparando las dos columnas vemos que la estrella que nos parece la más brillante (Sirio) tiene un brillo intrínseco unas 12 000 veces menor que una estrella aparentemente menos brillante, como es Deneb.

Para pasar de diferencia de magnitudes a razón de brillos se puede utilizar la tabla que figura al final de esta sección.

En una segunda tabla figuran las 177 estrellas conocidas más brillantes que $V = 3$, en la que se indica su posición para la época J2000, su movimiento propio, paralaje, magnitud y tipo espectral.

Efemérides

Algunas efemérides relativas a estrellas figuran en la primera parte del ANUARIO. En páginas anteriores se encuentran las efemérides de la Polar, los instantes de mínimo de β Persei (Algol) y β Lyrae y los instantes de máximo de las variables de largo periodo tipo Mira.

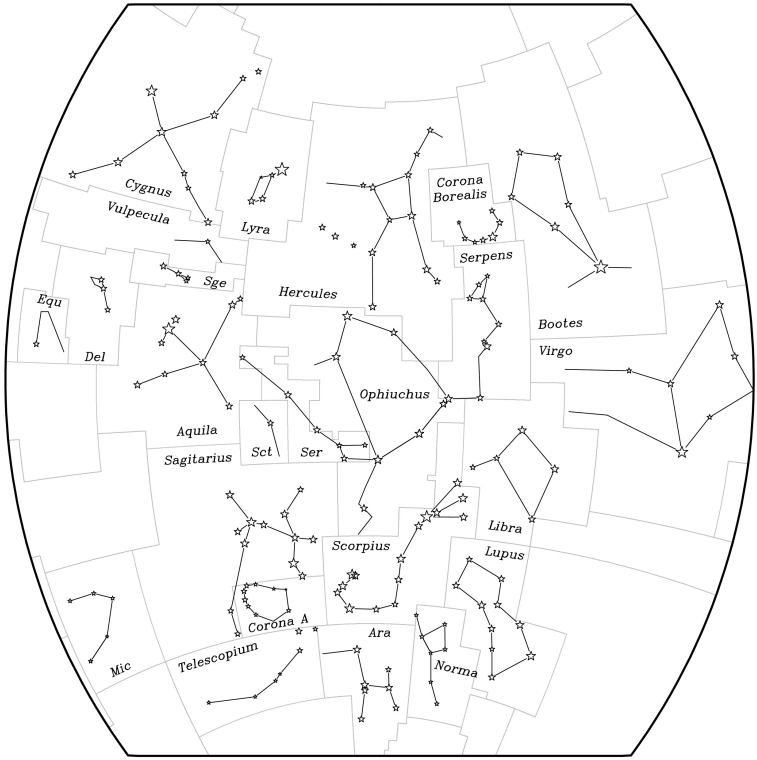
Constelaciones

nombre latino	abr.	α (h)	δ ($\circ$)	área ($\circ^2$)	N_*	traducción
Andromeda	And	1	40	722	100	Andrómeda
Antlia	Ant	10	−35	239	20	Máquina Neumática
Apus	Aps	16	−75	206	20	Ave del Paraiso
Aquarius	Aqr	23	−15	980	90	Acuario
Aquila	Aql	20	5	652	70	Aguila
Ara	Ara	17	−55	237	30	Altar
Aries	Ari	3	20	441	50	Carnero
Auriga	Aur	6	40	657	90	Cochero
Bootes	Boo	15	30	907	90	Boyero
Caelum	Cae	5	−40	125	10	Buril
Camelopardalis	Cam	6	70	757	50	Jirafa
Cancer	Cnc	9	20	506	60	Cangrejo
Canes Venatici	CVn	13	40	465	30	Perros de Caza
Canis Major	CMa	7	−20	380	80	Can Mayor
Canis Minor	CMi	8	5	183	20	Can Menor
Capricornus	Cap	21	−20	414	50	Capricornio
Carina	Car	9	−60	494	110	Quilla
Cassiopeia	Cas	1	60	598	90	Casiopea
Centaurus	Cen	13	−50	1060	150	Centauro
Cepheus	Cep	22	70	588	60	Cefeo
Cetus	Cet	2	−10	1231	100	Ballena
Chamaeleon	Cha	11	−80	132	20	Camaleón
Circinus	Cir	15	−60	93	20	Compás
Columba	Col	6	−35	270	40	Paloma
Coma Berenices	Com	13	20	386	50	Cabellera de Berenice
Corona Australis	CrA	19	−40	128	25	Corona Austral
Corona Borealis	CrB	16	30	179	20	Corona Boreal
Corvus	Crv	12	−20	184	15	Cuervo
Crater	Crt	11	−15	282	20	Copa
Crux	Cru	12	−60	68	30	Cruz del Sur
Cygnus	Cyg	21	40	804	150	Cisne (Cruz del Norte)
Delphinus	Del	21	10	189	30	Delfín
Dorado	Dor	5	−65	179	20	Dorada
Draco	Dra	17	65	1083	80	Dragón
Equuleus	Equ	21	10	72	10	Caballo Menor
Eridanus	Eri	3	−20	1138	100	Erídano
Fornax	For	3	−30	398	35	Horno químico
Gemini	Gem	7	20	514	70	Gemelos
Grus	Gru	22	−45	366	30	Grulla
Hercules	Her	17	30	1225	140	Hércules
Horologium	Hor	3	−60	249	20	Reloj
Hydra	Hya	10	−20	1303	130	Hidra Hembra
Hydrus	Hyi	2	−75	243	20	Hidra Macho
Indus	Ind	21	−55	294	20	Indio
Lacerta	Lac	22	45	201	35	Lagarto

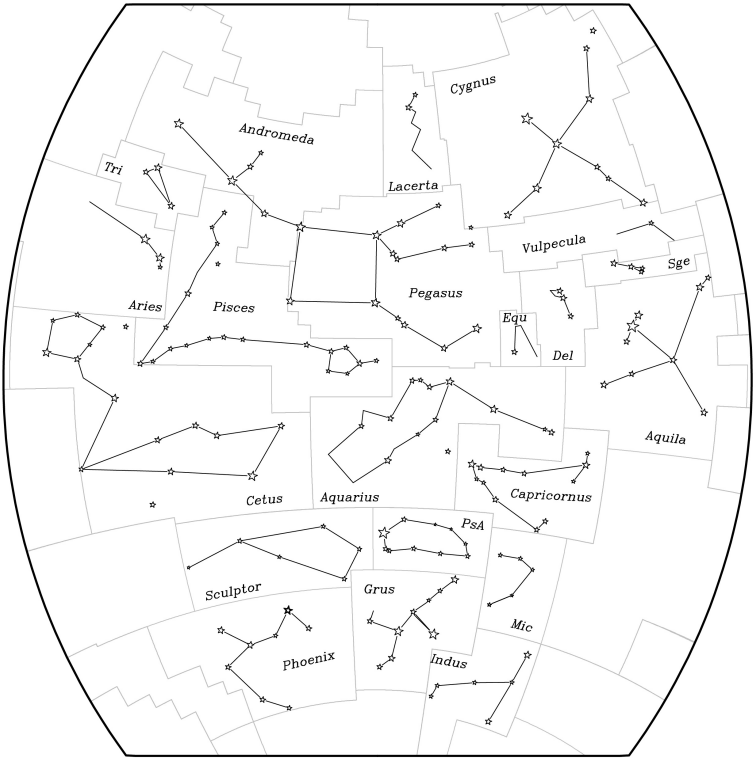
Constelaciones (cont.)

nombre latino	abr.	α (h)	δ (○)	área ($○^2$)	N_*	traducción
Leo	Leo	11	15	947	70	León
Leo Minor	LMi	10	35	232	20	León Menor
Lepus	Lep	6	−20	290	40	Liebre
Libra	Lib	15	−15	538	50	Balanza
Lupus	Lup	15	−45	334	70	Lobo
Lynx	Lyn	8	45	545	60	Lince
Lyra	Lyr	19	40	286	45	Lira
Mensa	Men	5	−80	153	15	Mesa
Microscopium	Mic	21	−35	210	20	Microscopio
Monoceros	Mon	7	−5	482	85	Unicornio
Musca	Mus	12	−70	138	30	Mosca
Norma	Nor	16	−50	165	20	Escuadra
Octans	Oct	22	−85	291	35	Octante
Ophiuchus	Oph	17	0	948	100	Ofiuco
Orion	Ori	5	5	594	120	Orión
Pavo	Pav	20	−65	378	45	Pavo
Pegasus	Peg	22	20	1121	100	Pegaso
Perseus	Per	3	45	615	90	Perseo
Phoenix	Phe	1	−50	469	40	Fénix
Pictor	Pic	6	−55	247	30	Caballete del Pintor
Pisces	Psc	1	15	889	75	Peces
Piscis Austrinus	PsA	22	−30	245	25	Pez Austral
Puppis	Pup	8	−40	673	140	Popa
Pyxis	Pyx	9	−30	221	25	Brújula
Reticulum	Ret	4	−60	114	15	Retículo
Sagitta	Sge	20	10	80	20	Flecha
Sagittarius	Sgr	19	−25	867	115	Sagitario
Scorpius	Sco	17	−40	497	100	Escorpión
Sculptor	Scl	0	−30	475	30	[Taller del] Escultor
Scutum	Sct	19	−10	109	20	Escudo
Serpens	Ser	17	0	637	60	Serpiente
Sextans	Sex	10	0	314	25	Sextante
Taurus	Tau	4	15	797	125	Toro
Telescopium	Tel	19	−50	252	30	Telescopio
Triangulum	Tri	2	30	132	15	Triángulo
Triangulum Australe	TrA	16	−65	110	20	Triángulo Austral
Tucana	Tuc	0	−65	295	25	Tucán
Ursa Major	UMa	11	50	1280	125	Osa Mayor
Ursa Minor	UMi	15	70	256	20	Osa Menor
Vela	Vel	9	−50	500	110	Vela
Virgo	Vir	13	0	1294	95	Virgen
Volans	Vol	8	−70	141	20	Pez Volador
Vulpecula	Vul	20	25	268	45	Raposilla

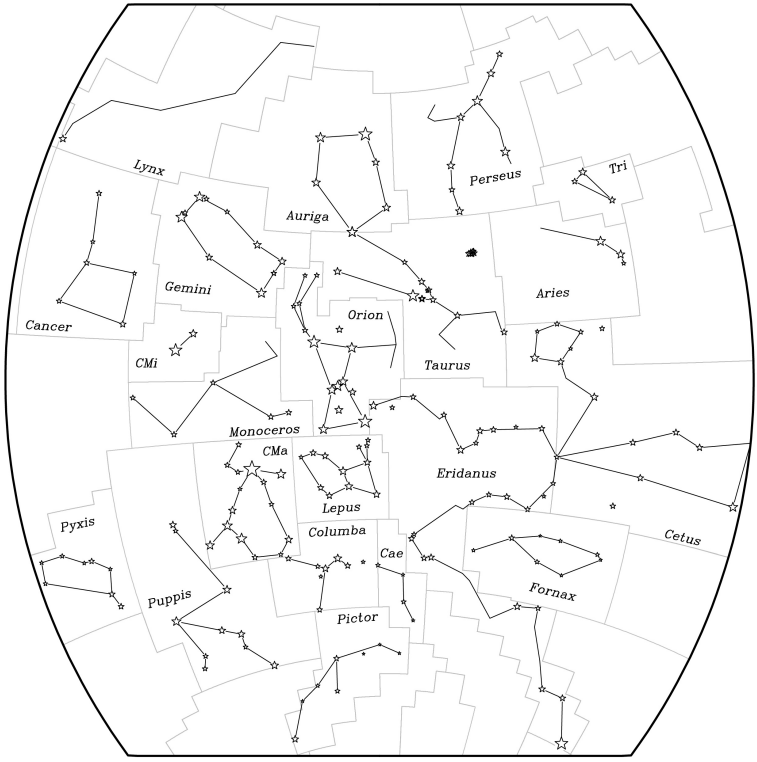
N_* es el número aproximado de estrellas más brillantes que la magnitud 6.



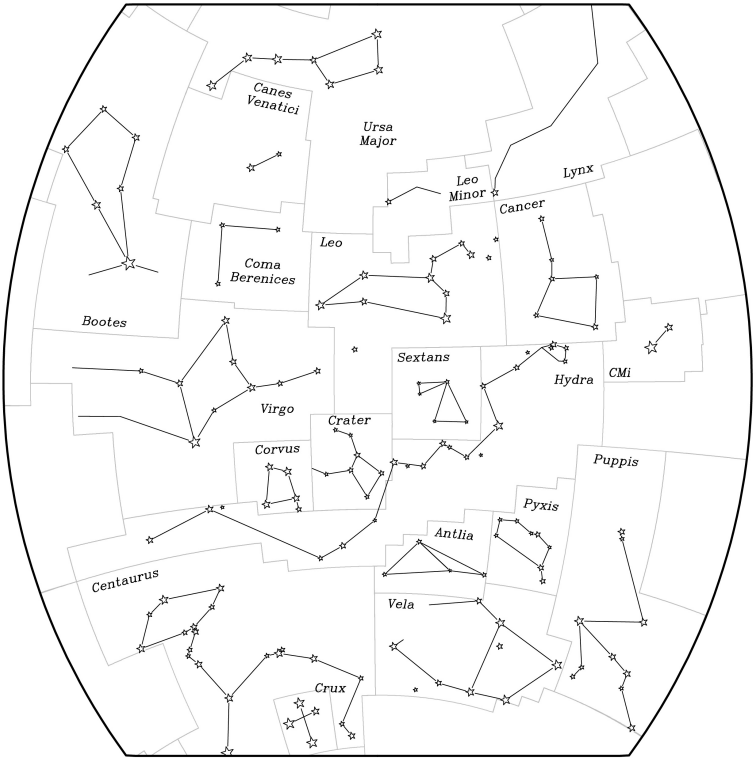
Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de -65° y $+65^\circ$, y con ascensiones rectas desde 13 a 21 horas, que corresponden a los bordes derecho e izquierdo de la figura, respectivamente.



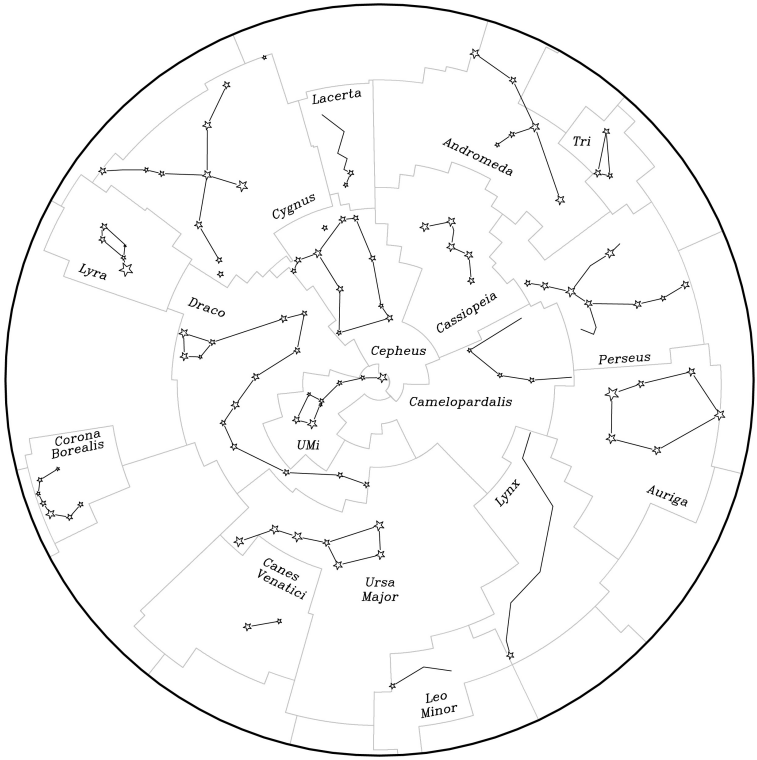
Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de -65° y $+65^\circ$, y con ascensiones rectas desde 19 a 3 horas, que corresponden a los bordes derecho e izquierdo de la figura, respectivamente.



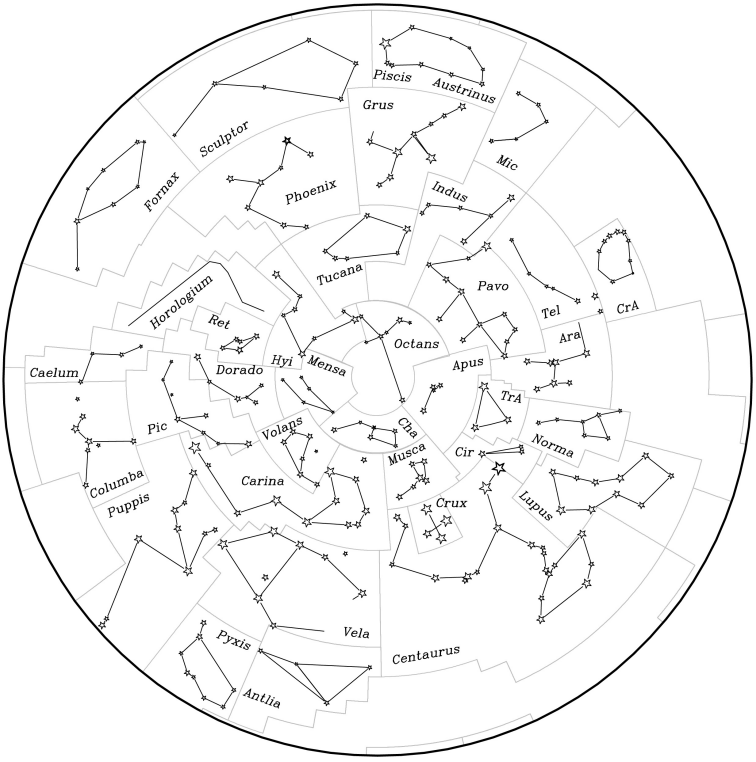
Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de -65° y $+65^\circ$, y con ascensiones rectas desde 1 a 9 horas, que corresponden a los bordes derecho e izquierdo de la figura, respectivamente.



Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de -65° y $+65^\circ$, y con ascensiones rectas desde 7 a 15 horas, que corresponden a los bordes derecho e izquierdo de la figura, respectivamente.



Esta proyección cubre las constelaciones con declinación superior a $+25^\circ$, que corresponde al borde externo de la figura. El origen de ascensión recta se encuentra en la parte superior de la figura.



Esta proyección cubre las constelaciones con declinación inferior a $-25°$, que corresponde al borde externo de la figura. El origen de ascensión recta se encuentra en la parte superior de la figura.

Estrellas con nombre propio

nombre	en constelación (Bayer)	α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} ($^\circ$ $'$)	magn. V
Acamar	θ^1 Eridani	02 58 16	−40 18	3,24
Achernar	α Eridani	01 37 43	−57 14	0,45
Acrux	α^1 Crucis	12 26 36	−63 06	1,33
Adara	ε Canis Majoris	06 58 38	−28 58	1,50
Al Na'ir	α Gruis	22 08 14	−46 58	1,73
Albireo	β^1 Cygni	19 30 43	+27 58	3,05
Alcaid	η Ursae Majoris	13 47 32	+49 19	1,85
Alchiba	α Corvi	12 08 25	−24 44	4,02
Alcor	80 Ursae Majoris	13 25 14	+54 59	3,99
Alcíone	η Tauri	03 47 29	+24 06	2,85
Aldebarán	α Tauri	04 35 55	+16 31	0,87
Alderamín	α Cephei	21 18 35	+62 35	2,45
Alfard	α Hydrae	09 27 35	−08 40	1,97
Alfeca	α Coronae Borealis	15 34 41	+26 43	2,22
Alferatz	α Andromedae	00 08 23	+29 05	2,07
Algedi	α^2 Capricorni	20 18 03	−12 33	3,58
Algenib	γ Pegasi	00 13 14	+15 11	2,83
Algieba	γ^1 Leonis	10 19 58	+19 50	2,28
Algol	β Persei	03 08 10	+40 57	2,09
Alhena	γ Geminorum	06 37 43	+16 24	1,93
Alioth	ε Ursae Majoris	12 54 02	+55 58	1,76
Almac	γ^1 Andromedae	02 03 54	+42 20	2,10
Alnilam	ε Orionis	05 36 13	−01 12	1,69
Altair	α Aquilae	19 50 47	+08 52	0,76
Ancaa	α Phoenicis	00 26 17	−42 18	2,40
Antares	α Scorpii	16 29 24	−26 26	1,06
Arneb	α Leporis	05 32 44	−17 49	2,58
Arturo	α Bootis	14 15 40	+19 11	−0,05
Atria	α Trianguli Australis	16 48 40	−69 02	1,91
Avior	ε Carinae	08 22 31	−59 31	1,86
Belátrix	γ Orionis	05 25 08	+06 21	1,64
Betelgeuse	α Orionis	05 55 10	+07 24	0,45
Canopo	α Carinae	06 23 57	−52 42	−0,62
Capela	α Aurigae	05 16 41	+46 00	0,08
Caf	β Cassiopeiae	00 09 11	+59 09	2,28
Cástor	α Geminorum	07 34 36	+31 53	1,58
Cor Caroli	α^2 Canum Venaticorum	12 56 02	+38 19	2,89
Cursa	β Eridani	05 07 51	−05 05	2,78
Deneb	α Cygni	20 41 26	+45 17	1,25
Denébola	β Leonis	11 49 04	+14 34	2,14
Difda	β Ceti	00 43 35	−17 59	2,04
Dubhe	α Ursae Majoris	11 03 44	+61 45	1,81
Elnath	β Tauri	05 26 18	+28 36	1,65
Etamín	γ Draconis	17 56 36	+51 29	2,24
Enif	ε Pegasi	21 44 11	+09 53	2,38

Estrellas con nombre propio

nombre	en constelación (Bayer)	α_{2000} (h m s)	δ_{2000} (° ′)	magn. V
Espiga	α Virginis	13 25 12	−11 10	0,98
Fact	α Columbae	05 39 39	−34 04	2,65
Fecda	γ Ursae Majoris	11 53 50	+53 42	2,41
Fomalhaut	α Piscis Austrini	22 57 39	−29 37	1,17
Gacrux	γ Crucis	12 31 10	−57 07	1,59
Gienah	γ Corvi	12 15 48	−17 33	2,58
Graffias	β^1 Scorpii	16 05 26	−19 48	2,56
Hadar	β Centauri	14 03 49	−60 22	0,61
Hamal	α Arietis	02 07 10	+23 28	2,01
Izar	ε Bootis	14 44 59	+27 04	2,35
Kaus Australis	ε Sagittarii	18 24 10	−34 23	1,79
Kocab	β Ursae Minoris	14 50 42	+74 09	2,07
Markab	α Pegasi	23 04 46	+15 12	2,49
Megrez	δ Ursae Majoris	12 15 26	+57 02	3,32
Menkalinan	β Aurigae	05 59 32	+44 57	1,90
Menkar	α Ceti	03 02 17	+04 05	2,54
Menkent	θ Centauri	14 06 41	−36 22	2,06
Merak	β Ursae Majoris	11 01 51	+56 23	2,34
Miaplacidus	β Carinae	09 13 12	−69 43	1,67
Mimosa	β Crucis	12 47 43	−59 41	1,25
Mintaka	δ Orionis	05 32 00	−00 18	2,25
Mira	*o* Ceti	02 19 21	−02 59	6,47
Mirach	β Andromedae	01 09 44	+35 37	2,07
Mirfak	α Persei	03 24 19	+49 52	1,79
Mirzam	β Canis Majoris	06 22 42	−17 57	1,98
Mizar	ζ Ursae Majoris	13 23 56	+54 56	2,23
Nunki	σ Sagittarii	18 55 16	−26 18	2,05
Pavo Real	α Pavonis	20 25 39	−56 44	1,94
Polar	α Ursae Minoris	02 31 49	+89 16	1,97
Pólux	β Geminorum	07 45 19	+28 02	1,16
Proción	α Canis Minoris	07 39 18	+05 14	0,40
Ras Algethi	α^1 Herculis	17 14 39	+14 23	3,48
Ras Alhague	α Ophiuchi	17 34 56	+12 34	2,08
Rastaban	β Draconis	17 30 26	+52 18	2,79
Régulo	α Leonis	10 08 22	+11 58	1,36
Rígel	β Orionis	05 14 32	−08 12	0,18
Rigil Kentaurus	α^1 Centauri	14 39 37	−60 50	-0,01
Rucbat	α Sagittarii	19 23 53	−40 37	3,96
Sabik	η Ophiuchi	17 10 23	−15 43	2,43
Sadalmelik	α Aquarii	22 05 47	−00 19	2,95
Sadalsuud	β Aquarii	21 31 34	−05 34	2,90
Scheat	β Pegasi	23 03 47	+28 05	2,44
Schedar	α Cassiopeiae	00 40 31	+56 32	2,24
Shaula	λ Scorpii	17 33 37	−37 06	1,62
Sheratan	β Arietis	01 54 38	+20 48	2,64

Estrellas con nombre propio

nombre	en constelación (Bayer)	α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} ($^\circ$ $'$)	magn. V
Sirio	α Canis Majoris	06 45 09	−16 43	−1,44
Suhail	λ Velorum	09 08 00	−43 26	2,23
Thuban	α Draconis	14 04 23	+64 23	3,67
Unukalhai	α Serpentis	15 44 16	+06 26	2,63
Vega	α Lyrae	18 36 56	+38 47	0,03
Vindemiatrix	ε Virginis	13 02 11	+10 58	2,85
Wezen	δ Canis Majoris	07 08 23	−26 24	1,83
Zavijava	β Virginis	11 50 42	+01 46	3,59
Zuben el Chamali	β Librae	15 17 00	−09 23	2,61
Zuben el Genubi	α^2 Librae	14 50 53	−16 03	2,75

Los nombres comunes que se dan para algunas estrellas permiten su identificación con el nombre en la constelación según Bayer. Hay que tener muy presente que, en obras antiguas, una misma estrella puede recibir nombres muy distintos y que un mismo nombre puede ser usado para diferentes estrellas. Además, una misma estrella puede recibir nombres muy similares; es común encontrar sustituciones de 'k' por 'c', 'ph' por 'f', 'a' por 'e', etc. La ortografía usada aquí es una de tantas, pues no existe una transcripción que pueda considerarse "correcta", habiendo adaptado algunos nombres a la fonética castellana.

En conclusión, no se recomienda el uso de estos nombres más o menos populares salvo en aquellos pocos casos en que no hay confusión posible y el nombre popular es realmente muy conocido (ej., Sirio). En todos los demás casos se recomienda usar las designaciones de Bayer, Flamstead o un número de catálogo.

Las Pléyades

nombre	designación Flamstead	α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} ($^\circ$ $'$ $''$)	magn. V
Alcíone	25 η Tauri	3 47 29	24 06 18	2,87
Estérope	21 Tauri	3 45 54	24 33 16	5,76
Atlas	27 Tauri	3 49 10	24 03 12	3,62
Celeno	16 Tauri	3 44 48	24 17 22	5,45
Electra	17 Tauri	3 44 53	24 06 48	3,70
Maya	20 Tauri	3 45 50	24 22 04	3,87
Mérope	23 Tauri	3 46 20	23 56 54	4,16
Pléyone	28 Tauri	3 49 11	24 08 12	5,05
Táigete	19 Tauri	3 45 13	24 28 02	4,29

Varias de estas estrellas son binarias. Mérope está rodeada por la nebulosa de reflexión NGC 1435.

Estrellas con nombre propio ordenadas por constelación

- Andromeda: α Alferatz β Mirach γ^1 Almac
- Aquarius: α Sadalmelik β Sadalsuud γ Sadachbia δ Skat
- Aquila: α Altair β Alshain γ Tarazed
- Aries: α Hamal β Sheratan γ^2 Mesartim
- Auriga: α Capela, Cabra β Menkalinan
- Bootes: α Arturo β Nekkar γ Seginus ε Izar η Mufrid μ^1 Alkalurops
- Canes Venatici: α^2 Cor Caroli β Chara
- Canis Major: α Sirio β Mirzam δ Wezen ε Adara η Aludra
- Canis Minor: α Proción β Gomeisa
- Capricornus: α^2 Algiedi,Algedi β Dabih γ Nashira
- Carina: α Canopo β Miaplacidus ε Avior ι Aspidiske
- Cassiopeia: α Schedar β Caf δ Rucba
- Centaurus: α^1 Rigil Kentaurus β Hadar,Agena θ Menkent
- Cepheus: α Alderamín β Alfirc γ Errai
- Cetus: α Menkar β Difda,Deneb Kaitos *o* Mira
- Columba: α Fact β Wazn
- Corona Borealis: α Alfeca,Gemma β Nusakan
- Corvus: α Alchiba γ Gienah δ Algorab
- Crux: α^1 Acrux β Becrux,Mimosa γ Gacrux
- Cygnus: α Deneb β^1 Albireo γ Sadr
- Draco: α Thuban β Rastaban γ Etamín δ Altais
- Eridanus: α Achernar β Cursa γ Zaurak η Azha θ^1 Acamar
- Gemini: α Cástor β Pólux γ Alhena δ Wasat ε Mebsuta
- Grus: α Al Na'ir
- Hercules: α^1 Ras Algethi β Kornephoros
- Hydra: α Alfard,Cor Hydrae
- Leo: α Régulo β Denébola γ^1 Algieba δ Zosma ζ Adhafera
- Lepus: α Arneb β Nihal
- Libra: α^2 Zuben el Genubi β Zuben el Chamali γ Zuben el Hakrabi
- Lyra: α Vega β Sheliak γ Sulafat
- Ophiucus: α Ras Alhague β Cebalrai δ Yed Prior η Sabik
- Orion: α Betelgeuse β Rigel γ Belátrix δ Mintaka ε Alnilam ζ Alnitak κ Saif λ Meissa
- Pegasus: α Markab β Scheat γ Algenib ε Enif ζ Homam
- Perseus: α Mirfak β Algol ζ Atik
- Phoenix: α Ancaa
- Piscis Austrinus: α Fomalhaut
- Sagittarius: α Rucbat β Arkab γ^2 Alnasl δ Kaus Media ε Kaus Australis ζ Ascella λ Kaus Borealis σ Nunki
- Scorpius: α Antares β^1 Graffias λ Shaula ν Lesath
- Serpens: α Unukalhai θ^1 Alya
- Taurus: α Aldebarán β Elnath η Alcíone 17 Electra 19 Táigete 20 Maya 21 Estérope 23 Mérope 27 Atlas 28 Pléyone
- Triangulum Australe: α Atria
- Ursa Major: α Dubhe β Merak γ Fecda,Phad δ Megrez ε Alioth ζ Mizar η Alcaid ι Talita 80 Alcor
- Ursa Minor: α Polar β Kocab γ Fercad δ Yildun
- Vela: λ Suhail
- Virgo: α Espiga β Zavijava γ Porrima ε Vindemiatrix

Estrellas más cercanas

nombre	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} ($^\circ$ $'$)	magn. V	magn. absol.	tipo espec.	dist. (pc)
Sol			−26,75	4,85	G2V	
Proxima Centau.	14 29,7	−62 41	11,01	15,49	M5.5Ve	1,3
α Cen A (Rigil K.)	14 39,6	−60 50	−0,01	4,38	G2V	1,3
e. de Barnard	17 57,8	+04 42	9,54	13,22	M3.8V	1,8
Wolf 359	10 56,5	+07 01	13,53	16,64	M5.8Ve	2,4
Lalande 21185	11 03,3	+35 58	7,50	10,46	M2.1Ve	2,5
L726–8	01 39,0	−17 57	12,52	15,40	M5.6Ve	2,7
α CMa (Sirio)	06 45,1	−16 43	−1,44	1,47	A1Vm	2,7
Ross 154	18 49,8	−23 50	10,45	13,11	M3.6Ve	2,9
Ross 248	23 41,9	+44 10	12,29	14,81	M4.9Ve	3,1
ε Eri	03 32,9	−09 28	3,73	6,14	K2Ve	3,3
Ross 128	11 47,7	+00 48	11,10	13,47	M4.1V	3,4
L789–6	22 38,6	−15 17	12,18	14,52	M5$^+$Ve	3,4
61 Cyg	21 06,9	+38 45	5,22	7,56	K3.5Ve	3,4
ε Ind	22 03,4	−56 47	4,68	6,95	K3Ve	3,5
α CMi (Proción)	07 39,3	+05 14	0,40	2,66	F5IV-V	3,5
BD+43°44	00 18,4	+44 01	8,08	10,30	M1.3Ve	3,6
BD+59°1915	18 42,8	+59 38	8,90	11,11	M3.0V	3,6
G51–15	08 29,8	+26 47	14,81	17,01	M6.6V	3,6
τ Cet	01 44,1	−15 56	3,50	5,69	G8V	3,6
CD−36°15693	23 05,9	−35 51	7,35	9,53	M1.3Ve	3,7
BD+5°1668	07 27,4	+05 14	9,82	11,94	M3.7V	3,8
L725–32	01 12,6	−17 00	12,04	14,16	M4.5Ve	3,8
CD−39°14192	21 17,3	−38 52	6,66	8,69	K5.5Ve	3,9
e. de Kapteyn	05 11,7	−45 01	8,84	10,84	M0.0V	4,0
Krüger 60	22 28,0	+57 42	9,85	11,82	M3.3Ve	4,0
Ross 614	06 29,4	−02 49	11,10	13,04	M4.5Ve	4,1
BD−12°4253	16 30,3	−12 40	10,11	12,05	M3.5V	4,1
e. de van Maanen	00 49,2	+05 23	12,37	14,22	DG	4,3
Wolf 424	12 33,3	+09 01	13,16	15,00	M5.3Ve	4,3
BD+50°1725	10 11,4	+49 27	6,59	8,32	K5.0Ve	4,5
L1159–16	02 00,2	+13 03	12,26	14,0	M4.5Ve	4,5
L143–23	10 44,5	−62 13	13,92	15,64	dM	4,5
LP731–58	10 48,2	−11 20	15,60	17,31	M7V	4,5
CD−37°15492	00 05,4	−37 21	8,56	10,26	M2.0V	4,6
G158–27	00 06,7	−07 33	13,74	15,39	M5.5	4,7
CD−46°11540	17 28,7	−46 54	9,37	11,01	M2.7V	4,7
G208–44	19 53,9	+44 25	13,41	15,04	M6Ve	4,7
CD−49°13515	21 33,6	−49 01	8,67	10,27	M1.8V	4,8
CD−44°11909	17 37,1	−44 19	10,96	12,56	M3.9V	4,8
BD−15°6290	22 53,3	−14 16	10,17	11,74	M3.9V	4,9
BD+20°2465	10 19,6	+19 52	9,43	10,99	M3.3Ve	4,9
BD+68°946	17 36,4	+68 20	9,15	10,70	M3.3V	4,9
L145–141	11 45,7	−64 51	11,50	13,04	DC	4,9
BD+15°2620	13 45,7	+14 53	8,49	10,02	M1.7Ve	5,0

Estrellas con mayor movimiento propio

nombre	const.	α_{2000} (h m s)	δ_{2000} (° ′ ″)	mag. V	$\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ (″/año)	
estrella de Barnard	Oph	17 57 48,5	+4 41 36	9,54	−0,80	10,33
estrella de Kapteyn	Pic	5 11 40,6	−45 01 08	8,86	6,51	−5,73
Groombridge 1830	UMa	11 52 58,8	+37 43 07	6,42	4,00	−5,81
Lacaille 9352	PsA	23 05 52,0	−35 51 12	7,35	6,77	1,33
CD–37°15492	Scl	0 05 24,4	−37 21 26	8,56	5,63	−2,34
61 Cygni A	Cyg	21 06 54,6	+38 44 45	5,20	4,16	3,26
61 Cygni B	Cyg	21 06 55,3	+38 44 31	6,05	4,11	3,14
Lalande 21185	UMa	11 03 20,2	+35 58 11	7,49	−0,58	−4,77
ε Indi	Ind	22 03 21,6	−56 47 10	4,69	3,96	−2,54
BD+44°2051	UMa	11 05 28,6	+43 31 36	8,82	−4,41	0,94
σ^2 Eridani A	Eri	4 15 16,3	−7 39 10	4,43	−2,24	−3,42
Proxima Centauri	Cen	14 29 42,9	−62 40 46	11,01	−3,78	0,77
μCassiopeiae	Cas	1 08 16,4	+54 55 13	5,17	3,42	−1,60
BD+5°1668	CMi	7 27 24,5	+5 13 32	9,84	0,57	−3,69
α Centauri B	Cen	14 39 35,1	−60 50 14	1,35	−3,60	0,95
α Centauri A	Cen	14 39 36,5	−60 50 02	−0,01	−3,68	0,48
Gliese 579.2B	Lib	15 10 12,9	−16 27 46	9,44	−1,00	−3,54
Gliese 579.2A	Lib	15 10 13,0	−16 22 44	9,07	−1,00	−3,54
Lacaille 8760	Mic	21 17 15,3	−38 52 03	6,69	−3,26	−1,15
86 G Eridani	Eri	3 19 55,7	−43 04 11	4,26	3,04	0,73

Las 20 estrellas más brillantes

nombre	α_{2000} (h m s)	δ_{2000} (° ′)	magn. V		magn. absol.	tipo espec.	dist. (pc)
Sirio (α CMa)	06 45 09	−16 43	−1,44		1,5	A0	2,6
Canopo (α Car)	06 23 57	−52 42	−0,62		−5,5	F0	96
Arturo (α Boo)	14 15 40	+19 11	−0,05		−0,3	K0	11
Rigil Kent. (α Cen A)	14 39 37	−60 50	−0,01		4,4	G0	1,3
Vega (α Lyr)	18 36 56	+38 47	0,03		0,6	A0	7,8
Capela (α Aur A+B)	05 16 41	+46 00	0,08		−0,5	G0	12,9
Rígel (β Ori)	05 14 32	−08 12	0,18	*	−6,7	B8p	237
Proción (α CMi)	07 39 18	+05 14	0,40		2,7	F5	3,5
Achernar (α Eri)	01 37 43	−57 14	0,45		−2,8	B5	44
Betelgeuse (α Ori)	05 55 10	+07 24	0,45	*	−5,1	M0	131
Hadar (β Cen)	14 03 49	−60 22	0,61	*	−5,4	B1	161
Altair (α Aql)	19 50 47	+08 52	0,76		2,2	A5	5,1
α Cru A+B	12 26 36	−63 06	0,77		−4,2	B1,B3	98
Aldebarán (α Tau)	04 35 55	+16 31	0,87	*	−0,6	K5	20
Espiga (α Vir)	13 25 12	−11 10	0,98	*	−3,5	B2	80
Antares (α Sco A+B)	16 29 24	−26 26	1,06	*	−5,3	M1,B3	185
Pólux (β Gem)	07 45 19	+28 02	1,16		1,1	K0	10
Fomalhaut (α PsA)	22 57 39	−29 37	1,17		1,7	A3	7,7
Deneb (α Cyg)	20 41 26	+45 17	1,25	*	−8,7	A2p	990
Mimosa (β Cru)	12 47 43	−59 41	1,25	*	−3,9	B1	108

Estrellas brillantes

nombre	α_{2000} (h m s)	δ_{2000} (° ′ ″)	$\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ (″/milenio)		π (″)	V	B–V	tipo esp.
α And	00 08 23,3	+29 05 26	136	−163	0,034	2,07	−0,04	A0p
β Cas	00 09 10,7	+59 08 59	523	−180	0,060	2,28	0,38	F5
γ Peg	00 13 14,2	+15 11 01	5	−8	0,010	2,83	−0,19	B2
β Hyi	00 25 45,1	−77 15 15	2220	324	0,134	2,82	0,62	G0
α Phe	00 26 17,0	−42 18 22	233	−354	0,042	2,40	1,08	K0
α Cas	00 40 30,5	+56 32 14	50	−32	0,014	2,24	1,17	K0
β Cet	00 43 35,4	−17 59 12	233	33	0,034	2,04	1,02	K0
γ Cas	00 56 42,5	+60 43 00	26	−4	0,005	2,15	−0,05	B0p
β And	01 09 43,9	+35 37 14	176	−112	0,016	2,07	1,58	M0
δ Cas	01 25 49,0	+60 14 07	297	−49	0,033	2,66	0,16	A5
α Eri	01 37 42,9	−57 14 12	88	−40	0,023	0,45	−0,16	B5
β Ari	01 54 38,4	+20 48 29	96	−109	0,055	2,64	0,17	A5
α Hyi	01 58 46,2	−61 34 11	263	27	0,046	2,86	0,29	F0
γ^1 And	02 03 54,0	+42 19 47	43	−51	0,009	2,10	1,37	K0
α Ari	02 07 10,4	+23 27 45	191	−146	0,049	2,01	1,15	K2
β Tri	02 09 32,6	+34 59 14	149	−39	0,026	3,00	0,14	A5
α UMi	02 31 49,1	+89 15 51	44	−12	0,008	1,97	0,64	F8
θ Eri	02 58 15,7	−40 18 17	−54	26	0,020	2,88	0,13	A2
α Cet	03 02 16,8	+04 05 23	−12	−79	0,015	2,54	1,63	M0
γ Per	03 04 47,8	+53 30 23	1	−4	0,013	2,91	0,72	F5,A3
β Per	03 08 10,1	+40 57 20	2	−1	0,035	2,09	0,00	B8
α Per	03 24 19,4	+49 51 40	24	−26	0,006	1,79	0,48	F5
η Tau	03 47 29,1	+24 06 18	19	−43	0,009	2,85	−0,09	B5p
ζ Per	03 54 07,9	+31 53 01	4	−9	0,003	2,84	0,27	B1
ε Per	03 57 51,2	+40 00 37	13	−24	0,006	2,90	−0,20	B1
γ Eri	03 58 01,8	−13 30 31	61	−111	0,015	2,97	1,59	K5
α Tau	04 35 55,2	+16 30 33	63	−189	0,050	0,87	1,54	K5
ι Aur	04 56 59,6	+33 09 58	4	−19	0,006	2,69	1,49	K2
β Eri	05 07 51,0	−05 05 11	−83	−75	0,037	2,78	0,16	A3
β Ori	05 14 32,3	−08 12 06	2	−1	0,004	0,18	−0,03	B8p
α Aur	05 16 41,4	+45 59 53	76	−427	0,077	0,08	0,80	G0
γ Ori	05 25 07,9	+06 20 59	−9	−13	0,013	1,64	−0,22	B2
β Tau	05 26 17,5	+28 36 27	23	−174	0,025	1,65	−0,13	B8
β Lep	05 28 14,7	−20 45 34	−5	−86	0,020	2,81	0,81	G0
δ Ori	05 32 00,4	−00 17 57	2	1	0,004	2,25	−0,17	B0
α Lep	05 32 43,8	−17 49 20	3	2	0,003	2,58	0,21	F0
ι Ori	05 35 26,0	−05 54 36	2	−1	0,002	2,75	−0,21	Oe5
ε Ori	05 36 12,8	−01 12 07	1	−1	0,002	1,69	−0,18	B0
ζ Tau	05 37 38,7	+21 08 33	2	−18	0,008	2,97	−0,15	B3p
α Col	05 39 38,9	−34 04 27	0	−24	0,012	2,65	−0,12	B5p
ζ Ori	05 40 45,5	−01 56 33	4	3	0,004	1,74	−0,20	B0
κ Ori	05 47 45,4	−09 40 11	2	−1	0,005	2,07	−0,17	B0

Estrellas brillantes

nombre	α_{2000} (h m s)	δ_{2000} (° ′ ″)	$\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ (″/milenio)		π (″)	V	B–V	tipo esp.
α Ori	05 55 10,3	+07 24 25	27	11	0,008	0,45	1,50	M0
β Aur	05 59 31,7	+44 56 51	−56	−1	0,040	1,90	0,08	A0p
θ Aur	05 59 43,3	+37 12 45	42	−74	0,019	2,65	−0,08	A0
β CMa	06 22 42,0	−17 57 21	−3	0	0,007	1,98	−0,24	B1
μ Gem	06 22 57,6	+22 30 49	57	−109	0,014	2,87	1,62	M0
α Car	06 23 57,1	−52 41 44	20	24	0,010	−0,62	0,16	F0
γ Gem	06 37 42,7	+16 23 57	−2	−67	0,031	1,93	0,00	A0
α CMa	06 45 08,9	−16 42 58	−546	−1223	0,379	−1,44	0,01	A0
τ Pup	06 49 56,2	−50 36 52	34	−66	0,018	2,94	1,21	K0
ε CMa	06 58 37,5	−28 58 20	3	2	0.008	1.50	−0.21	B1
δ CMa	07 08 23,5	−26 23 36	−3	3	0,002	1,83	0,67	F8p
π Pup	07 17 08,6	−37 05 51	−11	7	0,003	2,71	1,62	K5
η CMa	07 24 05,7	−29 18 11	−4	7	0,001	2,45	−0,08	B5p
β CMi	07 27 09,0	+08 17 22	−50	−38	0,019	2,89	−0,10	B8
α Gem	07 34 35,9	+31 53 18	−206	−148	0,063	1,58	0,03	A0,A0
α CMi	07 39 18,1	+05 13 30	−717	−1035	0,286	0,40	0,43	F5
β Gem	07 45 19,0	+28 01 34	−626	−46	0,097	1,16	0,99	K0
ζ Pup	08 03 35,1	−40 00 12	−31	17	0,002	2,21	−0,27	O3
ρ Pup	08 07 32,6	−24 18 15	−83	46	0,052	2,83	0,46	F5
γ Vel	08 09 32,0	−47 20 12	−6	10	0,004	1,75	−0,14	Oap
ε Car	08 22 30,8	−59 30 34	−25	23	0,005	1,86	1,20	K0,B
δ Vel	08 44 42,2	−54 42 32	29	−104	0,041	1,93	0,04	A0
λ Vel	09 07 59,8	−43 25 57	−23	14	0,006	2,23	1,66	K5
β Car	09 13 12,0	−69 43 02	−158	109	0,029	1,67	0,07	A0
ι Car	09 17 05,4	−59 16 31	−19	13	0,005	2,21	0,19	F0
κ Vel	09 22 06,8	−55 00 39	−11	11	0,006	2,47	−0,14	B3
α Hya	09 27 35,2	−08 39 31	−14	33	0,018	1,99	1,44	K2
ε Leo	09 45 51,1	+23 46 27	−46	−10	0,013	2,97	0,81	G0p
υ Car	09 47 06,1	−65 04 19	−12	5	0,002	2,92	0,27	F0
α Leo	10 08 22,3	+11 58 02	−249	5	0,042	1,36	−0,09	B8
γ Leo	10 19 58,4	+19 50 29	311	−153	0,026	2,01	1,13	K0,K0
θ Car	10 42 57,4	−64 23 40	−19	12	0,007	2,74	−0,22	B0
μ Vel	10 46 46,2	−49 25 13	63	−54	0,028	2,69	0,90	G5
β UMa	11 01 50,5	+56 22 57	82	34	0,041	2,34	0,03	A0
α UMa	11 03 43,7	+61 45 04	−136	−35	0,026	1,81	1,06	K0
ψ UMa	11 09 39,8	+44 29 55	−62	−27	0,022	3,00	1,14	K0
δ Leo	11 14 06,5	+20 31 25	143	−130	0,057	2,56	0,13	A3
β Leo	11 49 03,6	+14 34 19	−499	−114	0,090	2,14	0,09	A2
γ UMa	11 53 49,8	+53 41 41	108	11	0,039	2,41	0,04	A0
δ Cen	12 08 21,5	−50 43 21	−48	−6	0,008	2,58	−0,13	B3p
δ Cru	12 15 08,7	−58 44 56	−37	−11	0,009	2,79	−0,19	B3
γ Crv	12 15 48,4	−17 32 31	−160	22	0,020	2,58	−0,11	B8

Estrellas brillantes

nombre	α_{2000} (h m s)	δ_{2000} (° ′ ″)	$\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ (″/milenio)		π (″)	V	B–V	tipo esp.
α Cru	12 26 35,9	−63 05 57	−35	−15	0.010	0.77	−0.24	B1,B3
δ Crv	12 29 51,9	−16 30 56	−210	−139	0,037	2,94	−0,01	A0
γ Cru	12 31 09,9	−57 06 48	28	−264	0,037	1,59	1,60	M3
β Crv	12 34 23,2	−23 23 48	1	−56	0,023	2,65	0,89	G5
α Mus	12 37 11,0	−69 08 08	−40	−12	0,011	2,69	−0,18	B3
γ Cen	12 41 31,0	−48 57 36	−187	−1	0,025	2,20	−0,02	A0
γ Vir	12 41 39,6	−01 26 58	−617	61	0,085	2,74	0,37	F0
β Cru	12 47 43,2	−59 41 19	−48	−13	0,009	1,25	−0,24	B1
ε UMa	12 54 01,7	+55 57 35	112	−9	0,040	1,76	−0,02	A0p
α^2 CVn	12 56 01,7	+38 19 06	−233	55	0,030	2,89	−0,12	A0p
ε Vir	13 02 10,6	+10 57 33	−275	20	0,032	2,85	0,93	K0
γ Hya	13 18 55,3	−23 10 18	68	−41	0,025	2,99	0,92	G5
ι Cen	13 20 35,8	−36 42 44	−341	−88	0,056	2,75	0,07	A2
ζ UMa	13 23 55,5	+54 55 31	121	−22	0,042	2,23	0,06	A2p
α Vir	13 25 11,6	−11 09 41	−43	−32	0,012	0,98	−0,23	B2
ε Cen	13 39 53,2	−53 27 59	−15	−13	0,009	2,29	−0,17	B1
η UMa	13 47 32,4	+49 18 48	−121	−16	0,032	1,85	−0,10	B3
η Boo	13 54 41,1	+18 23 52	−61	−358	0,088	2,68	0,58	G0
ζ Cen	13 55 32,4	−47 17 18	−57	−45	0,008	2,55	−0,18	B2p
β Cen	14 03 49,4	−60 22 23	−34	−25	0,006	0,61	−0,23	B1
θ Cen	14 06 41,0	−36 22 12	−519	−518	0,054	2,06	1,01	K0
α Boo	14 15 39,7	+19 10 57	−1093	−1999	0,089	−0,05	1,24	K0
η Cen	14 35 30,4	−42 09 28	−35	−32	0,011	2,33	−0,16	B3p
α^2 Cen	14 39 35,1	−60 50 14	−3600	952	0,742	1,35	0,90	K5
α^1 Cen	14 39 36,5	−60 50 02	−3678	482	0,742	−0,01	0,71	G0
α Lup	14 41 55,8	−47 23 18	−21	−24	0,006	2,30	−0,15	B2
ε Boo	14 44 59,2	+27 04 27	−51	20	0,016	2,35	0,97	K0
β UMi	14 50 42,3	+74 09 20	−32	12	0,026	2,07	1,47	K5
α^2 Lib	14 50 52,7	−16 02 30	−106	−69	0,042	2,75	0,15	A3
β Lup	14 58 31,9	−43 08 02	−34	−38	0,006	2,68	−0,18	B2p
β Lib	15 17 00,4	−09 22 59	−96	−21	0,020	2,61	−0,07	B8
γ TrA	15 18 54,6	−68 40 46	−66	−32	0,018	2,87	0,01	A0
γ UMi	15 20 43,7	+71 50 02	−18	18	0,007	3,00	0,06	A2
α CrB	15 34 41,3	+26 42 53	120	−89	0,044	2,22	0,03	A0
γ Lup	15 35 08,4	−41 10 00	−16	−26	0,006	2,80	−0,22	B3
α Ser	15 44 16,1	+06 25 32	135	44	0,045	2,63	1,17	K0
β TrA	15 55 08,5	−63 25 50	−188	−402	0,081	2,83	0,31	F0
π Sco	15 58 51,1	−26 06 51	−12	−26	0,007	2,89	−0,18	B2
δ Sco	16 00 20,0	−22 37 18	−9	−37	0,008	2,29	−0,12	B0
β^1 Sco	16 05 26,2	−19 48 20	−7	−25	0,006	2,56	−0,06	B1
δ Oph	16 14 20,7	−03 41 40	−46	−143	0,019	2,73	1,58	M0
σ Sco	16 21 11,3	−25 35 34	−10	−18	0,004	2,90	0,30	B1

Estrellas brillantes

nombre	α_{2000} (h m s)	δ_{2000} (° ′ ″)	$\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ (″/milenio)		π (″)	V	B–V	tipo esp.
η Dra	16 23 59,5	+61 30 51	−17	57	0,037	2,73	0,91	G5
α Sco	16 29 24,4	−26 25 55	−10	−23	0,005	1,06	1,87	M1,B3
β Her	16 30 13,2	+21 29 23	−98	−14	0,022	2,78	0,95	K0
τ Sco	16 35 53,0	−28 12 58	−9	−23	0,008	2,82	−0,21	B0
ζ Oph	16 37 09,5	−10 34 02	13	25	0,007	2,54	0,04	B0
ζ Her	16 41 17,2	+31 36 10	−463	345	0,093	2,81	0,65	G0
α TrA	16 48 39,9	−69 01 40	18	−33	0,008	1,91	1,45	K2
ε Sco	16 50 09,8	−34 17 36	−612	−256	0,050	2,29	1,14	K0
μ^1 Sco	16 51 52,2	−38 02 51	−9	−22	0,004	3,00	−0,20	B3p
η Oph	17 10 22,7	−15 43 30	41	98	0,039	2,43	0,06	A2
α Her	17 14 38,9	+14 23 25	−7	33	0,009	2,78	1,16	M2,M2
β Ara	17 25 18,0	−55 31 48	−8	−25	0,005	2,84	1,48	K2
β Dra	17 30 26,0	+52 18 05	−16	12	0,009	2,79	0,95	G0
ν Sco	17 30 45,8	−37 17 45	−4	−29	0,006	2,70	−0,18	B3
α Ara	17 31 50,5	−49 52 34	−31	−67	0,013	2,84	−0,14	B3p
λ Sco	17 33 36,5	−37 06 14	−9	−30	0,005	1,62	−0,23	B2
α Oph	17 34 56,1	+12 33 36	110	−223	0,070	2,08	0,16	A5
θ Sco	17 37 19,2	−42 59 52	6	−1	0,012	1,86	0,41	F0
κ Sco	17 42 29,3	−39 01 48	−6	−26	0,007	2,39	−0,17	B2
β Oph	17 43 28,4	+04 34 02	−41	159	0,040	2,76	1,17	K0
ι^1 Sco	17 47 35,1	−40 07 37	0	−6	0,002	2,99	0,51	F6
γ Dra	17 56 36,4	+51 29 20	−9	−23	0,022	2,24	1,52	K5
γ Sgr	18 05 48,5	−30 25 27	−56	−182	0,034	2,98	0,98	K0
δ Sgr	18 20 59,7	−29 49 41	30	−26	0,011	2,72	1,38	K0
ε Sgr	18 24 10,3	−34 23 05	−40	−124	0,023	1,79	−0,03	A0
λ Sgr	18 27 58,2	−25 25 18	−45	−186	0,042	2,82	1,02	K0
α Lyr	18 36 56,3	+38 47 01	201	287	0,129	0,03	0,00	A0
σ Sgr	18 55 15,9	−26 17 48	14	−53	0,015	2,05	−0,13	B3
ζ Sgr	19 02 36,7	−29 52 48	−14	4	0,037	2,60	0,06	A4
ζ Aql	19 05 24,6	+13 51 49	−7	−95	0,039	2,99	0,01	A0
π Sgr	19 09 45,8	−21 01 25	−1	−37	0,007	2,88	0,38	F2
δ Cyg	19 44 58,5	+45 07 51	43	48	0,019	2,86	0,00	A0
γ Aql	19 46 15,6	+10 36 48	16	−3	0,007	2,72	1,51	K2
α Aql	19 50 47,0	+08 52 06	537	386	0,195	0,76	0,22	A5
γ Cyg	20 22 13,7	+40 15 24	2	−1	0,002	2,23	0,67	F8p
α Pav	20 25 38,9	−56 44 06	8	−86	0,018	1,94	−0,12	B3
α Cyg	20 41 25,9	+45 16 49	2	2	0,001	1,25	0,09	A2p
ε Cyg	20 46 12,7	+33 58 13	356	330	0,045	2,48	1,02	K0
α Cep	21 18 34,8	+62 35 08	150	48	0,067	2,45	0,26	A5
β Aqr	21 31 33,5	−05 34 16	23	−7	0,005	2,90	0,83	G0
ε Peg	21 44 11,2	+09 52 30	30	1	0,005	2,38	1,52	K0
δ Cap	21 47 02,4	−16 07 38	263	−296	0,085	2,85	0,18	A5

Estrellas brillantes

nombre	α_{2000} (h m s)	δ_{2000} (° ′ ″)	$\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ (″/milenio)		π (″)	V	B–V	tipo esp.
γ Cru	21 53 55,7	−37 21 54	96	−12	0,016	3,00	−0,08	B8
α Aqr	22 05 47,0	−00 19 11	18	−10	0,004	2,95	0,97	G0
α Gru	22 08 14,0	−46 57 40	128	−148	0,032	1,73	−0,07	B5
α Tuc	22 18 30,1	−60 15 35	−71	−38	0,016	2,87	1,39	K2
β Gru	22 42 40,1	−46 53 05	136	−5	0,019	2,07	1,61	M3
η Peg	22 43 00,1	+30 13 17	13	−26	0,015	2,93	0,85	G0
α PsA	22 57 39,0	−29 37 20	329	−164	0,130	1,17	0,14	A3
β Peg	23 03 46,5	+28 04 58	188	138	0,016	2,44	1,65	M0
α Peg	23 04 45,7	+15 12 19	61	−43	0,023	2,49	0,00	A0

En esta tabla figuran las estrellas más brillantes de magnitud visual $V = 3$ extraidas del Catálogo de Estrellas Hipparcos ordenadas por ascensión recta creciente. En la primera columna figura el nombre según Bayer seguido de la abreviatura del nombre de la constelación (ver tabla correspondiente). A continuación figuran las coordenadas ecuatoriales (ascensión recta y declinación) para la época J2000, seguidos de los movimientos propios expresados en segundos de arco por milenio. El movimiento propio en ascensión recta viene multiplicado por el coseno de la declinación pues ello facilita el cálculo riguroso; el producto $(\mu_\alpha \cos\delta)$ da la corrección en arco de cielo y no en la coordenada.

En primera aproximación, la corrección por movimiento propio viene dada por

$$\alpha = \alpha_{2000} + \mathrm{t}\,\mu_\alpha = \alpha_{2000} + \frac{\mathrm{t}}{\cos\delta}\,(\mu_\alpha \cos\delta)$$

$$\delta = \delta_{2000} + \mathrm{t}\,\mu_\delta$$

siendo $\mathrm{t} = (dia\ \ juliano - 245\,1545)/365\,250$.

La columna etiquetada π corresponde a la paralaje ecuatorial, su inverso da la distancia expresada en parsecs. Las dos columnas siguientes indican la magnitud visual V (según el catálogo Hipparcos) y el índice de color $B-V$ (o sea, la diferencia entre la magnitud azul B y la visual V). El tipo espectral, extraido del catálogo FK5, se halla en la última columna.

Estrellas dobles

Las estrellas dobles de la siguiente tabla han sido seleccionadas a partir de los catálogos Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars (`http://ad.usno.navy.mil/wds/orb6.html`) y The Washington Double Star Catalog (`http://ad.usno.navy.mil/wds/`). Solo se consideran declinaciones mayores de $-48°$. Cumplen, entre otras, las siguientes condiciones: la primaria es más brillante que magnitud 5, la secundaria es más brillante que magnitud 8 y su separación es mayor que $2''$.

Con tales criterios se pretende facilitar la identificación de las estrellas y su observación. Un asterisco indica que la separación y el ángulo de posición (A.P.) han sido calculados para el año actual al disponer de buenos elementos orbitales.

Estrellas dobles o múltiples

nombre	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} ($^\circ$ $'$)	componentes	magnitudes prim.	magnitudes sec.	separ. ($''$)	A.P. ($^\circ$)
η Cas	00 49,1	57 49	AB	3,52	7,36	13,4	326*
γ Ari	01 53,5	19 18	AB	4,52	4,58	7,4	1
γ And	02 03,9	42 20	A,BC	2,31	5,02	9,8	63
θ Eri	02 58,3	−40 18		3,20	4,12	8,6	91
η Tau	03 47,5	24 06	AB	2,83	6,27	117,6	291
HR 1190	03 48,6	−37 37		4,72	5,25	8,4	216
32 Eri	03 54,3	−02 57	AB	4,80	5,89	6,9	349
κ Tau	04 25,4	22 18	AB	4,22	5,29	339,4	174
θ Tau	04 28,7	15 52	AB	3,41	3,94	347,9	339
83 Tau	04 30,6	13 43	AC	4,75	6,09	4,8	314
92 tau	04 39,3	15 55		4,69	5,09	444,0	194
β Ori	05 14,5	−08 12	A,BC	0,30	6,80	9,5	202
β Lep	05 28,2	−20 46	AB	2,90	7,50	2,7	8
δ Ori	05 32,0	00 18	AC	2,41	6,83	53,3	2
Struve 747	05 35,0	−06 00	AB	4,70	5,51	40,0	228
λ Ori	05 35,1	09 56	AB	3,51	5,45	4,5	44
ι Ori	05 35,4	−05 55	AB	2,77	7,73	11,6	141
σ Ori	05 38,7	−02 36	AB,D	3,76	6,56	12,9	85
σ Ori	05 38,7	−02 36	AB,E	3,76	6,56	41,5	62
ζ Ori	05 40,7	−01 57	AB	1,88	3,70	2,2	168*
γ Lep	05 44,5	−22 27	AB	3,64	6,28	95,0	350
θ Aur	05 59,7	37 13	AB	2,60	7,20	4,0	304
ζ CMa	06 20,3	−30 04		2,96	7,81	169,6	340
β Mon	06 28,8	−07 02	AB	4,62	5,00	7,2	137
β Mon	06 28,8	−07 02	AC	4,62	5,39	9,9	130
ε CMa	06 58,6	−28 58		1,50	7,50	7,9	162
π Pup	07 17,1	−37 06	AB	2,89	7,94	66,5	213
NV Pup	07 18,3	−36 44	AB	4,66	5,07	241,6	102
η CMa	07 24,1	−29 18		2,45	6,77	178,0	286
α Gem	07 34,6	31 53	AB	1,93	2,97	5,3	53*
k Pup	07 38,8	−26 48	AB	4,40	4,62	9,9	318
γ Vel	08 09,5	−47 20	AB	1,79	4,14	40,3	221
γ Vel	08 09,5	−47 20	AC	1,79	7,26	61,5	152
ζ Cnc	08 12,2	17 39	AB,C	4,92	5,85	5,9	65*
ι Cnc	08 46,7	28 46		4,13	5,99	31,3	308
η Hya	08 46,8	06 25	AB,C	3,49	6,66	2,8	310*
38 Lyn	09 18,8	36 48	AB	3,92	6,09	2,6	222
ζ Leo	10 16,7	23 25		3,46	6,03	334,8	338
γ Leo	10 20,0	19 50	AB	2,37	3,64	4,7	127*
54 Leo	10 55,6	24 45		4,48	6,30	6,6	113

Estrellas dobles o múltiples

nombre	α_{2000} (h m)	δ_{2000} (° ′)	componentes	magnitudes prim.	magnitudes sec.	separ. (″)	A.P. (°)
α UMa	11 03,7	61 45	AC	2,02	7,19	380,6	204
HR 4314	11 05,3	−27 18	AD	4,96	5,70	507,3	88
ι Leo	11 23,9	10 32	AB	4,06	6,71	2,2	93*
γ Vir	12 41,7	−01 27	AB	3,48	3,53	2,8	359*
α CVn	12 56,0	38 19	AB	2,85	5,52	20,0	229
ζ UMa	13 23,9	54 56	AB	2,23	3,88	14,4	152
ζ UMa	13 23,9	54 56	AC	2,23	4,01	706,9	70
ζ UMa	13 23,9	54 56	AD	2,23	7,62	493,2	100
3 Cen	13 51,8	−33 00		4,50	5,97	7,9	104
π Boo	14 40,7	16 25	AB	4,88	5,79	5,5	113
ε Boo	14 45,0	27 04	AB	2,58	4,81	2,9	343
α Lib	14 50,9	−16 03	AB	2,74	5,19	231,1	314
δ Ser	15 34,8	10 32	AB	4,17	5,16	4,0	172*
ζ^2 CrB	15 39,4	36 38		4,96	5,91	6,2	307
η Lup	16 00,1	−38 24	AB	3,37	7,50	15,0	19
β Sco	16 05,4	−19 48	AC	2,59	4,52	13,9	20
β Sco	16 05,4	−19 48	AD	2,62	7,50	519,2	30
ν Sco	16 12,0	−19 28	AC	4,35	6,60	41,6	338
ε Nor	16 27,2	−47 33		4,51	6,12	22,9	334
α Sco	16 29,4	−26 26		0,96	5,40	2,6	277*
α Her	17 14,6	14 23	AB	3,48	5,40	4,6	103*
ρ Her	17 23,7	37 09	AB	4,50	5,40	4,1	320
HR 6516	17 30,4	−01 04	AD	3,82	5,50	16,9	317
ν Dra	17 32,2	55 11		4,87	4,90	62,5	310
θ Sco	17 37,3	−43 00		1,97	5,36	6,5	315
ψ Dra	17 41,9	72 09	AB	4,60	5,59	29,6	17*
95 Her	18 01,5	21 36		4,85	5,20	6,4	259
70 Oph	18 05,5	02 30	AB	4,22	6,17	6,6	123*
ε Lyr	18 44,3	39 40	AB,CD	4,67	4,56	209,5	172
ζ Lyr	18 44,8	37 36	AD	4,34	5,62	43,8	150
β Lyr	18 50,1	33 22	AB	3,63	6,69	45,6	148
θ Ser	18 56,2	04 12	AB	4,59	4,93	22,5	104
α Vul	19 28,7	24 40		4,61	5,93	427,7	28
β Cyg	19 30,7	27 58	AB	3,19	4,68	34,7	54
δ Cyg	19 45,0	45 08	AB	2,89	6,27	2,8	216*
ε Dra	19 48,2	70 16		4,01	6,87	3,2	21
o Cyg	20 13,6	46 44	AC	3,93	6,97	108,6	173
o Cyg	20 13,6	46 44	AD	3,93	4,83	336,7	322
α Cap	20 18,1	−12 33	AE	3,66	4,34	381,2	290
β Cap	20 21,0	−14 47	AB	3,15	6,08	205,4	267
γ Del	20 46,7	16 07	AB	4,36	5,03	8,9	265*
γ Equ	21 10,3	10 08	AD	4,70	6,06	335,8	152
ξ Cep	22 03,8	64 38	AB	4,45	6,40	8,4	273*
ζ^2 Aqr	22 28,8	00 01	AB	4,34	4,49	2,4	162
δ Cep	22 29,2	58 25	AC	4,21	6,11	40,9	192

Estrellas variables

La idea de *estrella variable* como toda aquélla cuya luminosidad no es constante resulta demasiado general pues incluiría todas las estrellas, dado que todas varían algo su luminosidad a lo largo de su vida. De manera más restrictiva, se considera que una estrella es variable cuando su brillo en luz visible cambia apreciablemente (varias décimas de magnitud) en escalas de tiempo "humanas" (de segundos a décadas). Se trata de una definición puramente observacional, que restringe las estrellas variables a aquellas en las que sus cambios de luminosidad son fácilmente apreciables para un ser humano equipado con un telescopio. Estos cambios se deben a procesos físicos muy diferentes, de acuerdo a los cuales las estrellas variables se suelen agrupar en los distintos tipos que a continuación se enumeran.

Variables eruptivas

Están constituidas por aquellas estrellas en las que los cambios de luminosidad se producen debido a la presencia de procesos violentos en sus atmósferas. Estos cambios suelen venir acompañados de eyecciones de material en forma de vientos estelares. De entre estas estrellas citaremos las de tipo Wolf-Rayet, FU Orionis, T Orionis, T Tauri, R Coronae Borealis, S Doradus, UV Ceti ("flare" o fulgurantes) y γ Cassiopeiae.

Variables pulsantes

En estas estrellas la variabilidad se debe a que el objeto está pulsando, es decir se contrae y se expande de un modo más o menos regular. Esas pulsaciones, que tienen lugar en las capas más exteriores de la estrella, cambian su tamaño y temperatura superficial, lo que da lugar a las variaciones de luz observadas. Existen numerosos tipos de variables pulsantes, dependiendo del estado evolutivo del objeto y de la variabilidad mostrada. Las hay de periodo corto (β Cephei = β Canis Majoris, δ Scuti, RR Lyrae), de periodo medio (Cefeidas, W Virginis), de periodo largo (Miras, estrellas OH/IR, RV Tauri) y las de tipo Semirregular e Irregular.

Variables rotantes

Se trata de estrellas en las que el brillo de su superficie no es uniforme, por lo que su variabilidad se aprecia al rotar el objeto. La no uniformidad de su superficie está ocasionada por la existencia de inhomogeneidades en su composición química o en su temperatura, producidas por intensos campos magnéticos o por la presencia de una compañera muy cercana. De entre estos objetos merecen ser destacados los "púlsares", estrellas de neutrones en rápida rotación. También se incluyen los tipos α Canum Venaticorum y DY Draconis.

Variables cataclísmicas

Estrellas variables en las que tienen lugar enormes y rápidos aumentos de su luminosidad. Estos se producen por la aparición de repentinos procesos de combustión nuclear en su interior o por intercambio de material entre las estrellas de sistemas binarios próximos. Los primeros engloban las novas, supernovas y novas recurrentes; de entre los segundos destacaremos las de tipo U Geminorum, Z Andromedae y Z Camelopardalis.

Variables eclipsantes

Son sistemas binarios en los que las estrellas se eclipsan mutuamente de un modo alternativo, lo que produce las variaciones de luz observadas. Dependiendo de su proximidad, sus luminosidades y tamaños relativos, y de la orientación de la órbita, se obtienen distintos tipos de curvas de variación de luz. Atendiendo a este criterio, tradicionalmente se distingen tres tipos de estrellas variables eclipsantes: Algol, β Lyrae y W Ursae Majoris.

Variables emisoras de rayos X

Están constituidas por estrellas variables con intensa emisión de rayos X no incluidas en los tipos anteriores. En general se trata de sistemas binarios en los que una estrella, que es muy compacta (una enana blanca o incluso un agujero negro), atrapa el material que la estrella compañera pierde. En su caida sobre la estrella compacta, este material emite rayos X. Los que son capturados por la otra estrella dan lugar a la emision de radiación de muy alta temperatura de forma más o menos episódica. Entre las variables de rayos X se encuentra Vela X–1, cuya contrapartida óptica es HD 77581.

Finalmente, podemos encontrar en los catálogos otros tipos de estrellas variables. Se utilizan para clasificar estrellas mal estudidas o muy peculiares, y objetos erróneamente considerados estrellas variables: estrellas consideradas variables que en realidad no lo son y objetos variables que en realidad no son estrellas. Estos últimos incluyen los "cuásares" y los "blázares", que no son más que dos manifestaciones de un mismo fenómeno: la variabilidad de los núcleos activos de galaxias.

Efemérides

La observación de estrellas variables se puede iniciar con las más brillantes de los distintos tipos. Entre las de corto periodo: Algol (β Per), β Lyr y RR Lyr. Los instantes de mínimo de las variables eclipsantes prototipo β Per y β Lyr pueden encontrarse en la página 278. Entre las de largo periodo se puede empezar por algunas de las estrellas Mira más brillantes, como son Mira (*o* Cet), R Leo y χ Cyg, cuyos instantes de máximo para este año vienen dados en la tabla de la página 279.

Estrellas variables de otros tipos

nombre	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} ($^\circ$ $'$)	magnitud máx.	magnitud mín.	periodo (días)	tipo
TV Psc	00 28	+17 24	4,7	5,4	70	Semirregular
γ Cas	00 57	+60 43	1,6	3,0		γ Cassiopeiae
RX And	01 05	+41 18	10,3	13,6	14,1	Z Camelopardalis
ζ Phe	01 08	−55 15	3,9	4,4	1,670	Algol
UV Cet	01 39	−17 58	6,8	13,0		UV Ceti, "flare"
ρ Per	03 05	+38 50	3,3	4,4	50	Semirregular
β Per	03 08	+40 57	2,1	3,4	2,867	Algol
GK Per	03 31	+43 54	0,2	14,0		Nova
BU Tau	03 49	+24 08	4,8	5,0		γ Cassiopeiae
λ Tau	04 01	+12 29	3,3	3,8	3,953	Algol
VW Hyi	04 09	−71 18	8,4	14,4	28	U Geminorum
T Tau	04 22	+19 32	8,4	13,5		T Tauri
RY Tau	04 22	+28 27	9,3	13,0		T Tauri
RV Tau	04 47	+26 11	9,8	13,3	78,7	RV Tauri
SU Aur	04 56	+30 34	9,3	11,8		T Tauri
ε Aur	05 02	+43 49	2,9	3,8	9890	Algol
ζ Aur	05 02	+41 05	3,7	4,0	972	Algol
UX Ori	05 05	−03 47	8,7	12,8		T Orionis
RX Lep	05 11	−11 51	5,0	7,0		Irregular
β Dor	05 34	−62 29	3,5	4,1	9,84	δ Cephei
T Ori	05 36	−05 29	9,5	12,6		T Orionis
α Ori	05 55	+07 24	0,4	1,3	2110	Semirregular
δ Pic	06 10	−54 58	4,7	4,9	1,673	β Lyrae
η Gem	06 15	+22 30	3,2	3,9	233	Semirregular
RT Aur	06 29	+30 30	5,0	5,8	3,728	δ Cephei
ζ Gem	07 04	+20 34	3,7	4,2	10,15	δ Cephei
EW CMa	07 14	−26 21	4,4	4,8		γ Cassiopeiae
L_2 Pup	07 14	−44 39	2,6	6,2	140	Semirregular
UW CMa	07 19	−24 34	4,8	5,3	4,393	β Lyrae
FW CMa	07 25	−16 12	5,0	5,5		γ Cassiopeiae
U Mon	07 31	−09 47	6,1	8,1	92,3	RV Tauri
U Gem	07 55	+22 00	8,2	14,9	103	U Geminorum
V Pup	07 58	−49 15	4,7	5,2	1,454	β Lyrae
MX Pup	08 14	−35 54	4,6	4,9		γ Cassiopeiae
Z Cam	08 26	+76 02	10,2	13,4	20,0	Z Camelopardalis
W UMa	09 44	+57 57	7,9	8,3	0,334	W Ursae Majoris
ZZ Car	09 45	−62 30	3,3	4,2	35,5	δ Cephei
AD Leo	10 20	+19 52	9,4	10,4		UV Ceti
η Car	10 45	−59 41	−0,8	7,9		S Doradus
W Vir	13 26	−03 23	9,5	10,8	17,3	W Virginis
μCen	13 50	−42 28	2,9	3,5		γ Cassiopeiae
δ Lib	15 01	−08 31	4,9	5,9	2,327	Algol
R CrB	15 49	+28 09	5,7	14,8		R Coronae Borealis

Estrellas variables de otros tipos

nombre	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} ($^\circ$ $'$)	magnitud máx.	mín.	periodo (días)	tipo
χ Oph	16 27	−18 27	4,2	5,0		γ Cassiopeiae
α Sco	16 29	−26 26	0,9	1,8	1730	Semirregular
AH Her	16 44	+25 15	10,6	13,9	19,6	Z Camelopardalis
μ^1 Sco	16 52	−38 03	2,8	3,1	1,44	β Lyrae
α Her	17 15	+14 23	3,0	4,0		Semirregular
u Her	17 17	+33 06	4,6	5,3	2,051	β Lyrae
X Sgr	17 48	−27 50	4,2	4,8	7,01	δ Cephei
W Sgr	18 05	−29 35	4,3	5,1	7,60	δ Cephei
δ Sct	18 42	−09 03	5,0	5,2	0,194	δ Scuti
R Sct	18 48	−05 42	4,5	8,2	140	RV Tauri
β Lyr	18 50	+33 22	3,3	4,3	12,936	β Lyrae
λ Pav	18 52	−62 11	3,4	4,3		γ Cassiopeiae
R Lyr	18 55	+43 57	3,9	5,0	46,0	Semirregular
κ Pav	18 57	−67 14	3,9	4,8	9,09	W Virginis
ε CrA	18 59	−37 06	4,7	5,0	0,591	W Ursae Majoris
TY CrA	19 02	−36 53	8,7	12,4		T Orionis
RY Sgr	19 17	−33 31	6,0	>15		R Coronae Borealis
RR Lyr	19 26	+42 47	7,1	8,1	0,567	RR Lyrae
η Aql	19 53	+01 00	3,5	4,4	7,177	δ Cephei
V695 Cyg	20 14	+46 44	3,8	3,9	3780	Algol
P Cyg	20 18	+38 02	3,0	6,0		S Doradus
δ Del	20 43	+15 04	4,4	4,5	0,158	δ Scuti
T Cyg	20 47	+34 22	5,0	5,5		Irregular
V832 Cyg	21 00	+47 31	4,5	4,9		γ Cassiopeiae
V Ind	21 12	−45 04	9,1	10,5	0,480	RR Lyrae
SS Cyg	21 43	+43 35	8,2	12,4	50,1	U Geminorum
μCep	21 44	+58 47	3,4	5,1	730	Semirregular
ε Oct	22 20	−80 26	5,0	5,4	55	Semirregular
δ Cep	22 29	+58 25	3,5	4,4	5,366	δ Cephei
RZ Cep	22 39	+64 51	9,2	9,8	0,309	RR Lyrae
β Gru	22 43	−46 53	2,0	2,3		Irregular
EW Lac	22 57	+48 41	5,0	5,3		γ Cassiopeiae
β Peg	23 04	+28 05	2,3	2,7		Irregular
λ And	23 38	+46 28	3,7	4,0	54,2	Semirregular
ρ Cas	23 54	+57 30	4,1	6,2	320	R Coronae Borealis

Magnitud de un astro

El brillo de un astro (estrella, planeta, nebulosa, etc) produce una impresión más o menos intensa, sobre un ojo o un detector, que se mide mediante la *magnitud*. Esta se relaciona con el brillo de manera logarítmica, pues aproximadamente así responde el ojo humano. Por razones históricas,

la magnitud es menor a mayor brillo. El origen de la escala de magnitudes se ha fijado a partir de unas estrellas de referencia situadas en la dirección del polo norte celeste. En esta escala, la brillante estrella α Lyr (Vega) tiene una magnitud (visual) de 0,03. Astros más brillantes (como Sirio, el Sol, la Luna o Júpiter) tienen magnitud negativa.

Relación entre diferencia de magnitud y razón de brillo

Una diferencia de magnitud aparente entre la luminosidad de dos astros (1 y 2) o entre la magnitud de un astro variable en dos instantes distintos (1 y 2), expresa una razón entre los brillos dada por las fórmulas:

$$\frac{B_1}{B_2} = 10^{0,4\,(m_2 - m_1)}$$

$$m_1 - m_2 = 2,5 \log \left(\frac{B_2}{B_1} \right)$$

Nótese la inversión en el orden de los subíndices a un lado y otro de las fórmulas, lo que refleja el hecho que, por definición, a una mayor magnitud le corresponde un menor brillo. Una diferencia de 1 magnitud corresponde a una razón de brillos de un factor 2,512 (o su inverso, 0,398). Una diferencia de 5 magnitudes corresponde a una razón de brillos de un factor 100 (o su inverso, 0,01).

diferencia de magnitudes $m_1 - m_2$	razón de brillos B_2/B_1
0,1	1,10
0,2	1,20
0,3	1,32
0,4	1,45
0,5	1,58
0,6	1,74
0,7	1,91
0,8	2,09
0,9	2,29
1,0	2,51
2,0	6,31
3,0	15,85
4,0	39,81
5,0	100,00
6,0	251,19
7,0	631
8,0	1585

razón de brillos B_2/B_1	diferencia de magnitudes $m_1 - m_2$
2	0,75
3	1,19
4	1,51
5	1,75
10	2,50
15	2,94
20	3,25
25	3,49
30	3,69
35	3,86
40	4,01
50	4,25
60	4,45
70	4,61
80	4,76
90	4,89
100	5,00

Tabla de equivalencias para distancias en la Vía Láctea

paralaje anual	tiempo luz (años)	distancia en parsecs	distancia en ua	distancia en km
1″,0	3,26	1,00	$21\ 10^4$	$309\ 10^{11}$
0″,9	3,62	1,11	$23\ 10^4$	$343\ 10^{11}$
0″,8	4,08	1,25	$26\ 10^4$	$386\ 10^{11}$
0″,7	4,66	1,43	$29\ 10^4$	$441\ 10^{11}$
0″,6	5,44	1,67	$34\ 10^4$	$514\ 10^{11}$
0″,5	6,52	2,00	$41\ 10^4$	$617\ 10^{11}$
0″,4	8,15	2,50	$52\ 10^4$	$771\ 10^{11}$
0″,3	10,87	3,33	$69\ 10^4$	$1029\ 10^{11}$
0″,2	16,31	5,00	$103\ 10^4$	$1543\ 10^{11}$
0″,1	32,62	10,00	$206\ 10^4$	$3086\ 10^{11}$
0″,09	36,24	11,11	$23\ 10^5$	$343\ 10^{12}$
0″,08	40,77	12,50	$26\ 10^5$	$386\ 10^{12}$
0″,07	46,59	14,29	$29\ 10^5$	$441\ 10^{12}$
0″,06	54,36	16,67	$34\ 10^5$	$514\ 10^{12}$
0″,05	65,23	20,00	$41\ 10^5$	$617\ 10^{12}$
0″,04	81,54	25,00	$52\ 10^5$	$771\ 10^{12}$
0″,03	108,72	33,33	$69\ 10^5$	$1029\ 10^{12}$
0″,02	163,08	50,00	$103\ 10^5$	$1543\ 10^{12}$
0″,01	326,16	100,00	$206\ 10^5$	$3086\ 10^{12}$
0″,009	362,4	111,1	$23\ 10^6$	$343\ 10^{13}$
0″,008	407,7	125,0	$26\ 10^6$	$386\ 10^{13}$
0″,007	465,9	142,9	$29\ 10^6$	$441\ 10^{13}$
0″,006	543,6	166,7	$34\ 10^6$	$514\ 10^{13}$
0″,005	652,3	200,0	$41\ 10^6$	$617\ 10^{13}$
0″,004	815,4	250,0	$52\ 10^6$	$771\ 10^{13}$
0″,003	1087,2	333,3	$69\ 10^6$	$1029\ 10^{13}$
0″,002	1630,8	500,0	$103\ 10^6$	$1543\ 10^{13}$
0″,001	3261,6	1000,0	$206\ 10^6$	$3086\ 10^{13}$

Equivalencias:

1 parsec (pc) = 3,2615 6378 años luz = 206 265 ua
= 3,085 678 10^{13} km = 3,085 678 10^{16} m
1 año luz = 0,3066 0139 parsecs = 63 241 ua
= 9,4607 3047 10^{12} km = 9,4607 3047 10^{15} m
1 ua = 4,8481 3681 10^{-6} pc = 1,5812 5074 10^{-5} años luz
= 1,4959 7871 10^8 km = 1,4959 7871 10^{11} m
1 km = 3,2407 7929 10^{-14} pc = 1,0570 0083 10^{-13} años luz
= 6,6845 8712 10^{-9} ua

OTROS OBJETOS DE LA VÍA LÁCTEA

La Vía Láctea
Cúmulos estelares
Nebulosas
Objetos difusos de Messier

Unidades:

1 $\mathcal{M}_\odot$	1,989 10^{30} kg
1 $\mathcal{L}_\odot$	3,826 10^{26} W
1 pc	3,0857 10^{16} m
1 kpc	3,0857 10^{19} m

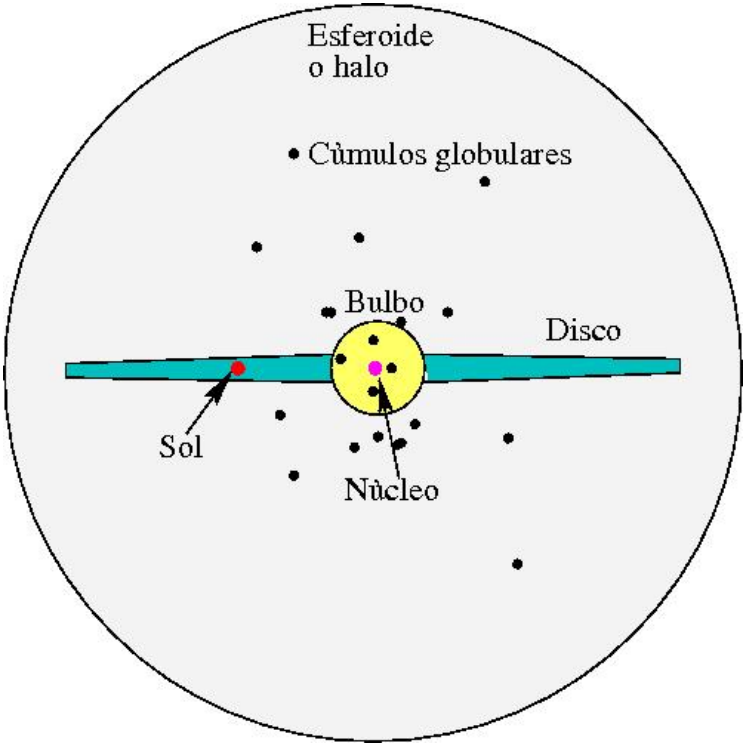
La Vía Láctea

Características globales de la galaxia:

tipo morfológico	SBbc
masa incluyendo el halo invisible	$\sim 10^{12}\ \mathcal{M}_\odot$
masa excluyendo el halo invisible	$\sim 10^{11}\ \mathcal{M}_\odot$
diámetro del halo gaseoso	100 kpc
dirección del polo norte galáctico	$\alpha = 12^{\mathrm{h}}51^{\mathrm{m}}26^{\mathrm{s}}$, $\delta = +27^\circ 07' 42''$
velocidad respecto del fondo de microondas	~ 600 km s^{-1}
luminosidad en banda V	$1{,}4\ 10^{10}\ \mathcal{L}_\odot$
luminosidad en banda B	$2{,}3\ 10^{10}\ \mathcal{L}_\odot$
luminosidad infrarroja ($4 - 100\ \mu$m)	$1{,}2\ 10^{10}\ \mathcal{L}_\odot$
luminosidad bolométrica	$3{,}6\ 10^{10}\ \mathcal{L}_\odot$
magnitud absoluta	$-20{,}9$
módulo de distancia	14,51
número de estrellas	$> 2\ 10^{11}$
Núcleo:	
masa interior a 1 pc (3,26 años luz)	$3\ 10^6\ \mathcal{M}_\odot$
Bulbo:	
masa	$10^{10}\ \mathcal{M}_\odot$
diámetro	2 kpc
luminosidad en banda B	$0{,}2\ 10^{10}\ \mathcal{L}_\odot$
Disco:	
masa	$6\ 10^{10}\ \mathcal{M}_\odot$
diámetro	23–30 kpc
longitud de escala	3,5 kpc
luminosidad en banda V	$1{,}2\ 10^{10}\ \mathcal{L}_\odot$
ritmo de formación de estrellas	$\sim 3\ \mathcal{M}_\odot$ por año
masa de gas molecular	$2{,}5\ 10^9\ \mathcal{M}_\odot$
masa de gas atómico	$3{,}0\ 10^9\ \mathcal{M}_\odot$
periodo de rotación de la espiral	$\sim 50\ 10^6$ años
periodo de rotación de la barra	$\sim 17\ 10^6$ años
Esferoide o halo:	
masa	$2\text{–}10\ 10^9\ \mathcal{M}_\odot$
diámetro	80 kpc
longitud de escala	2,9 kpc
luminosidad en banda V	$0{,}2\ 10^{10}\ \mathcal{L}_\odot$
luminosidad en banda B	$0{,}2\ 10^{10}\ \mathcal{L}_\odot$
edad de la estrella más vieja	$13{,}2\ 10^9$ años

Características de la galaxia en las proximidades del Sol:

velocidad de traslación	220 km s^{-1}
tiempo necesario para dar una vuelta	240 millones de años
dirección del centro galáctico (J2000)	$\alpha = 17^h45^m37^s$, $\delta = -28°56'10''$
distancia del Sol al centro galáctico	8,5 kpc
distancia del Sol al plano galáctico	8–14 pc
periodo vertical	62 millones de años
densidad de materia estelar	0,044 $\mathcal{M}_\odot$ pc^{-3}
densidad total de materia	0,15–0,18 $\mathcal{M}_\odot$ pc^{-3}
brillo superficial	15 $\mathcal{L}_\odot pc^{-1}$
metalicidad, Z	0,02
velocidad de escape	$\sim$ 550 km s^{-1}



Esquema de perfil de la galaxia, donde se identifican sus principales componentes. Los tamaños no están a escala.

Cúmulos estelares

Nuestra galaxia contiene numerosos grupos de estrellas que se denominan *cúmulos estelares* y se suelen dividir en dos grupos:

- *cúmulos abiertos o galácticos:* se encuentran en el disco galáctico, contienen algunos centenares de estrellas en una distribución a menudo irregular, suelen ser jóvenes ($< 10^8$ años) y se estima que hay decenas de miles de ellos en la Vía Láctea.
- *cúmulos globulares:* se encuentran en el halo galáctico, contienen entre 10^5 y 10^7 estrellas en una distribución esférica, suelen ser muy viejos ($\sim 10^{10}$ años) y se estima que hay más de 160 en la Vía Láctea.

Propiedades medias de los cúmulos estelares

	abiertos	globulares
diámetro (en parsecs)	4	20
masa (en $\mathcal{M}_\odot$)	250	$6\ 10^5$
densidad central (en $\mathcal{M}_\odot$ pc^{-3})	$\sim 10^2$	$\sim 10^4$
velocidad de dispersión (en km s^{-1})	1	7
tiempo de vida/edad (en años)	$2\ 10^8$	10^{10}

Cúmulos globulares

M	NGC	const.	α_{2000} (h m)	δ_{2000} (° ′)	magn. V_{total}	tamaño (′)	dist. (kpc)
	104	Tuc	00 24,0	−72 04	4,0	30	4,3
	5139	Cen	13 26,8	−47 28	3,7	36	5,1
3	5272	CVn	13 42,2	+28 23	6,2	16	10,0
5	5904	Ser	15 18,5	+02 05	5,7	17	7,3
4	6121	Sco	16 23,6	−26 31	5,6	26	2,2
13	6205	Her	16 41,7	+36 28	5,8	17	7,0
12	6218	Oph	16 47,1	−01 57	6,7	15	4,7
10	6254	Oph	16 57,1	−04 06	6,6	15	4,3
62	6266	Oph	17 01,2	−30 07	6,5	14	6,7
19	6273	Oph	17 02,6	−26 16	6,8	13	8,5
92	6341	Her	17 17,1	+43 08	6,4	11	8,1
	6388	Sco	17 36,3	−44 44	6,7	9	11,5
	6397	Ara	17 40,8	−53 41	5,7	26	2,2
	6541	CrA	18 08,0	−43 42	6,3	13	7,4
22	6656	Sgr	18 36,3	−23 54	5,1	24	3,2
	6752	Pav	19 10,9	−59 59	5,4	20	3,9
55	6809	Sgr	19 40,0	−30 58	6,3	19	5,3
15	7078	Peg	21 30,0	+12 10	6,2	12	10,2
2	7089	Aqr	21 33,4	−00 50	6,5	13	11,4

M: catálogo de Messier; NGC: New General Catalogue

Cúmulos abiertos

M	NGC	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} ($^\circ$ $'$)	magn. V_{total}	tama. ($'$)	comentarios
	869	$02^h19.^m0$	+57 10	5,3	30	h Per, junto a NGC884
34	1039	$02^h42.^m0$	+42 47	5,2	35	en Perseus
	Perseo	$03^h22.^m0$	+48 36	1,2	190	α Per, Melotte 20
45	Pléyades	$03^h47.^m1$	+24 08	1,2	110	el mejor conocido
	Híades	$04^h20.^m0$	+15 38	0,5	330	en Taurus
38	1912	$05^h28.^m6$	+35 50	6,4	21	en Auriga
	1976/80	$05^h35.^m4$	−05 23	2,5	50	*El Trapecio*, joven
36	1960	$05^h36.^m1$	+34 08	6,0	12	en Auriga
	Berk 21	$05^h51.^m7$	+21 47	1,1	6	en Taurus
37	2099	$05^h52.^m4$	+32 32	5,6	23	en Auriga
35	2168	$06^h08.^m8$	+24 21	5,1	28	en Gemini
	2232	$06^h26.^m5$	−04 45	3,9	30	en Monoceros
	2244	$06^h32.^m4$	+04 52	4,8	23	en neb. *Roseta*, joven
	2264	$06^h41.^m0$	+09 53	3,9	20	S Mon
41	2287	$06^h47.^m1$	−20 44	4,5	38	en Canis Major
50	2323	$07^h03.^m0$	−08 21	5,9	16	en Monoceros
	2362	$07^h18.^m8$	−24 56	4,1	8	τ CMa
47	2422	$07^h36.^m6$	−14 30	4,4	30	en Puppis
46	2437	$07^h41.^m8$	−14 49	6,1	27	en Puppis
	2451	$07^h45.^m4$	−37 58	2,8	45	en Puppis
44	2632	$08^h40.^m1$	+20 00	3,1	95	Praesepe, en Cancer
	IC2395	$08^h41.^m0$	−48 11	4,6	7	en Vela
67	2682	$08^h50.^m5$	+11 42	6,9	30	en Cancer
	Tr 16	$10^h45.^m2$	−59 42	5,0	10	η Car y nebulosa
	Coma	$12^h25.^m1$	+26 06	1,8	300	disperso, Melotte 111
	4755	$12^h53.^m6$	−60 20	4,2	10	κ Cru, *El Joyero*
	6231	$16^h54.^m0$	−41 48	2,6	14	supergig. O, WR; en Sco
6	6405	$17^h40.^m1$	−32 13	4,2	14	en Scorpius
	IC4665	$17^h46.^m7$	+05 44	4,2	40	en Ophiuchus
7	6475	$17^h53.^m9$	−34 48	3,3	80	en Scorpius
23	6494	$17^h56.^m9$	−19 01	5,5	27	en Scorpius
16	6611	$18^h18.^m9$	−13 47	6,0	6	en Serpens, +nebulosa
	6633	$18^h27.^m6$	+06 34	4,6	27	en Ophiucus
25	IC4725	$18^h31.^m7$	−19 15	4,6	32	cefeida U Sgr
	IC4756	$18^h39.^m3$	+05 27	4,6	50	en Serpens
11	6705	$18^h51.^m1$	−06 17	5,8	13	muy rico, en Scutum
	Steph 1	$18^h53.^m5$	+36 55	3,8	20	en Lyra
	Col 399	$19^h25.^m4$	+20 11	3,6	60	en Vulpecula
	6819	$19^h41.^m3$	+40 11	7,3	5	en Cygnus
	IC1396	$21^h38.^m9$	+57 30	3,5	50	en Cepheus

IC: Index Catalogue, Col: Collinder, Tr: Trumpler, Berk: Berkeley,
Steph: Stephenson. WR: estrella de tipo Wolf-Rayet.

Nebulosas

El espacio que se encuentra entre las estrellas no está vacio sino que está ocupado por *gas* en diversas fases (ionizado, neutro en forma atómica o molecular) y condiciones físicas (frío, caliente, muy caliente; difuso, denso) que constituye el denominado *medio interestelar*. La *materia interestelar* también contiene pequeños *granos de polvo,* de diversa composición (grafito, silicatos, carbonatos, ...), que constituye el 1% en masa y se hallan bien mezclados con el gas. El medio interestelar está también consituido por *rayos cósmicos* (partículas subatómicas de elevada energía) y *campos magnéticos.*

En el medio interestelar destacan una serie de objetos, que se distinguen por representar diversas fases del intercambio de materia y energía que tiene lugar entre las estrellas y el medio circundante. Las estrellas nacen en nubes moleculares, objetos densos y fríos. Las estrellas de mayor masa producen nebulosas difusas, brillantes en óptico y en el continuo radio. Dependiendo del tipo de estrella de que se trate y de la etapa de su vida (inicial, final) puede dar lugar a varios tipos de nebulosas: nebulosas de emisión (o regiones HII), nebulosas de reflexión, nebulosas planetarias y remanentes (o restos) de supernova.

Nebulosas de emisión

Son nebulosas de hidrógeno que es ionizado (y se designa por H^+ o HII) por el intenso flujo de radiación ultravioleta procedente de estrellas de tipo O (muy calientes). Estas estrellas, muy masivas, evolucionan muy rápidamente actuando sobre la nube molecular en la que nacen, en el inicio de sus "cortas" vidas. El gas en estas nebulosas tiene una temperatura de 10^4 K y una densidad típica de 1000 partículas por cm^3. Se caracterizan por su color rojo cuando se observan en el óptico, debido a la intensa radiación de la línea Hα que domina la emisión en este rango. Además de otras líneas de recombinación del hidrógeno, se detectan líneas de emisión prohibidas de especies ionizadas, emisión de radio continuo del plasma de electrones y emisión de continuo en el infrarrojo debida a los granos de polvo calentados por la radiación ultravioleta de la estrella.

Nebulosas por reflexión

Son nebulosas en que los granos de polvo dispersan la radiación procedente de estrellas de tipo A o B, cuya temperatura no permite tener un flujo de fotones ultravioleta suficiente como para ionizar el gas de la nube circundante. Estas nebulosas se caracterizan por su color azul, debido a que la dispersión de la radiación de la estrella por los granos de polvo

es mayor a cortas longitudes de onda. La luz dispersada está parcialmente polarizada.

Nebulosas planetarias

Se denominan así por su apariencia (redondas, con un cierto parecido a un disco planetario). Sus características son muy similares a las regiones HII: se trata de nubes de gas de hidrógeno ionizado. Son el resultado de la expulsión por parte de una estrella vieja (más concretamente una estrella gigante roja de masa intermedia) de sus capas externas, que se verán sometidas a la ionización por el núcleo interno restante. La estrella evolucionará hacia la fase de enana blanca. Estas nebulosas se estudian con las mismas técnicas utilizadas en el análisis de las regiones HII.

Remanentes de supernova

Son el resultado de la explosión violenta de una estrella vieja (una gigante roja de gran masa) y su acción sobre el medio interestelar circundante, a través de la eyección de las capas externas. No obstante su denominación es equívoca, porque lo que se considera como remanente de supernova engloba a todo el medio circundante, incluso material originalmente no expulsado por la estrella pero que es arrastrado por la expansión violenta y la onda de choque generada en la explosión. Las elevadas temperaturas (del orden de un millón de grados) del gas sometido a las ondas de choque hacen que los remanentes sean visibles en un amplio rango del espectro electromagnético (desde radioondas a rayos gamma).

En el catálogo de objetos de apariencia difusa compilado por Messier a finales del siglo XVIII se encuentran nebulosas de cada uno de estos tipos, junto con cúmulos estelares y galaxias.

- *Nebulosas de emisión:* neb. del Lago (M8), neb. Omega (M17), neb. Trífida (M20), complejo de neb. de Orión (M42, M43).
- *Nebulosas por reflexión:* neb. asociada a las Pléyades (M45), neb. azulada situada al norte de la Trífida (M20).
- *Nebulosas planetarias:* neb. plan. de Vulpécula (M27), neb. anular de Lira (M57), neb. plan. de Perseo (M76), neb. plan. de la Osa Mayor (M97).
- *Remanentes (restos) de supernova:* nebulosa del Cangrejo (M1).

Además de estos objetos, también presentan nebulosidades objetos tales como las nebulosas preplanetarias y las estrellas Wolf-Rayet (NGC 2359 es un bello ejemplo).

Nubes moleculares

Tanto las nebulosas que emiten luz como las que la reflejan son manifestaciones visibles de otros objetos que no emiten luz a longitudes de onda ópticas: las nubes moleculares. Éstas son agregados más o menos amorfos (como lo son las nubes en la atmósfera terrestre) de gas compuesto predominantemente por moléculas, siendo la más abundante la de hidrógeno. Contienen además pequeñas partículas sólidas, llamadas *granos de polvo*, que absorben la luz visible. Aunque sus características irregulares no permiten una clasificación sencilla, pueden distinguirse los siguientes tipos:

- *Nubes moleculares gigantes*: alcanzan un tamaño de decenas de parsecs y una masa de hasta $10^6\ \mathcal{M}_\odot$, por lo que constituyen los objetos de mayor masa de nuestra galaxia. En su interior se forman tanto estrellas muy masivas como poco masivas, normalmente en cúmulos abiertos, los cuales pueden llegar a tener varios miles de estrellas. Cuando éstas ionizan el gas molecular dan lugar a nebulosas de emisión. Un ejemplo cercano es la nube molecular asociada a la nebulosa de Orión.

- *Nubes oscuras*: Son menos masivas que las gigantes ($\sim 10^4\ \mathcal{M}_\odot$) y sólo forman estrellas de baja masa. Normalmente son filamentosas y su nombre se debe a que las más cercanas, al bloquear la luz de las estrellas lejanas, aparecen en las imágenes ópticas como "huecos" o regiones oscuras del cielo. La nebulosa de la cabeza de Caballo, situada en Orión, es un ejemplo de un fragmento de nube oscura.

- *Glóbulos:* Son menores que las nubes oscuras (su masa típica es de decenas de $\mathcal{M}_\odot$) y suelen tener formas más regulares, siendo en algunos casos casi esféricos. Dan lugar a estrellas individuales o pequeños grupos de estrellas de baja masa.

Nebulosas de emisión brillantes

M	NGC	nombre propio	α_{2000} (h m)	δ_{2000} (° ′)	comentario
42/43	1976/82	gran complejo de nebulosas en Orión	5 35	−5 20	brillantes, una nebulosa rodea θ Ori, incluye el joven cúmulo del *Trapecio*
	IC 434		5 41	−2 24	débil neb., se extiende 1° al sur de θ Ori, incluye peq. neb. oscura de Cabeza de Caballo
	2237-9/46	*Roseta*	6 32	4 52	en Monoceros, débil pero extensa (úse pocos aumentos)
20	6514	*Trífida*	18 03	−23 02	a 1.°5 de la nebulosa *Laguna*, pueden usarse bastantes aumentos
8	6523	*Laguna*	18 04	−24 23	visible con pequeños telescopios, cúm. ab. NGC 6530 al este
17	6618	*Omega*	18 21	−16 11	parcialmente visible con buenos prismáticos, úsese pocos aumentos
16	6611	*Aguila*	18 19	−13 47	a unos 2° de la neb. Omega, débil, incluye un cúmulo abierto

También son conocidas como *regiones HII*.

Nebulosas por reflexión brillantes

M	NGC	situación	α_{2000} (h m)	δ_{2000} (° ′)	comentario
45	1432/35	nebulosas que rodean las Pléyades	3 47	24 08	las más visibles son las que rodean las estrellas Mérope, Maya y Electra
	1788	en Orión, 2° al norte de β Eri	5 07	−3 21	alargada (8′), tiene unas diez estrellas embebidas
78	2068	en Orión	5 47	0 03	a 2.°5 de ζ Ori, hacia Betelgeuse
	7023	en Cepheus	21 01	68 10	6° al NNO de α Cep
	7129	en Cepheus	21 41	66 06	4° al NNE de α Cep, incluye un pequeño cúmulo estelar

Restos de supernova brillantes

NGC	situación	α_{2000} (h m)	δ_{2000} (° ′)	comentario
1952 (M1)	neb. del *Cangrejo*, en Taurus	5 34	22 01	1°.3 al NO de ζ Tau, de 7′×5′, visible incluso con pequeños telescopios
IC 443	en Gemini	6 17	22 47	1°.5 al oeste de μ Gem
6992/60/79	neb. del *Velo*, en Cygnus	20 50	31 30	gran arco de unos 3° de diámetro, entre ε y ζ Cyg

Nebulosas planetarias brillantes

M	NGC	nombre popular	α_{2000} (h m)	δ_{2000} (° ′)	situación, tamaño y magnitud visual total
76	650-1		1 42	51 34	en Perseus, 1′.1, muy débil
	2392	*Cara de Payaso*	7 29	20 54	2° al E de δ Gem, 0′.3, V=8,3
97	3587	*Buho, Esquimal*	11 15	55 01	2° al E de β UMa, 3′.3, débil
	6543	*Ojos de Gato*	17 59	66 37	5° al E de δ Dra, 0′.3, V=8,8
57	6720	*Anillo*	18 54	33 02	entre β y γ Lyra, 1′.2, V=9,0
27	6853	*Pesas (Dumbbell)*	19 59	22 43	en Vulpecula, ∼7′, V=7,6, la mejor
	7009	*Saturno*	21 04	−11 23	en Aquarius, oval ∼0′.5, V=8,3
	7027		21 07	42 14	en Cygnus, 9° al SE de neb. Norteamérica, 0′.2, débil
	7293	*Hélice*	22 30	−20 48	en Aquarius, entre α PsA y δ Cap, 16′, V=6,5, la mayor

Epocas de observación

La selección de los objetos a observar en una noche dada se puede realizar a partir de la ascensión recta (α) de estrellas, cúmulos, nebulosas o galaxias. A continuación se indican los rangos aproximados de ascensión recta adecuados en distintas épocas del año.

Primavera	α entre 9^h y 15^h
Verano	α entre 15^h y 21^h
Otoño	α entre 21^h y 3^h
Invierno	α entre 3^h y 9^h

Catálogo de Messier de objetos difusos

M	NGC	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} ($^\circ$ $'$)	magn.	tama. ($'$)	tipo	constelación
1	1952	5 34,5	+22 01	8,4	5	n.d.	Tau
2	7089	21 33,5	−00 49	6,5	13	c.g.	Aqr
3	5272	13 42,2	+28 23	6,4	16	c.g.	CVn
4	6121	16 23,6	−26 32	5,9	26	c.g.	Sco
5	5904	15 18,6	+02 05	5,8	17	c.g.	Ser
6	6405	17 40,1	−32 13	4,2	15	c.a.	Sco
7	6475	17 53,9	−34 49	3,3	80	c.a.	Sco
8	6523	18 03,8	−24 23	5,8	60	n.d.	Sgr
9	6333	17 19,2	−18 31	7,9	9	c.g.	Oph
10	6254	16 57,1	−04 06	6,6	15	c.g.	Oph
11	6705	18 51,1	−06 16	5,8	14	c.a.	Sct
12	6218	16 47,2	−01 57	6,6	14	c.g.	Oph
13	6205	16 41,7	+36 28	5,9	17	c.g.	Her
14	6402	17 37,6	−03 15	7,6	12	c.g.	Oph
15	7078	21 30,0	+12 10	6,4	12	c.g.	Peg
16	6611	18 18,8	−13 47	6,0	7	c.a.	Ser
17	6618	18 20,8	−16 11	7	41	n.d.	Sgr
18	6613	18 19,9	−17 08	6,9	9	c.a.	Sgr
19	6273	17 02,6	−26 16	7,2	14	c.g.	Oph
20	6514	18 02,6	−23 02	8,5	28	n.d.	Sgr
21	6531	18 04,6	−22 30	5,9	13	c.a.	Sgr
22	6656	18 36,4	−23 54	5,1	24	c.g.	Sgr
23	6494	17 56,8	−19 01	5,5	27	c.a.	Sgr
24	IC4715	18 16,9	−18 29	4,5	90		Sgr
25	IC4725	18 31,6	−19 15	4,6	32	c.a.	Sgr
26	6694	18 45,2	−09 24	8,0	15	c.a.	Sct
27	6853	19 59,6	+22 43	8,1	6	n.p.	Vul
28	6626	18 24,5	−24 52	6,9	11	c.g.	Sgr
29	6913	20 23,9	+38 32	6,6	7	c.a.	Cyg
30	7099	21 40,4	−23 11	7,5	11	c.g.	Cap
31	224	0 42,7	+41 16	3,4	106	g.s.	And
32	221	0 42,7	+40 52	8,2	7	g.e.	And
33	598	1 33,9	+30 39	5,7	49	g.s.	Tri
34	1039	2 42,0	+42 47	5,2	35	c.a.	Per
35	2168	6 08,9	+24 20	5,1	28	c.a.	Gem
36	1960	5 36,1	+34 08	6,0	12	c.a.	Aur
37	2099	5 52,4	+32 33	5,6	24	c.a.	Aur
38	1912	5 28,7	+35 50	6,4	21	c.a.	Aur

Tipo: c.a.: cúmulo abierto, c.g.: cúmulo globular, g.e.: galaxia elíptica, g.s.: galaxia espiral, n.d.: nebulosa difusa, n.p.: nebulosa planetaria.

Catálogo de Messier de objetos difusos

M	NGC	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} ($^\circ$ $'$)	magn.	tama. ($'$)	tipo	constelación
39	7092	21 32,2	+48 26	4,6	32	c.a.	Cyg
40		12 22,4	+58 05	8			UMa
41	2287	6 46,9	−20 44	4,5	38	c.a.	CMa
42	1976	5 35,4	−05 27	4	63	n.d.	Ori
43	1982	5 35,6	−05 16	9	17	n.d.	Ori
44	2632	8 40,1	+19 59	3,1	95	c.a.	Cnc
45		3 47,0	+24 07	1,2	110	c.a.	Tau
46	2437	7 41,8	−14 49	6,1	27	c.a.	Pup
47	2422	7 36,6	−14 30	4,4	30	c.a.	Pup
48	2548	8 13,8	−05 48	5,8	54	c.a.	Hya
49	4472	12 29,8	+08 00	8,4	8	g.e.	Vir
50	2323	7 03,2	−08 20	5,9	16	c.a.	Mon
51	5194-5	13 29,9	+47 12	8,1	9	g.s.	CVn
52	7654	23 24,2	+61 35	6,9	13	c.a.	Cas
53	5024	13 12,9	+18 10	7,7	13	c.g.	Com
54	6715	18 55,1	−30 29	7,7	9	c.g.	Sgr
55	6809	19 40,0	−30 58	7,0	19	c.g.	Sgr
56	6779	19 16,6	+30 11	8,2	7	c.g.	Lyr
57	6720	18 53,6	+33 02	9,0	1	n.p.	Lyr
58	4579	12 37,7	+11 49	9,8	5	g.s.	Vir
59	4621	12 42,0	+11 39	9,8	4	g.e.	Vir
60	4649	12 43,7	+11 33	8,8	6	g.e.	Vir
61	4303	12 21,9	+04 28	9,7	5	g.s.	Vir
62	6266	17 01,2	−30 07	6,6	14	c.g.	Oph
63	5055	13 15,8	+42 02	8,6	10	g.s.	CVn
64	4826	12 56,7	+21 41	8,5	7	g.s.	Com
65	3623	11 18,9	+13 05	9,3	5	g.s.	Leo
66	3627	11 20,2	+12 59	9,0	6	g.s.	Leo
67	2682	8 50,4	+11 49	6,9	30	c.a.	Cnc
68	4590	12 39,5	−26 45	8,2	12	c.g.	Hya
69	6637	18 31,4	−32 21	7,7	7	c.g.	Sgr
70	6681	18 43,2	−32 18	8,1	8	c.g.	Sgr
71	6838	19 53,8	+18 47	8,3	7	c.g.	Sge
72	6981	20 53,5	−12 32	9,4	6	c.g.	Aqr
73	6994	20 58,9	−12 38	9,0	3	c.a.	Aqr
74	628	1 36,7	+15 47	9,2	9	g.s.	Psc
75	6864	20 06,1	−21 55	8,6	6	c.g.	Sgr
76	650-1	1 42,4	+51 34	11,5	1	n.p.	Per

Tipo: c.a.: cúmulo abierto, c.g.: cúmulo globular, g.e.: galaxia elíptica, g.s.: galaxia espiral, n.d.: nebulosa difusa, n.p.: nebulosa planetaria.

Catálogo de Messier de objetos difusos

M	NGC	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} ($^\circ$ $'$)	magn.	tama. ($'$)	tipo	constelación
77	1068	2 42,7	−00 01	8,8	6	g.s.	Cet
78	2068	5 46,7	+00 03	8	7	n.d.	Ori
79	1904	5 24,5	−24 33	8,0	9	c.g.	Lep
80	6093	16 17,0	−22 59	7,2	9	c.g.	Sco
81	3031	9 55,6	+69 04	6,8	19	g.s.	UMa
82	3034	9 55,8	+69 41	8,4	7	g.i.	UMa
83	5236	13 37,0	−29 52	7,6	10	g.s.	Hya
84	4374	12 25,1	+12 53	9,3	4	g.e.	Vir
85	4382	12 25,4	+18 11	9,2	6	g.e.	Com
86	4406	12 26,2	+12 57	9,2	6	g.e.	Vir
87	4486	12 30,8	+12 24	8,6	7	g.e.	Vir
88	4501	12 32,0	+14 25	9,5	5	g.s.	Com
89	4552	12 35,7	+12 33	9,8	4	g.e.	Vir
90	4569	12 36,8	+13 10	9,5	7	g.s.	Vir
91	4548	12 35,4	+14 30	10,2	4	g.s.	Com
92	6341	17 17,1	+43 08	6,5	11	c.g.	Her
93	2447	7 44,6	−23 52	6,2	22	c.a.	Pup
94	4736	12 50,9	+41 07	8,1	10	g.s.	CVn
95	3351	10 44,0	+11 42	9,7	6	g.s.	Leo
96	3368	10 46,8	+11 49	9,2	6	g.s.	Leo
97	3587	11 14,8	+55 01	11,2	3	n.p.	UMa
98	4192	12 13,8	+14 54	10,1	5	g.s.	Com
99	4254	12 18,8	+14 25	9,8	5	g.s.	Com
100	4321	12 22,9	+15 49	9,4	6	g.s.	Com
101	5457	14 03,2	+54 21	7,7	26	g.s.	UMa
102							
103	581	1 33,2	+60 42	7,4	6	c.a.	Cas
104	4594	12 40,0	−11 37	8,3	6	g.s.	Vir
105	3379	10 47,8	+12 35	9,3	4	g.e.	Leo
106	4258	12 19,0	+47 18	8,3	12	g.s.	CVn
107	6171	16 32,5	−13 03	8,1	10	c.g.	Oph
108	3556	11 11,5	+55 40	10,0	4	g.s.	UMa
109	3992	11 57,6	+53 23	9,8	6	g.s.	UMa
110	205	0 40,4	+41 41	8,0	13	g.e.	And

Tipo: c.a.: cúmulo abierto, c.g.: cúmulo globular, g.e.: galaxia elíptica, g.s.: galaxia espiral, n.d.: nebulosa difusa, n.p.: nebulosa planetaria.

M40 corresponde a la estrella doble HD 238107/8 de la Osa Mayor.

M102 puede corresponder a una observación duplicada de M101 aunque también se ha sugerido que podría tratarse de la galaxia espiral NGC 5866.

OBJETOS EXTRAGALÁCTICOS

Galaxias del Grupo Local
Galaxias con nombre propio
Galaxias más brillantes
Cuásares y otros objetos lejanos
Cúmulos de galaxias
Tabla comparativa de distancias extragalácticas
Los objetos más lejanos

Unidades:

1 $\mathcal{M}_\odot$	1,9885 10^{30} kg
1 $\mathcal{L}_\odot$	3,826 10^{26} W
1 kpc	10^3 parsecs = 3 262 años luz = 3,0857 10^{19} m
1 Mpc	10^6 parsecs = 3,26 10^6 años luz = 3,0857 10^{22} m
1 Gpc	10^9 parsecs = 3,26 10^9 años luz = 3,0857 10^{25} m

Introducción

El *universo observable* tal como lo conocemos hoy está compuesto por *galaxias*, que se agrupan en *cúmulos* y éstos, a su vez, en *supercúmulos*. Se observa mediante la detección de la radiación electromagnética (luz visible, ondas de radio, etc) que los astros y la materia interestelar e intergaláctica emiten, absorben o dispersan. Las discrepancias encontradas a lo largo del siglo pasado entre la cantidad de materia medida de este modo (materia "luminosa") y la deducida por los efectos gravitatorios a gran escala ha llevado a postular la existencia de una *materia oscura* adicional de naturaleza aún desconocida. El descubrimiento a finales del siglo XX de aceleración en la *expansión del universo* se trata de explicar mediante la presencia de una hipotética forma de energía, llamada *energía oscura*, que actuaría como una fuerza repulsiva. Su naturaleza es tema de especulación.

En la década de 1920 se demostró que objetos denominados comúnmente nebulosas, entre ellas la de Andrómeda, eran realmente galaxias independientes de la Vía Láctea. Denominamos *galaxia* a un gran conjunto de estrellas (más de diez millones) y materia interestelar (nubes de gas y polvo), además de otros cuerpos menores (restos de estrellas, planetas), unido gravitatoriamente y percibido como una entidad separada, aunque no siempre independiente, en el espacio. Su centro de masas o *núcleo* galáctico es una región pequeña y compacta que contiene una gran densidad de estrellas y otros objetos. En ocasiones en él se encuentra un agujero negro supermasivo (con una masa entre 10^6 y 10^{10} $\mathcal{M}_\odot$), pudiendo emitir una parte considerable de la energía total de la galaxia. En tal caso se habla de un *núcleo activo*, que puede manifestarse en ondas de radio (radiogalaxia) o en todo el espectro electromagnético (cuásar, blazar, galaxia de Seyfert). Se llama *galaxia activa* a aquella que contiene un núcleo activo.

Se denominan galaxias con *brote estelar* aquellas en que el ritmo de nacimiento de estrellas es muy superior al de una galaxia normal de tamaño similar. Entre ellas se encuentran las *galaxias infrarrojas* luminosas y ultraluminosas descubiertas en la década de 1980.

Las galaxias se caracterizan por su número de estrellas (las enanas tienen unos miles de millones, mientras que las supergigantes pueden superar un billón), su tamaño (entre cientos y millones de años luz de diámetro), su luminosidad (entre 10^5 y 10^{14} $\mathcal{L}_\odot$) y su forma. Los tipos morfológicos principales se expresan, de manera simplificada, mediante:

E	elíptica (de E0 hasta E7)
Im, Irr	irregular
S	espiral (de ‘a’ a ‘c’) (SA, SAB, SB)
S0	lenticular (S0 y E8)
dSph	esferoidal enana
d	prefijo indicativo de galaxia enana
B	sufijo indicativo de presencia de una barra

Las galaxias se identifican por las coordenadas que dan su posición en el cielo. Catalogadas en los siglos XVIII y XIX junto con las nebulosas y cúmulos estelares, algunas aparecen en el pequeño catálogo de Ch. Messier (en él la galaxia de Andrómeda es Messier 31 o M31) y en el catálogo mucho más extenso de William, Caroline y John Herschel, que a finales del siglo XIX J.L.E. Dreyer plasmó en el Nuevo Catálogo General de Nebulosas y Cúmulos de Estrellas (la galaxia de Andrómeda es NGC 224). Otros catálogos muy utilizados en la denominación de galaxias son el Atlas de Galaxias Peculiares de H. Arp, en el que abundan galaxias en interacción (Arp 220, Arp 244) y alguna radiogalaxia (como Arp 153, también conocida como Centauro A o NGC 5128), el Catálogo General de Galaxias de Upspala (UGC) o el catálogo de galaxias enanas DDO. En los catálogos de radiofuentes publicados a partir del año 1950 también se encuentran galaxias (como 3C236) y cuásares (como 3C48 y 3C273). Los cúmulos de galaxias fueron catalogados inicialmente por G.O. Abell.

Se denomina *Grupo Local* a un grupo de varias decenas de galaxias que incluye, como miembros dominantes, la Vía Láctea y la galaxia de Andrómeda (M31). Están ligadas gravitatoriamente entre sí y ocupan un volumen de unos 3 Mpc (unos 10 millones de años luz) de diámetro. Puesto de manifiesto por E. Hubble en 1936, se siguen descubriendo nuevos miembros del grupo, se determinan mejor sus distancias y su tipo morfológico, y se estudia su evolución. Incluimos una lista parcial.

Los *cúmulos de galaxias* son agrupaciones de centenares o miles de galaxias que, con un tamaño típico entre 2 y 10 megaparsecs (1 Mpc = 3,26 millones de años luz), constituyen las mayores estructuras del universo ligadas gravitatoriamente. Además de las galaxias, observaciones con telescopios de rayos X han mostrado la presencia en ellos de grandes cantidades de gas intergaláctico, a temperaturas de decenas de millones de grados. Sin embargo la masa combinada de galaxias y gas caliente no es suficiente para mantener los cúmulos ligados, con galaxias moviéndose en ellos con velocidades de hasta 1000 km/s, por lo que se supone que la mayor parte de su masa total (típicamente entre 10^{13} y 10^{15} $\mathcal{M}_\odot$) está constituida por una materia oscura de naturaleza desconocida. Se conocen miles de cúmulos, entre los cuales destacan el cúmulo de Virgo (el más cercano, descubierto como "cúmulo de nebulosas" por Messier en 1784), Norma (Abell 3627, que forma parte de la intensa anomalía gravitatoria denominada Gran Atractor) y Coma (Abell 1656, que forma parte del supercúmulo del mismo nombre).

Los cúmulos y grupos de galaxias (como el Grupo Local) se agrupan a su vez en *supercúmulos de galaxias* que, con tamaños de hasta 300 Mpc, constituyen las mayores estructuras conocidas en el universo. El Grupo Local se encuentra en el borde del supercúmulo de Virgo. Como comparación, la región del universo observable es una esfera con un radio de unos 14 000 Mpc (para el modelo cosmológico descrito más abajo).

Galaxias del Grupo Local

nombre	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} ($^\circ$ $'$)	mag. V	tamaño ($'\times'$)	tipo	dist. (kpc)
Andrómeda, M31	00 42,7	+41 16	3,4	185×75	SA(s)b	780
Vía Láctea	17 45,6	-28 56			SAB(s)bc	
Gran N. de Magallanes	05 23,6	-69 45	0,1	650×550	SB(s)m	48
Triángulo, M33	01 33,9	+30 39	5,7	67×42	SA(s)cd	810
M32, NGC 221	00 42,7	+40 52	8,1	11×7	E2	780
Peq. N. de Magallanes	00 52,7	-72 50	2,7	280×160	SB(s)m	61
Andrómeda VIII	00 42,3	+40 37	9,1	45×10	dSph	720
IC 1613	01 05,1	+02 08	9,2	20×19	IAB(s)m	780
M110, NGC 205	00 41,3	+41 41	8,5	20×13	E5	780
NGC 3109	10 03,1	-26 09	10,4	16×3	Ir+	1200
IC10	00 20,4	+59 18	10,3	7×6	KBm?	1100
NGC 147	00 33,2	+48 31	9,5	15×9	dE5	640
NGC 185	00 39,0	+84 20	9,2	15×13	dE3	620
NGC 6822, de Barnard	19 44,9	-14 49	9,3	16×14	IB(s)m	480
Andrómeda VI	23 51,7	+24 36	11,2	4×4	dSph	750
DDO 221, WLM	00 02,0	-15 28	10,9	12×4	IB(s)	910
Sextante A, UGCA 205	10 11,1	-04 43	11,9	6×5	Ir+	1400
Sextante B, UGC 5373	10 00,0	+05 20	11,8	5×4	Ir+	1300
Enana de Fornax	02 39,9	-34 32	8,1	12×10	dSph/E2	130
Leo I, DDO 74	10 08,5	+12 18	9,8	10×7	dE3	240
Andrómeda I	00 45,7	+38 00	13,2	3×3	dSph/E3	780
E. de Pegaso, DDO 216	23 28,6	+14 45	13,2	5×3	Im	810
Leo A, DDO 69	09 59,4	+30 45	12,9	5×3	IBm	670
Andrómeda II	01 16,4	+33 27	13,5	4×3	dSph/E0	780
Andrómeda III	00 35,4	+36 31	13,5	5×3	dSph/E2	780
Enana de Acuario	20 46,8	-12 51	13,9	2×1	Im	910
Enana de Fénix	01 51,1	-44 27	13,1	5×4	Irr	430
Enana de Máquina N.	10 04,1	-27 20	14,8	2×2	dSph/E3	1200
E. irregular de Sagitario	19 30,1	-17 42	15,5	3×2	IB(s)m	1100
Enana de la Ballena	00 26,1	-11 02	14,4		dSph/E4	750
Enana del Dragón	17 20,1	+57 55	9,9	51×31	dSph/E0	75
Enana del Escultor	01 00,0	-33 42	10,5		dSph/E3	81
Enana de Piscis, LGS 3	01 03,8	+21 53	15,4	2	Irr	810
Andrómeda IX	00 52,9	+43 12	16,2	5	dSph	780
Andrómeda V	01 10,3	+47 38	15,9		dSph	780
Andrómeda X	01 06,6	+44 48	16,1	7	dSph	780
Enana de la Osa Menor	15 08,8	+67 12	10,9	41×26	dSph/E4	64
Enana del Tucán	22 41,7	-64 25	15,7	3×1	dSph/E5	860
Leo II	11 13,5	+22 10	12,6	12×11	dSph/E0	200
Enana del Sextante	10 13,2	-01 37	12,0		dSph/E3	86
En. de Carina (Quilla)	06 14,6	-50 58	20,9	24×16	dSph/E3	97

Galaxias con nombre propio

nombre	otros nombres	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} ($^{\circ}$ $'$)
Acuario, Enana de		20 46,9	−12 51
Ambartsumian, Nudo de	NGC3561, Arp 105	11 11,2	28 42
Andrómeda	M31, NGC224	00 42,7	41 16
Andrómeda I		00 45,7	38 00
Andrómeda II		01 16,3	33 25
Andrómeda III		00 35,3	36 31
Andrómeda IV		00 42,5	40 34
Antenas	NGC4038/39, Arp 244	12 01,9	−18 52
Araña		10 42,6	34 27
Arp, Galaxia de		11 19,6	51 30
Atomos para la Paz	NGC7252, Arp 226	22 20,8	−24 41
Baade, Galaxias de		00 49,9	42 35
Barbon, Galaxia de	Mkr 328, ZWG497.042	23 37,7	30 08
Barnard, Galaxia de	NGC 6822, IC 4895	19 44,9	−14 48
BL Lacertae		22 02,7	42 17
Bode, Galaxia de	M81/82, NGC 3031/4	09 55,7	69 23
Burbidge, Cadena de		00 47,5	−20 26
BW Tauri		04 33,2	05 21
Capricornio, Enana de		21 46,5	−21 14
Caracola	Comp. de NGC 5291	13 47,4	−30 23
Carina, Enana de		06 41,6	−50 58
Centauro A	NGC 5128, Arp 153	13 25,5	−43 01
Coddington, Nebulosa de	IC 2574	10 28,4	68 25
Compás, Galaxia del		14 13,2	−65 20
Copeland, Septeto de	NGC 3745-54, Arp 320	11 37,8	21 59
Cygnus A		19 59,4	40 43
Draco, Enana de		17 20,2	57 55
Escultor, Enana del		01 00,2	−33 42
Escultor, Enana Irr. del		00 08,1	−34 34
Fénix, Galaxia del		01 51,1	−44 26
Fath 703	NGC 5892	15 13,7	−15 29
Fornax A	NGC 1316, Arp 154	03 22,7	−37 12
Fornax, Enana de		02 39,9	−34 32
Fourcade-Figueroa		13 34,8	−45 33
Garra de Oso	NGC 2537, Arp 6	08 13,2	46 00
Garrafa		04 28,0	−47 54
Gemelos, Los		12 36,5	11 15
Gibson Reaves 8 (GR 8)		12 58,7	14 13
Girasol	M63, NGC5055	13 15,8	42 02
Gran Nube Magallanes		05 23,6	−69 45

Galaxias con nombre propio

nombre	otros nombres	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} ($^{\circ}$ $'$)
Grulla, Cuarteto de la	NGC7552/82/90/99	23 17,8	−42 26
Guirnalda, La		10 04,2	68 40
Hardcastle, Galaxia de		13 13,0	−32 41
Hélice	NGC 2685, Arp 336	08 55,6	58 44
Hércules A		16 51,2	04 59
Hidra A		09 18,1	−12 06
Hoag, Objeto de		15 17,2	21 35
Holmberg I		09 40,5	71 11
Holmberg II	Arp 268	08 19,3	70 43
Holmberg III		09 14,6	74 14
Holmberg IV		13 54,7	53 54
Holmberg V		13 40,6	54 20
Holmberg VI	NGC 1325a	03 24,9	−21 20
Holmberg VII		12 34,7	06 17
Holmberg VIII		13 13,3	36 12
Holmberg IX		09 57,6	69 03
Huso	NGC 3115	10 05,2	−07 42
Keenan, Sistema de	NGC5216/18, Arp 104	13 32,2	62 43
Kowal, Galaxia de		19 29,9	−17 41
Leo I	Enana de Régulo	10 08,5	12 18
Leo II	Leo B	11 13,4	22 10
Leo III	Leo A	09 59,3	30 45
Lindsay-Shapley, Anillo de	Graham A	06 42,8	−74 15
Maffei I		02 36,3	59 39
Maffei II		02 42,0	59 37
Malin 1		12 37,0	14 20
Mariposa	IC708	11 33,9	49 03
Mayall, Objeto de	Arp 148	11 03,9	40 50
McLeish, Objeto de		20 09,7	−66 13
Minkowski, Objeto de	Arp 133	01 25,8	−01 21
Molinete	M99, NGC4254	12 18,8	14 25
Molinete	M101,NGC5457,Arp 26	14 03,3	54 22
Moneda de Plata	NGC253, Escultor	00 47,6	−25 18
Ojo Negro	M64, NGC 4826	12 56,7	21 41
Ojos, Los	NGC4435/8, Arp 120	12 27,7	13 03
Osa Menor, Enana de La		15 08,8	67 12
Pancake	NGC 2685, Arp 336	08 55,6	58 44
Pegaso, Enana de		23 28,5	14 44
Pequ. Nube Magallanes		00 52,7	−72 50
Perdida, Galaxia	NGC4535	12 34,3	08 11

Galaxias con nombre propio

nombre	otros nombres	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} ($^\circ$ $'$)
Perros de Caza (Remolino)	M51, NGC 5194, Arp 85	13 29,9	47 12
Perseo A	NGC1275/6	03 19,8	41 31
Piscis, Enana de	LGS 3	00 03,8	21 54
Piscis, Nube de	NGC379/80/82-85, Arp 331	01 07,5	32 25
Polarissima Australis	NGC 2573	01 42,0	−89 20
Polarissima Borealis	NGC 3172, ZWG 370.002	11 50,3	89 07
Ratones	NGC4676,IC819/20,Arp242	12 46,1	30 44
Reloj, Enana del	Espiral de Schuster	03 59,2	−45 52
Reinmuth 80	NGC 4517a	12 32,5	00 23
Retículo, Enana del	Sersic 040.03	04 36,2	−58 50
Rueda de Carro	Rueda de Zwicky	00 37,4	−33 44
Sagitario, Enana de		19 30,0	−17 41
Serpens, Enana de	Palomar 5	15 16,1	−00 08
Sextante A		10 11,0	−04 41
Sextante B		10 00,0	05 19
Sextante C		10 05,6	00 04
Seyfert, Sexteto de	NGC6027, Sext. Serpens	15 59,2	20 46
Shapley-Ames 1		01 05,1	−06 13
Shapley-Ames 2	NGC 4507	12 35,1	−39 55
Shapley-Ames 3		12 49,4	−10 07
Shapley-Ames 4		12 55,2	00 07
Shapley-Ames 5		20 24,0	−44 00
Shapley-Ames 6		21 23,2	45 46
Signo de Exclamación		00 39,3	−43 06
Signo de Integral		07 11,4	71 50
Sombrero	M104, NGC 4594	12 39,9	−11 37
Stephan, Quinteto de	NGC 7317-20, Arp 319	22 36,0	33 58
Triángulo	Molinete, M33, NGC 598	01 33,9	30 39
Virgo A	M87, NGC 4486, Arp 152	12 30,8	12 23
Wild, Triplete de	Arp 248	11 46,8	−03 49
Wolf-Lundmark-Melotte		00 02,0	−15 28
Zwicky 2		11 58,4	38 03
Zwicky, Triplete de	Arp 103	11 58,4	38 03

Galaxias más brillantes

nombre NGC, otros	α_{2000} ($^h\ ^m\ ^s$)	δ_{2000} ($^\circ\ '$)	mag. B_T	tamaño ($' \times '$)	tipo	dist. (Mpc)
55	00 15 08	−39 13,2	8,2	25×3	Sc	3,1
205, M110	00 40 23	41 41,3	8,5	20×13	E5	0,9
221, M32	00 42 41	40 51,9	8,1	11×7	E2	0,9
224, M31	00 42 45	41 16,5	3,4	185×75	SA(s)b	0,9
247	00 47 10	−20 45,6	9,5	18×5	ScIII-IV	3,1
253	00 47 36	−25 17,4	8,1	22×6	Sc	4,2
P.N.Magall.	00 52 45	−72 49,7	2,7	280×160	SB(s)m	0,06
300	00 54 53	−37 41,2	8,7	20×10	ScIII	2,4
598, M33	01 33 53	30 39,2	5,7	67×42	SA(s)cd	0,9
628, M74	01 36 42	15 47,2	9,8	8×8	ScI	17
1068, M77	02 42 41	−00 00,9	9,6	3×2	SbII	25
1291	03 17 19	−41 06,5	9,4	5×2	SBa	15
1313	03 18 16	−66 29,9	9,4	5×3	SBcIII-IV	5,2
1316	03 22 42	−37 12,5	9,6	4×3	Sa(p)	30
G.N.Magall.	05 23 35	−69 45,4	0,1	650×550	SB(s)m	0,05
2403	07 36 54	65 35,9	8,9	16×10	ScIII	3,6
2903	09 32 10	21 29,9	9,5	11×5	ScI-III	9,4
3031, M81	09 55 34	69 04,1	7,9	16×10	SbI-II	3,6
3034, M82	09 55 54	69 40,7	9,3	7×2	Amorfa	3,6
3521	11 05 49	−00 02,0	9,6	7×2	SbII-III	13
3627, M66	11 20 15	12 59,1	9,7	8×3	SbII	12
4258, M106	12 18 57	47 18,4	8,9	20×6	SbII	10
4449	12 28 12	44 05,8	9,8	5×3	SmIV	5
4472, M49	12 29 47	07 59,8	9,3	5×4	E1/S0	22
4486, M87	12 30 50	12 23,6	9,6	3×3	E0	22
4594, M104	12 40 00	−11 37,4	9,3	7×2	Sa/b	17
4631	12 42 05	32 32,4	9,8	12×1	Sc	12
4649, M60	12 43 40	11 33,1	9,8	4×3	S0	22
4736, M94	12 50 54	41 07,1	8,9	5×4	Sab	6,9
4826, M64	12 56 45	21 41,0	9,4	8×4	SabII	7
4945	13 05 26	−49 28,0	9,6	12×2	Sc	7
5055, M63	13 15 50	42 01,7	9,3	8×3	SbcII-III	11
5128, CenA	13 25 29	−43 01,0	7,9	10×3	S0(p)	6,9
5194, M51	13 29 53	47 11,9	8,6	12×6	SbcI-II	11
5236, M83	13 37 00	−29 52,0	8,5	10×8	SBcII	6,9
5457, M101	14 03 13	54 21,0	8,2	22×22	ScI	7,6
6744	19 09 46	−63 51,3	9,2	9×9	SbcII	13
6822	19 44 57	−14 47,7	9,3	16×14	IB(s)m	0,6
6946	20 34 51	60 09,4	9,7	13×9	ScII	6,7
7793	23 57 49	−32 35,4	9,6	6×4	SdIV	4,2

1 Mpc = 10^6 pc = 3,26 10^6 años luz = 3,0857 10^{19} km = 3,0857 10^{22} m

Cuásares y otros objetos lejanos relevantes

Radiogalaxias

Galaxias con emisión radio muy intensa. Suelen ser galaxias elípticas gigantes o supergigantes en que el núcleo y una estructura en forma de dos extensos lóbulos contrapuestos son detectables en radio. Se trata de un tipo de *galaxias con núcleo activo*, llamadas así porque en ellas se libera una gran cantidad de energía (en radio, óptico y rayos X) en o cerca de su núcleo.

Virgo A	$12^h30^m.8$	$12°23'$	asociada a la galaxia M 87, la más brillante del cúmulo de Virgo, fue la primera radiofuente extragaláctica identificada.
Cygnus A	$19^h59^m.5$	$40°44'$	es la más intensa, considerada como prototipo.
3C236	$10^h06^m.0$	$34°54'$	la más extensa, con casi 5 Mpc de longitud.
Cent A	$13^h25^m.4$	$-43°02'$	la más cercana, NGC 5128, Arp 135.

Cuásares

Son objetos extragalácticos de gran luminosidad ($M_B < -23$) y de apariencia estelar cuyo corrimiento al rojo es muy elevado, encontrándose entre los objetos más alejados observados. Los primeros fueron descubiertos como radiofuentes intensas. Se encuentran en el centro de galaxias masivas activas. Exploraciones en curso han permitido detectar más de 300 000 cuásares.

3C48	$1^h37^m.7$	$33°10'$	históricamente ligado al descubrimiento de los cuásares.
3C273	$12^h29^m.1$	$2°03'$	el más intenso en radio, históricamente ligado al descubrimiento de los cuásares.
0957+561	$10^h01^m.3$	$55°54'$	primer cuásar en que se vió el fenómeno de lente gravitatoria.

Galaxias infrarrojas luminosas

Descubiertas como tales con el satélite *IRAS*, algunas de ellas (llamadas *ultraluminosas*) emiten casi tanta energía como los cuásares pero concentrada en el infrarrojo. Ello es debido a la presencia de mucho polvo interestelar y un elevado ritmo de formación estelar, a menudo causado por una fuerte interacción o un proceso de unión de un par de galaxias.

Mrk 231	$12^h56^m.2$	$56°52'$	una de las más luminosas en IR.
Arp 220	$15^h34^m.9$	$23°30'$	prototipo de galaxia IR ultraluminosa.
NGC 6240	$16^h53^m.0$	$2°24'$	prototipo de galaxia IR luminosa.

Cúmulos de galaxias

núm. Abell	nombre	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} ($^{\circ}$ $'$)	diámetro ($^{\circ}$)	z
262		01 52,8	+36 08	4	0,0163
347		02 25,8	+41 52	14	0,0184
426	Perseo	03 18,6	+41 30	14	0,0179
	Erídano	03 28,0	−20 45	7	0,0052
S 373	Fornax (Horno Q.)	03 38,5	−35 27	0,1	0,0046
548		05 47,0	−25 36		0,0416
569		07 09,2	+48 37	1,3	0,0201
779		09 19,8	+33 46	1,5	0,0225
S 636	Antlia (Máq. Neumát.)	10 30,1	−35 19		0,0093
1060	Hidra	10 36,9	−27 31		0,0126
1228		11 21,5	+34 19	1,3	0,0352
1367	León	11 44,5	+19 50	5	0,0220
	Virgo	12 26,5	+12 43	10	0,0036
3526	Centauro	12 48,9	−41 18	3	0,0114
S 714		12 51,5	−26 27		0,0109
1656	Coma (Cabellera de B.)	12 59,8	+27 58	5	0,0231
3574		13 49,2	−30 17	1	0,0160
2147		16 02,3	+15 53	2	0,0350
2151	Hércules	16 05,2	+17 44	6	0,0366
2152		16 05,4	+16 26	1	0,0410
2162		16 12,5	+29 32	6	0,0322
3627	Norma (la Regla)	16 15,5	−60 54	0,3	0,0157
3656		20 00,5	−38 31		0,0190
S 851		20 09,9	−48 23		0,0100
2634		23 38,3	+27 01	6	0,0314
2666		23 50,9	+27 08	0,8	0,0268

La última columna indica el corrimiento hacia el rojo, z, definido como: $z = (\lambda_{observada} - \lambda_{emitida})/\lambda_{emitida}$ siendo λ la longitud de onda. Según este convenio, la velocidad de recesión viene dada por:

$$V_{opt} = 3\ 10^5\ z \quad (\text{en km s}^{-1})$$

para valores de z pequeños ($z \ll 1$).

En radioastronomía el convenio para definir la velocidad de recesión es distinto, pues se da en términos de la frecuencia ν. Por ello la velocidad de recesión se relaciona con el corrimiento al rojo, z, mediante:

$$V_{rad} = \frac{V_{opt}}{1+z}$$

Supercúmulos de galaxias próximos

nombre	α_{2000} (^{h})	δ_{2000} ($^\circ$)	tamaño (Mpc)	z	comentarios
Laniakea	10,5	–46	135		Contiene los tres siguientes.
Virgo			33		Contiene el Grupo Local y el cúmulo de Virgo.
Hidra-Centauro	13,0	–32	45	0,014	El más cercano, contiene los cúmulos de Hidra (Abell 1060), Regla (3627) y Centauro (3526).
Pavo-Indio	20,6	–37	30	0,017	Pobre, contiene Abell 3656.
Perseo-Peces	02,5	+40	30	0,016	Contiene el cúmulo de Perseo (Abell 426).
Coma (Cab. de B.)	12,4	+24	30	0,021	Pequeño, contiene el cúmulo de Coma (Abell 1656) cuyo análisis reveló la existencia de la materia oscura y el del León (Abell 1367).
Fénix	00,9	–48	45	0,027	Pobre, en ocasiones se le llama también Escultor.
Ofiuco	17,2	–22	20	0,029	Situado al otro lado de la Vía Láctea.
Hércules (Norte)	16,4	+37	30	0,030	Dominado por el cúmulo Abell 2199, en ocasiones se le considera junto con Hércules (Sur).
León	11,1	+23	45	0,032	Pobre, contiene Abell 1228.
Hércules (Sur)	15,8	+16	45	0,037	Dominado por el rico cúmulo de Hércules (Abell 2151).
Shapley	13,4	–30	60	0,048	Es uno de los más densos, contiene más de 20 cúmulos, entre ellos el muy rico Abell 3558.

Tabla comparativa de distancias
a algunas galaxias, cuásares y cúmulos seleccionados

nombre (comentario)	distancia (Mpc) angular	comóvil	luminosa	z
Nube Grande de Magallanes (g. irregular, satélite de la Vía Láctea)	0,048	=	=	
Galaxia de Andrómeda (g. espiral más próxima a la Vía Láctea)	0,78	=	=	
Borde del Grupo Local	∼1,5	=	=	
Centauro A (NGC 5128, radiogalaxia muy cercana)	∼ 4	=	=	
Galaxia de los Perros de Caza, M51 (g. espiral, interacciona con NGC 5195)	∼ 7	=	=	
Cúmulo de Virgo (la Virgen) (cúmulo de galaxias más cercano)	16,5	=	=	0,004
Cúmulo de Norma (la Regla)	68	69	70	0,016
Cúmulo de Coma (la Cabellera de B.)	99	102	104	0,023
3C48 (cuásar muy intenso en radio)	1 080	1 480	2 020	0,367
ULAS J1120+0641 (el cuásar más lejano conocido)	1 095	8 850	71 600	7,085
EGSY8p7 (la galaxia más lejana conocida)	964	9 340	90 400	8,683

1 Mpc = 10^6 parsec = $3,0857\ \ 10^{22}$ m

Para valores del corrimiento al rojo z pequeños ($z < 0,1$) la distancia a galaxias o cúmulos de galaxias se obtiene aplicando la *ley de Hubble*, que relaciona la velocidad de alejamiento (recesión) con la distancia según:

$$\text{distancia (en Mpc)} = V/H_0$$

donde H_0 es la *constante de Hubble*, que tiene un valor cercano a 68 km s^{-1} Mpc^{-1} cuando la distancia se expresa en megaparsecs y la velocidad V en km s^{-1}.

Para valores de z mayores la estimación de la distancia se hace más dependiente de la densidad media del Universo, parámetro mal determinado. Para asignar distancias a los objetos en la tabla anterior se ha supuesto un universo plano ($\Omega_k = 0$) con un cociente entre la densidad de materia y la densidad crítica de $\Omega_m = 0,31$ (resultados de 2015 de la misión espacial Planck). La *distancia de diámetro angular* D_A se utiliza para convertir en tamaños lineales los tamaños angulares medidos en imágenes telescópicas. La *distancia luminosa* D_L a utilizar para convertir el brillo observado en luminosidad intrínseca viene dada por:

$$D_L = D_A\ (1+z)^2$$

La distancia medida con una unidad que se expande con el universo se denomina *comóvil* y se representa mediante D_C o χ. En un universo plano

se relaciona con las distancias anteriores según:

$$D_C = D_A\,(1+z) = D_L/(1+z)$$

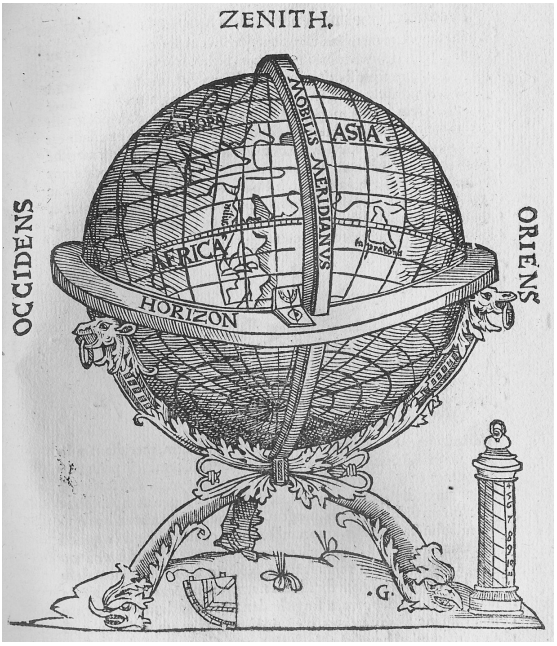
Récord de distancia

El objeto más lejano descubierto hasta el momento es la galaxia brillante GN-z11, cuyo corrimiento al rojo determinado espectroscópicamente ha dado como resultado $z = 11{,}09$, que correspondería a una distancia comóvil de 9 870 Mpc y una edad cósmica de unos 400 millones de años. La galaxia fue identificada en el año 2016 por un equipo que estudiaba datos del Cosmic Assembly Near-infrared Deep Extragalactic Legacy Survey (CANDELS) del telescopio espacial Hubble y del Great Observatories Origins Deep Survey-North (GOODS-North) del telescopio espacial Spitzer.

El siguiente objeto más lejano es la galaxia MACS1149-JD1, cuyo corrimiento al rojo ha sido determinado espectroscópicamente mediante una detección de una línea de emisión de oxígeno a $z = 9{,}11$, que correspondería a cuando el universo que conocemos tenía 550 millones de años. La observación, que fue realizada gracias a ALMA (Atacama Large Milimiter/submilimiter Array), se efectuó entre marzo de 2016 y abril de 2017. En paralelo, el VLT (Very Large Telescope), también ubicado en Chile, detectó una señal de hidrógeno neutro proveniente de la misma galaxia.

A una distancia algo menor estaría la galaxia EGSY8p7, fue descubierta en julio del 2015 y su corrimiento al rojo ha sido determinado espectroscópicamente mediante la inesperada detección de una línea espectral del hidrógeno, Lyα, a $z = 8{,}863$, correspondiente a cuando el universo que conocemos tenía sólo 575 millones de años. Sólo dos meses antes se había publicado la detección espectroscópica de un corrimiento al rojo de 7,730 para la galaxia EGS-zs8-1, que se convirtió de manera efímera en la galaxia más lejana conocida.

LA TIERRA


ZENITH.
MOBILIS MERIDIANVS
ASIA
AFRICA
OCCIDENS
ORIENS
HORIZON
.G.

LA TIERRA

Datos físicos, geodésicos y cartográficos
Elipsoide de referencia
Posición geográfica de capitales de provincia
Posición geográfica de observatorios

Unidades:

$\mathcal{R}_\oplus = 6378{,}1366$ km
$\mathcal{M}_\oplus = 5{,}9726\ 10^{24}$ kg
G $\mathcal{M}_\oplus = 398\,600$ km^3 s^{-2}

Datos físicos, geodésicos y cartográficos

Tamaño (IERS 2000)

Radio ecuatorial	$\mathcal{R}_\oplus$	= 6378,1366 km
Radio polar	$(1-f)\mathcal{R}_\oplus$	= 6356,7519 km
Radio medio		6371,0004 km
Achatamiento	f	= 1/298,25642 = 0,0033 5282
Excentricidad del elipsoide	e	= 0,0818 1930
	e^2	= 0,0066 9440
Superficie		510 10^6 km^2
cubierta por agua		361 10^6 km^2 (71%)
cubierta por tierra		134 10^6 km^2 (26%)
cubierta por hielo		15 10^6 km^2 (3%)
Volumen		1,0832 10^{12} km^3

Distancia al centro de la Tierra a una latitud ϕ y una altura $h = 0$:

$$r = (0{,}998\,3271 + 0{,}001\,6764\cos(2\phi) - 0{,}000\,0035\cos(4\phi))\ \mathcal{R}_\oplus$$

Masa

Masa	$\mathcal{M}_\oplus$ =	5,9726 10^{24} kg = $\mathcal{M}_\odot/332\,946$
	masa de los océanos: $\sim 2\ 10^{-4}\mathcal{M}_\oplus$	
	masa del hielo: $\sim 5\ 10^{-6}\mathcal{M}_\oplus$	
	masa de la atmósfera: $\sim 10^{-6}\mathcal{M}_\oplus$	
Densidad media		5,514 g cm^{-3}
Momento de inercia		0,329 976 5 $\mathcal{M}_\oplus\ {\mathcal{R}_\oplus}^2$
Constante gravitatoria	G$\mathcal{M}_\oplus$ =	398 600,4418 km^3 s^{-2}
Velocidad de escape		11,18 km s^{-1}
Gravedad superficial ($\phi = 45°$)		9,8062 m s^{-2}
Gravedad en Madrid		9,8000 m s^{-2}

Variación de la gravedad g con la latitud ϕ al nivel del mar ($h = 0$):

$$g_{(h=0)} = 9{,}806\,228 - 0{,}025\,930\cos(2\phi) + 0{,}000\,028\cos(4\phi)$$

Variación de la gravedad con la altura h (en metros):

$$g = g_{(h=0)} - 3{,}1\ 10^{-6}\ h$$

Momentos del campo gravitatorio:

$$J_1 = 0$$
$$J_2 = 0{,}001\,082\,6359$$
$$J_3 = -2{,}54\ 10^{-6}$$
$$J_4 = -1{,}61\ 10^{-6}$$
$$J_5 = -0{,}21\ 10^{-6}$$
$$J_6 = 0{,}65\ 10^{-6}$$

Atmósfera

Presión en la superficie	1 013 bar
Temperatura efectiva	255 K
Temperatura en la superficie	288 K
Altura de escala	8,5 km
Gases más abundantes (%):	N_2 (78,08), O_2 (20,95), Ar (0,9), H_2O ($variable < 3\%$)
Gases menos abundantes (ppm):	CO_2 (403), Ne (18), O_3 (10), He (5), CH_4 (3), Kr (1), H_2 (0,5), N_2O (0,35), CO (0,2), Xe (0,09), NO ($< 0{,}01$), C_3H_8 (0,0187), C_2H_6 (0,0136), C_2H_4 (0,0112), C_2H_2 (0,0087), SO_2 (0,0002)

Rotación

Periodo sidéreo	86 164,098 904 s = $23^{\mathrm{h}}\ 56^{\mathrm{m}}\ 4\overset{\mathrm{s}}{,}098\,904$
Velocidad angular	$7{,}292\,115\,10\ \ 10^{-5}$ rad s^{-1} = 15,041 0672 $''/\mathrm{s}$
Velocidad de rotación en el ecuador	465,12 m s^{-1} = 1674 km h^{-1}
Aceleración centrífuga en el ecuador	$-0{,}034$ m s^{-2}
Parámetro de rotación	$q_r = 0{,}00345$

Otros parámetros

Información sobre la traslación de la Tierra en su órbita, parámetros fotométricos, etc, puede encontrarse en la lista de *datos solares* en el apartado *SOL* y en las tablas de datos planetarios en el capítulo *PLANETAS*.

Elipsoide de referencia

Para muchos efectos prácticos, muy especialmente en la Geodesia, la forma de la Tierra se ha aproximado por un elipsoide. Esta figura geométrica viene definida por dos valores (aparte de su orientación): el radio ecuatorial, R_e, y el achatamiento, f, calculándose el radio polar mediante: $R_p = (1 - f)\,R_e$. En la tabla siguiente se indican los parámetros de una serie de elipsoides que han sido propuestos y que, en algunos casos, su uso ha sido recomendado por distintas autoridades: Unión Astronómica Internacional (UAI/IAU), Sistema Geodésico de Referencia (GRS), Sistema Geodésico Mundial (WGS), Servicio Internacional de la Rotación Terrestre (IERS) y otros.

año	nombre	radio ecuat. R_e (m)	radio polar R_p (m)	inverso del achat., $1/f$
1738	Maupertuis	6397300	6363806,283	191
1830	Airy	6377563,396	6356256,909	299,3249646
1841	Bessel	6377397,155	6356078,963	299,1528128
1860	Struve	6378298,3	6357018,2	299,73
1866	Clarke (Norteamérica)	6378206,4	6356583,8	294,9787
1880	Clarke (Africa)	6378249,145	6356514,966	293,4663
1906	Helmert	6378200	6356818	298,3
1909	Internacional (Hayford)	6378388	6356912	297
1942	Krassovsky	6378245	6356863	298,3
1964	IAU	6378160	6356775	298,25
1967	Internacional nuevo	6378157,5	6356772,2	298,2496
1967	GRS	6378160	6356774,516	298,247167427
1969	Sudamericano	6378160	6356775,719	298,25
1972	WGS	6378135	6356750,52	298,26
1976	IAU	6378140	6356755,29	298,257
1980	GRS	6378137	6356752,3141	298,257222101
1983	MERIT	6378137	6356752	298,257
1984	WGS	6378137	6356752,3	298,257223563
1989	IERS	6378136	6356751	298,257
2000	IERS	6378136,6	6356751,9	298,25642

La excentricidad del elipsoide viene dada por:

$$e = \sqrt{f(2-f)}$$

El radio R de una esfera de igual volumen que un elipsoide definido por su radio ecuatorial R_e y un achatamiento f viene dado por:

$$R = R_e \sqrt[3]{1-f}$$

La relación entre la latitud geodésica ϕ_{gd} y la geocéntrica ϕ_{gc} en un elipsoide de achatamiento f viene dada por:

$$\tan\phi_{gc} = (1-f)^2 \tan\phi_{gd}$$

La discrepancia máxima entre ellas, para el caso de la Tierra, no supera los $12'$. Las coordenadas geodésicas (referidas a un elipsoide) y las astronómicas (referidas a la vertical en cada lugar) pueden diferir en algunos segundos de arco.

Tomando como referencia el elipsoide IERS 2000 se deduce:

circunferencia ecuatorial	40 075 014 m
circunferencia polar	40 007 832 m
valor medio del grado de meridiano	111 133 m
radio de la esfera equivolumen	6 371 000 m

Longitud en metros de 1° de paralelo
para las latitudes de España considerando el elipsoide IERS 2000

latitud, ϕ	0′	10′	20′	30′	40′	50′
35°	91288	91102	90916	90729	90541	90353
36°	90163	89973	89782	89591	89398	89205
37°	89011	88817	88621	88425	88228	88030
38°	87832	87633	87433	87232	87031	86829
39°	86626	86422	86218	86013	85807	85601
40°	85393	85185	84977	84767	84557	84346
41°	84135	83922	83709	83496	83281	83066
42°	82850	82634	82416	82199	81980	81761
43°	81540	81320	81098	80876	80653	80430
44°	80206	79981	79755	79529	79302	79075
45°	78846	78617	78388	78158	77927	77695

Longitud en metros de arcos de meridiano y de paralelo
para las latitudes de España considerando el elipsoide IERS 2000

latitud	sobre el paralelo			sobre el meridiano		
ϕ (°)	1′	1″	1^s	1°	1′	1″
35°	1521	25,4	380,4	110941	1849	30,8
36°	1503	25,0	375,7	110959	1849	30,8
37°	1484	24,7	370,9	110978	1850	30,8
38°	1464	24,4	366,0	110996	1850	30,8
39°	1444	24,1	360,9	111015	1850	30,8
40°	1423	23,7	355,8	111035	1851	30,8
41°	1402	23,4	350,6	111054	1851	30,8
42°	1381	23,0	345,2	111073	1851	30,9
43°	1359	22,7	339,8	111093	1852	30,9
44°	1337	22,3	334,2	111112	1852	30,9
45°	1314	21,9	328,5	111132	1852	30,9

Se obtienen los siguientes valores a la latitud de Madrid:

1° sobre el meridiano	111042 m
1′ sobre el meridiano	1850,7 m
1″ sobre el meridiano	30,845 m
1° sobre el paralelo	84883 m
1′ sobre el paralelo	1414,7 m
1^s sobre el paralelo	353,68 m
1″ sobre el paralelo	23,579 m

Posición geográfica de las capitales de provincia, ciudades de más de 170 000 habitantes, Ceuta y Melilla

ciudad	latitud ϕ (° ′ ″)	longitud (+E,–O) (° ′ ″)		(^{h} ^{m} ^{s})	altitud (m)
Albacete	38 59 49	01 51 17	O	-07^m25^s	686
Alcalá de Henares	40 28 53	03 22 05	O	-13^m28^s	588
Alcorcón	40 21 10	03 49 38	O	-15^m18^s	718
Alicante / Alacant	38 20 48	00 28 53	O	-01^m56^s	7
Almería	36 50 23	02 27 59	O	-09^m52^s	17
Avila	40 39 26	04 41 47	O	-18^m47^s	1131
Badajoz	38 53 00	06 57 59	O	-27^m52^s	209
Badalona	41 27 13	02 14 51	E	$+08^m59^s$	24
Barcelona	41 23 07	02 10 40	E	$+08^m43^s$	12
Bilbao	43 15 30	02 55 21	O	-11^m41^s	6
Burgos	42 20 29	03 42 12	O	-14^m49^s	861
Cáceres	39 28 28	06 22 11	O	-25^m29^s	459
Cádiz	36 32 00	06 17 50	O	-25^m11^s	14
Cartagena	37 36 05	00 58 51	O	-03^m55^s	69
Castellón de la Plana	39 59 14	00 02 11	O	-9^s	29
Ceuta	35 53 22	05 18 20	O	-21^m15^s	40
Ciudad Real	38 59 17	03 55 48	O	-15^m43^s	626
Córdoba	37 52 51	04 46 45	O	-19^m07^s	106
Coruña, A (La Coruña)	43 22 16	08 23 22	O	-33^m33^s	26
Cuenca	40 04 40	02 07 49	O	-08^m31^s	1001
Donostia-San Sebastián	43 19 05	01 58 49	O	-07^m55^s	8
Elche / Elx	38 16 06	00 41 48	O	-02^m47^s	86
Fuenlabrada	40 17 00	03 47 22	O	-15^m09^s	664
Getafe	40 18 19	03 43 41	O	-14^m54^s	559
Gijón	43 32 25	05 39 29	O	-22^m38^s	4
Girona (Gerona)	41 59 18	02 49 37	E	$+11^m18^s$	98
Granada	37 10 40	03 35 55	O	-14^m24^s	685
Guadalajara	40 38 08	03 09 41	O	-12^m39^s	685
Hospitalet de Llobregat, L'	41 21 39	02 06 00	E	$+08^m24^s$	4
Huelva	37 15 41	06 56 56	O	-27^m48^s	26
Huesca	42 08 30	00 24 26	O	-01^m38^s	488
Jaén	37 45 59	03 47 21	O	-15^m09^s	574
Jerez de la Frontera	36 40 52	06 08 10	O	-24^m33^s	87
León	42 36 01	05 33 56	O	-22^m16^s	838
Leganés	40 19 59	03 45 55	O	-15^m04^s	668
Logroño	42 28 04	02 26 39	O	-09^m47^s	384
Lugo	43 00 38	07 33 23	O	-30^m14^s	454
Lleida (Lérida)	41 37 07	00 37 40	E	$+02^m31^s$	222

Posición geográfica de las capitales de provincia, ciudades de más de 170 000 habitantes, Ceuta y Melilla

ciudad	latitud ϕ (° ′ ″)	longitud (+E,–O) (° ′ ″)		(^{h} ^{m} ^{s})	altitud (m)
Madrid	40 24 35	03 41 11	O	$-14^{m}45^{s}$	655
Málaga	36 43 18	04 25 07	O	$-17^{m}40^{s}$	8
Melilla	35 17 46	02 56 28	O	$-11^{m}45^{s}$	15
Móstoles	40 19 29	03 51 49	O	$-15^{m}27^{s}$	661
Murcia	37 59 09	01 07 38	O	$-04^{m}31^{s}$	42
Ourense (Orense)	42 20 15	07 51 43	O	$-31^{m}27^{s}$	139
Oviedo	43 21 48	05 50 32	O	$-23^{m}22^{s}$	232
Palencia	42 00 32	04 31 59	O	$-18^{m}08^{s}$	734
Palma de Mallorca	39 34 36	02 39 11	E	$+10^{m}37^{s}$	33
Palmas de G. C., Las	28 06 04	15 24 45	O	$-1^{h}1^{m}39^{s}$	13
Pamplona / Iruña	42 49 15	01 38 25	O	$-06^{m}34^{s}$	449
Pontevedra	42 26 05	08 38 46	O	$-34^{m}35^{s}$	20
Sabadell	41 32 53	02 06 33	E	$+08^{m}26^{s}$	190
Salamanca	40 57 43	05 39 56	O	$-22^{m}40^{s}$	803
Sta. Cruz de Tenerife	28 27 53	16 16 48	O	$-1^{h}5^{m}07^{s}$	5
Santander	43 27 51	03 48 14	O	$-15^{m}13^{s}$	15
Segovia	40 57 05	04 07 29	O	$-16^{m}30^{s}$	1002
Sevilla	37 23 15	05 59 29	O	$-23^{m}58^{s}$	10
Soria	41 46 10	02 27 56	O	$-09^{m}52^{s}$	1064
Terrassa (Tarrasa)	41 33 48	02 00 48	E	$+08^{m}03^{s}$	286
Tarragona	41 07 13	01 15 34	E	$+05^{m}02^{s}$	69
Teruel	40 20 43	01 06 29	O	$-04^{m}26^{s}$	913
Toledo	39 51 31	04 01 23	O	$-16^{m}06^{s}$	512
Valencia	39 28 35	00 22 29	O	$-01^{m}30^{s}$	16
Valladolid	41 39 12	04 43 19	O	$-18^{m}53^{s}$	692
Vigo	42 14 26	08 43 29	O	$-34^{m}54^{s}$	28
Vitoria-Gasteiz	42 51 05	02 40 17	O	$-10^{m}41^{s}$	550
Zamora	41 30 00	05 45 13	O	$-23^{m}01^{s}$	649
Zaragoza	41 39 28	00 52 43	O	$-03^{m}31^{s}$	200

Las coordenadas geográficas que figuran en esta tabla están referidas al Elipsoide Internacional de Hayford, con *datum* en Potsdam (Alemania). La longitud se da con respecto al meridiano de Greenwich; a efectos de cálculo es positiva al Este de dicho meridiano y negativa al Oeste de él. En el caso de las capitales de provincia, el lugar exacto a que se refiere la posición indicada suele ser una torre de la catedral o de una iglesia muy representativa de la ciudad. En el caso de Madrid se refieren a las coordenadas del edificio Villanueva en el Observatorio Astronómico de Madrid.

Posiciones geográficas de observatorios astronómicos

Observatorios situados en España

observatorio	latitud	longitud	altura
R.M. Aller de Santiago de Compostela	$+42^\circ 52'.5$	$-00^h 34^m 14^s$	240
Ametlla de Mar (Tarragona)	$+40^\circ 55'.8$	$+00^h 47^m 35^s$	
Calar Alto (Almería)	$+37^\circ 13'.8$	$-00^h 10^m 09^s$	2168
La Cañada (Avila)	$+40^\circ 36'.3$	$-00^h 17^m 58^s$	1400
Consell (Mallorca)	$+39^\circ 39'.2$	$+00^h 11^m 70^s$	130
Ebro (Tarragona)	$+40^\circ 49'.2$	$+00^h 01^m 58^s$	50
Fabra (Barcelona)	$+41^\circ 25'.0$	$+00^h 08^m 30^s$	420
Izaña (I. Tenerife)	$+28^\circ 17'.5$	$-01^h 05^m 59^s$	2038
Madrid	$+40^\circ 24'.5$	$-00^h 14^m 45^s$	655
Mallorca	$+39^\circ 38'.6$	$+00^h 11^m 48^s$	160
Pico de Veleta (Granada)	$+37^\circ 04'.1$	$-00^h 13^m 36^s$	2870
Piera (Barcelona)	$+41^\circ 32'.4$	$+00^h 07^m 04^s$	390
Robledo de Chavela (Madrid)	$+40^\circ 25'.6$	$-00^h 16^m 60^s$	815
Roque de los Muchachos (I. La Palma)	$+28^\circ 45'.5$	$-01^h 11^m 30^s$	2327
La Sagra (Granada)	$+37^\circ 58'.9$	$-00^h 10^m 16^s$	1530
San Fernando (Cádiz)	$+36^\circ 28'.0$	$-00^h 24^m 49^s$	30
Sierra Nevada (Granada)	$+37^\circ 03'.8$	$-00^h 13^m 32^s$	2896
Universidad de Barcelona	$+41^\circ 23'.2$	$+00^h 08^m 28^s$	97
Universidad Complutense (Madrid)	$+40^\circ 27'.1$	$-00^h 14^m 54^s$	640
Yebes (Guadalajara)	$+40^\circ 31'.4$	$-00^h 12^m 21^s$	931

La anterior lista de observatorios incluye aquellos que están dotados de telescopios profesionales nacionales o extranjeros situados en el país, los observatorios incluídos en la lista de códigos de la Unión Astronómica Internacional (UAI) y observatorios universitarios con fines educativos.

La larga lista de observatorios antiguos y modernos que se ha incluido en los Anuarios anteriores, hasta la edición de 2007, ha sido sustituida por una lista parcial que incluye los principales observatorios del mundo (actuales e históricos) situados en la superficie terrestre. El número de observatorios en el mundo crece constantemente, por lo que una lista con pretensiones de completitud necesita una actualización continua, que es más fácil de mantener por medios electrónicos. Al generalizarse el acceso a internet, la consulta de listas actualizadas y ordenadas por distintos criterios es cada vez más fácil. A continuación indicamos enlaces a listas especialmente útiles y completas, que incluyen más de 2 000 observatorios situados en más de 50 países. Búsqueda de las coordenadas de observatorios:
`http://www.eso.org/~ndelmott/obs_sites.html`
Listas de códigos de observatorios atribuidos por la UAI/IAU:
`http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_observatory_codes`
`http://www.cfa.harvard.edu/iau/lists/ObsCodes.html`

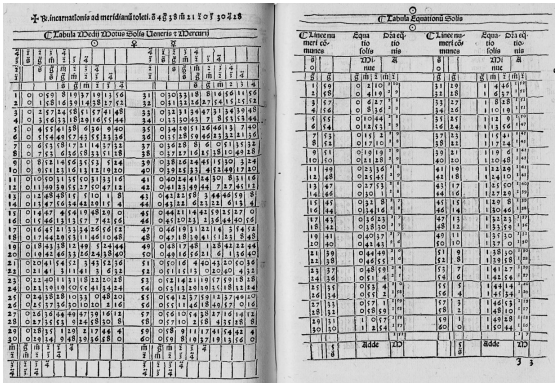
En esta última página web, la latitud geodésica ϕ_{gd} de los observatorios se obtiene a partir de los valores tabulados del seno y coseno de la latitud geocéntrica ϕ_{gc} y del achatamiento f del elipsoide:

$$\tan\phi_{gd} = \frac{\tan\phi_{gc}}{(1-f)^2} = 1{,}0067395\,\frac{\operatorname{sen}\phi_{gc}}{\cos\phi_{gc}}$$

Observatorios en el resto del mundo

observatorio	latitud	longitud	altura
ALMA, Atacama (Chile)	$-23°00'3$	$-04^h31^m02^s$	5080
Arecibo (Puerto Rico)	$+18°20'8$	$-04^h27^m01^s$	496
ATCA, Narrabri (Australia)	$-30°18'9$	$+09^h58^m12^s$	208
Cerro Pachón (Chile)	$-30°14'3$	$-04^h42^m56^s$	2738
Cerro Paranal (Chile)	$-24°37'6$	$-04^h41^m37^s$	2635
Effelsberg (Alemania)	$+50°31'6$	$+00^h27^m32^s$	369
Green Bank (EE.UU.)	$+38°25'8$	$-05^h19^m22^s$	836
Greenwich (R.U.)	$+51°28'6$	$00^h00^m00^s$	47
HET, McDonald O. (EE.UU.)	$+30°40'9$	$-06^h56^m04^s$	2026
Jodrell Bank (R.U.)	$+53°14'2$	$-00^h09^m14^s$	78
Kitt Peak (EE.UU.)	$+31°42'5$	$-07^h26^m23^s$	2120
La Silla (Chile)	$-29°15'4$	$-04^h42^m55^s$	2347
Las Campanas (Chile)	$-29°00'5$	$-04^h42^m48^s$	2282
Lick (EE.UU.)	$+37°20'6$	$-08^h06^m33^s$	1283
LOFAR (Holanda)	$+52°54'5$	$+00^h27^m29^s$	
Mauna Kea (EE.UU.)	$+19°49'7$	$-10^h21^m53^s$	4200
MERLIN (R.U.)	$+53°14'2$	$-00^h09^m14^s$	78
Meudon (Francia)	$+48°48'3$	$+00^h08^m56^s$	162
Monte Graham (EE.UU.)	$+32°42'1$	$-07^h19^m34^s$	3182
Monte Hopkins, F.L. Whipple O. (EEUU)	$+31°41'3$	$-07^h23^m32^s$	2606
Monte Palomar (EE.UU.)	$+33°21'4$	$-07^h47^m27^s$	1706
Monte Pastukhov (Rusia)	$+43°39'2$	$+02^h45^m46^s$	2070
Monte Wilson (EE.UU.)	$+34°13'3$	$-07^h52^m15^s$	1742
Nançay (Francia)	$+47°22'8$	$+00^h08^m56^s$	162
Narayangaon, Pune (India)	$+19°05'5$	$+04^h56^m12^s$	650
París (Francia)	$+48°50'0$	$+00^h09^m21^s$	67
Parkes (Australia)	$-33°00'0$	$+09^h53^m03^s$	392
Pico Sacramento y Punto Apache (EEUU)	$+32°46'8$	$-07^h03^m17^s$	2788
Plateau de Bure (Francia)	$+44°38'0$	$+00^h23^m38^s$	2552
Potsdam (Alemania)	$+52°25'4$	$+00^h52^m03^s$	46
Sierra Negra (Méjico)	$+18°59'1$	$-06^h29^m16^s$	4580
Sutherland (Sudáfrica)	$-32°22'8$	$+01^h23^m47^s$	1771
VLA, Socorro (EEUU)	$+34°04'7$	$-07^h10^m28^s$	2124
Yerkes (EEUU)	$+42°34'2$	$-05^h54^m14^s$	334

TABLAS COMPLEMENTARIAS



TABLAS COMPLEMENTARIAS

Corrección (aproximada y rigurosa) de la precesión
Corrección de la nutación y la aberración
Corrección de la refracción atmosférica
Constantes físicas y astronómicas
Prefijos del Sistema Internacional de Unidades
Método de interpolación
Moléculas detectadas en el medio interestelar

Corrección de las coordenadas por precesión

La lenta precesión del eje de rotación de la Tierra hace que las coordenadas celestes que se dan para un astro (tal como las coordenadas ecuatoriales α y δ) se refieran siempre a una posición dada de tal eje, por ejemplo la que tenía en la época J2000.0. Para conocer las coordenadas en otro instante es necesario aplicar una corrección. En el caso de las coordenadas ecuatoriales, la corrección anual viene dada, en primera aproximación, por:

$$\begin{aligned} P_\alpha &= 3^s,0750 + 1^s,3362 \operatorname{sen}\alpha \tan\delta \\ P_\delta &= 20'',043 \cos\alpha \end{aligned}$$

expresiones en las que la ascensión recta, α, debe ser expresada en grados. Dadas unas coordenadas α_0, δ_0 referidas a una época t_0, las coordenadas α_1, δ_1 referidas a una época t_1 se obtienen mediante:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \alpha_0 + (t_1 - t_0)\, P_\alpha \\ \delta_1 &= \delta_0 + (t_1 - t_0)\, P_\delta \end{aligned}$$

donde típicamente $t_0 = 2000$.

Precesión anual en declinación

ascensión recta, α		P_δ	ascensión recta, α		P_δ
00 00	24 00	20″,04	12 00	12 00	−20″,04
00 20	23 40	19″,96	12 20	11 40	−19″,96
00 40	23 20	19″,73	12 40	11 20	−19″,73
01 00	23 00	19″,36	13 00	11 00	−19″,36
01 20	22 40	18″,83	13 20	10 40	−18″,83
01 40	22 20	18″,16	13 40	10 20	−18″,16
02 00	22 00	17″,35	14 00	10 00	−17″,35
02 20	21 40	16″,41	14 20	09 40	−16″,41
02 40	21 20	15″,35	14 40	09 20	−15″,35
03 00	21 00	14″,17	15 00	09 00	−14″,17
03 20	20 40	12″,88	15 20	08 40	−12″,88
03 40	20 20	11″,49	15 40	08 20	−11″,49
04 00	20 00	10″,02	16 00	08 00	−10″,02
04 20	19 40	08″,47	16 20	07 40	−08″,47
04 40	19 20	06″,85	16 40	07 20	−06″,85
05 00	19 00	05″,18	17 00	07 00	−05″,18
05 20	18 40	03″,48	17 20	06 40	−03″,48
05 40	18 20	01″,74	17 40	06 20	−01″,74
06 00	18 00	00″,00	18 00	06 00	00″,00

Precesión anual en ascensión recta

si $\delta \geq 0$		P_α								si $\delta \leq 0$	
α		*declinación*, δ								α	
h m	h m	0°	10°	20°	30°	40°	50°	55°	60°	h m	h m
18 00	18 00	3ˢ,07	2ˢ,83	2ˢ,58	2ˢ,30	1ˢ,95	1ˢ,48	1ˢ,16	0ˢ,76	06 00	06 00
18 20	17 40	3ˢ,07	2ˢ,84	2ˢ,59	2ˢ,30	1ˢ,95	1ˢ,48	1ˢ,17	0ˢ,76	06 20	05 40
18 40	17 20	3ˢ,07	2ˢ,84	2ˢ,59	2ˢ,31	1ˢ,97	1ˢ,50	1ˢ,19	0ˢ,79	06 40	05 20
19 00	17 00	3ˢ,07	2ˢ,84	2ˢ,60	2ˢ,32	1ˢ,99	1ˢ,53	1ˢ,23	0ˢ,83	07 00	05 00
19 20	16 40	3ˢ,07	2ˢ,85	2ˢ,61	2ˢ,35	2ˢ,02	1ˢ,57	1ˢ,28	0ˢ,90	07 20	04 40
19 40	16 20	3ˢ,07	2ˢ,86	2ˢ,63	2ˢ,37	2ˢ,05	1ˢ,63	1ˢ,34	0ˢ,97	07 40	04 20
20 00	16 00	3ˢ,07	2ˢ,87	2ˢ,65	2ˢ,40	2ˢ,10	1ˢ,69	1ˢ,42	1ˢ,07	08 00	04 00
20 20	15 40	3ˢ,07	2ˢ,88	2ˢ,67	2ˢ,44	2ˢ,15	1ˢ,77	1ˢ,51	1ˢ,17	08 20	03 40
20 40	15 20	3ˢ,07	2ˢ,89	2ˢ,70	2ˢ,48	2ˢ,21	1ˢ,85	1ˢ,61	1ˢ,30	08 40	03 20
21 00	15 00	3ˢ,07	2ˢ,90	2ˢ,73	2ˢ,52	2ˢ,28	1ˢ,94	1ˢ,72	1ˢ,43	09 00	03 00
21 20	14 40	3ˢ,07	2ˢ,92	2ˢ,76	2ˢ,57	2ˢ,35	2ˢ,05	1ˢ,84	1ˢ,58	09 20	02 40
21 40	14 20	3ˢ,07	2ˢ,93	2ˢ,79	2ˢ,63	2ˢ,43	2ˢ,16	1ˢ,98	1ˢ,74	09 40	02 20
22 00	14 00	3ˢ,07	2ˢ,95	2ˢ,83	2ˢ,68	2ˢ,51	2ˢ,27	2ˢ,12	1ˢ,91	10 00	02 00
22 20	13 40	3ˢ,07	2ˢ,97	2ˢ,86	2ˢ,74	2ˢ,60	2ˢ,40	2ˢ,26	2ˢ,09	10 20	01 40
22 40	13 20	3ˢ,07	2ˢ,99	2ˢ,90	2ˢ,81	2ˢ,69	2ˢ,53	2ˢ,42	2ˢ,28	10 40	01 20
23 00	13 00	3ˢ,07	3ˢ,01	2ˢ,94	2ˢ,87	2ˢ,78	2ˢ,66	2ˢ,58	2ˢ,47	11 00	01 00
23 20	12 40	3ˢ,07	3ˢ,03	2ˢ,99	2ˢ,94	2ˢ,88	2ˢ,79	2ˢ,74	2ˢ,67	11 20	00 40
23 40	12 20	3ˢ,07	3ˢ,05	3ˢ,03	3ˢ,00	2ˢ,97	2ˢ,93	2ˢ,90	2ˢ,87	11 40	00 20
00 00	12 00	3ˢ,07	3ˢ,07	3ˢ,07	3ˢ,07	3ˢ,07	3ˢ,07	3ˢ,07	3ˢ,07	12 00	24 00
00 20	11 40	3ˢ,07	3ˢ,09	3ˢ,11	3ˢ,14	3ˢ,17	3ˢ,21	3ˢ,24	3ˢ,27	12 20	23 40
00 40	11 20	3ˢ,07	3ˢ,11	3ˢ,15	3ˢ,20	3ˢ,26	3ˢ,35	3ˢ,40	3ˢ,47	12 40	23 20
01 00	11 00	3ˢ,07	3ˢ,13	3ˢ,20	3ˢ,27	3ˢ,36	3ˢ,48	3ˢ,56	3ˢ,67	13 00	23 00
01 20	10 40	3ˢ,07	3ˢ,15	3ˢ,24	3ˢ,33	3ˢ,45	3ˢ,61	3ˢ,72	3ˢ,86	13 20	22 40
01 40	10 20	3ˢ,07	3ˢ,17	3ˢ,28	3ˢ,40	3ˢ,54	3ˢ,74	3ˢ,88	4ˢ,05	13 40	22 20
02 00	10 00	3ˢ,07	3ˢ,19	3ˢ,31	3ˢ,46	3ˢ,63	3ˢ,87	4ˢ,02	4ˢ,23	14 00	22 00
02 20	09 40	3ˢ,07	3ˢ,21	3ˢ,35	3ˢ,51	3ˢ,71	3ˢ,98	4ˢ,16	4ˢ,40	14 20	21 40
02 40	09 20	3ˢ,07	3ˢ,22	3ˢ,38	3ˢ,57	3ˢ,79	4ˢ,09	4ˢ,30	4ˢ,56	14 40	21 20
03 00	09 00	3ˢ,07	3ˢ,24	3ˢ,41	3ˢ,62	3ˢ,86	4ˢ,20	4ˢ,42	4ˢ,71	15 00	21 00
03 20	08 40	3ˢ,07	3ˢ,25	3ˢ,44	3ˢ,66	3ˢ,93	4ˢ,29	4ˢ,53	4ˢ,84	15 20	20 40
03 40	08 20	3ˢ,07	3ˢ,26	3ˢ,47	3ˢ,70	3ˢ,99	4ˢ,37	4ˢ,63	4ˢ,97	15 40	20 20
04 00	08 00	3ˢ,07	3ˢ,27	3ˢ,49	3ˢ,74	4ˢ,04	4ˢ,45	4ˢ,72	5ˢ,07	16 00	20 00
04 20	07 40	3ˢ,07	3ˢ,28	3ˢ,51	3ˢ,77	4ˢ,09	4ˢ,51	4ˢ,80	5ˢ,17	16 20	19 40
04 40	07 20	3ˢ,07	3ˢ,29	3ˢ,53	3ˢ,79	4ˢ,12	4ˢ,57	4ˢ,86	5ˢ,24	16 40	19 20
05 00	07 00	3ˢ,07	3ˢ,30	3ˢ,54	3ˢ,82	4ˢ,15	4ˢ,61	4ˢ,91	5ˢ,31	17 00	19 00
05 20	06 40	3ˢ,07	3ˢ,30	3ˢ,55	3ˢ,83	4ˢ,17	4ˢ,64	4ˢ,95	5ˢ,35	17 20	18 40
05 40	06 20	3ˢ,07	3ˢ,30	3ˢ,55	3ˢ,84	4ˢ,19	4ˢ,66	4ˢ,97	5ˢ,38	17 40	18 20
06 00	06 00	3ˢ,07	3ˢ,31	3ˢ,56	3ˢ,84	4ˢ,19	4ˢ,66	4ˢ,98	5ˢ,38	18 00	18 00

Cálculo riguroso de la precesión

En este apartado se describe el método general de cálculo riguroso de los efectos de la precesión a las coordenadas de un astro entre una cierta época origen (dada por DJ_{origen}) y una cierta fecha o época final (dada por DJ_{fecha}). Es decir, este método es aplicable incluso en aquellos casos en que la época a que se refieren las coordenadas originales no es la época J2000, sino otra cualquiera (J1900, B1950, etc). Algunas épocas típicas vienen dadas en el apartado **Día Juliano** en *CALENDARIOS*).

1) Cálculo de los argumentos temporales **T** y **t**, dados en siglos julianos:

T = (época origen$-2000.0)/100 = (DJ_{origen} - 2\,451\,545{,}0)/36525$
t = $(DJ_{fecha} - DJ_{origen})/36525$

2) Cálculo de los coeficientes para la época origen:

$$\zeta_1 = 2\,306{,}''218\,1 + 1{,}''396\,56\,T - 0{,}''000\,139\,T^2$$
$$\zeta_2 = 0{,}''301\,88 - 0{,}''000\,344\,T$$
$$\zeta_3 = 0{,}''017\,998$$
$$z_1 = \zeta_1$$
$$z_2 = 1{,}''094\,68 + 0{,}''000\,066\,T$$
$$z_3 = 0{,}''018\,203$$
$$\theta_1 = 2\,004{,}''310\,9 - 0{,}''853\,30\,T - 0{,}''000\,217\,T^2$$
$$\theta_2 = -0{,}''426\,65 - 0{,}''000\,217\,T$$
$$\theta_3 = -0{,}''041\,833$$

3) Cálculo de los ángulos auxiliares para la fecha:

$$\zeta = \zeta_1\,t + \zeta_2\,t^2 + \zeta_3\,t^3$$
$$z = z_1\,t + z_2\,t^2 + z_3\,t^3$$
$$\theta = \theta_1\,t + \theta_2\,t^2 + \theta_3\,t^3$$

4) Transformación de las coordenadas ecuatoriales de la época origen (α_0, δ_0) a la fecha (α, δ) por efecto de la precesión. Es necesario expresar todos los ángulos en grados (o en radianes). La declinación δ se determina a partir de la ecuación:

$$\operatorname{sen}\delta = \cos(\alpha_0 + \zeta)\operatorname{sen}\theta\cos\delta_0 + \cos\theta\operatorname{sen}\delta_0$$

y la ascensión recta α se determina, en el cuadrante adecuado, a partir de

$$\operatorname{sen}(\alpha - z) = \operatorname{sen}(\alpha_0 + \zeta)\cos\delta_0/\cos\delta$$
$$\cos(\alpha - z) = \frac{\cos(\alpha_0 + \zeta)\cos\theta\cos\delta_0 - \operatorname{sen}\theta\operatorname{sen}\delta_0}{\cos\delta}$$

Corrección de las coordenadas por nutación

La corrección por precesión da como resultado las coordenadas referidas al ecuador y equinoccio medios de la fecha considerada. Si se desea obtener las coordenadas referidas al ecuador y equinoccio *verdaderos* de la fecha es necesaria una corrección adicional, de pequeña magnitud, que recibe el nombre de *corrección por nutación*. Tal corrección involucra una gran cantidad de términos de corto periodo. Si se considera solamente el más significativo (ligado a la longitud media del nodo lunar, $\Omega_{(}$), podemos expresar la corrección por nutación a aplicar a las coordenadas ecuatoriales (α, δ) con las siguientes fórmulas:

$$\Delta\alpha = Ec.Eq. - (0^{s},46 \operatorname{sen}\Omega_{(} \operatorname{sen}\alpha + 0^{s},61 \cos\Omega_{(} \cos\alpha) \tan\delta$$
$$\Delta\delta = 9'',2 \cos\Omega_{(} \operatorname{sen}\alpha - 6'',8 \operatorname{sen}\Omega_{(} \cos\alpha$$

donde *Ec.Eq.* es el valor de la ecuación de los equinoccios para la fecha (ver las tablas en *TIEMPOS*), y $\Omega_{(}$ viene dada para este año en la primera página de **Datos lunares** o bien se puede calcular a partir del día juliano *DJ* mediante:

$$\Omega_{(} = 125^{\circ},045 - 0^{\circ},0529\,5376\ (DJ - 2451545)$$

Corrección de las coordenadas por aberración ánua

Una corrección adicional debe ser tenida en cuenta si se requiere una precisión en las coordenadas del orden del segundo de arco. El fenómeno que hace que la posición geométrica y la observada de un astro no coincidan se denomina *aberración* y es debido al movimiento de la Tierra y a la finitud de la velocidad de la luz. Cuando se tiene en cuenta exclusivamente el movimiento de la Tierra alrededor del Sol, el fenómeno se denomina *aberración ánua*. En primera aproximación, prescindiendo de la pequeña excentricidad de la órbita terrestre, la corrección a las coordenadas ecuatoriales (α, δ) viene dada por:

$$\Delta\alpha = -(1^{s},366 \operatorname{sen} L_{\odot} \operatorname{sen}\alpha + 1^{s},253 \cos L_{\odot} \cos\alpha)/\cos\delta$$
$$\Delta\delta = 18'',80 \operatorname{sen}\delta \operatorname{sen}\alpha \cos L_{\odot} - 20'',49 \operatorname{sen}\delta \cos\alpha \operatorname{sen} L_{\odot} - 8'',15 \cos\delta \cos L_{\odot}$$

donde la longitud media del Sol $L_{\odot}$ viene dada para este año en la primera página de **Datos solares** (ver *SOL*) o bien de modo general, en función del día juliano *DJ*, mediante:

$$L_{\odot} = 280^{\circ},466 + 0^{\circ},9856\,4736\ (DJ - 2451545)$$

Corrección de refracción atmosférica

El índice de refracción no unidad de la atmósfera combinado con su geometría no planoparalela hace que la altura sobre el horizonte a la que se observa un astro no coincida con su altura "verdadera" (que se deduce de las efemérides o que se observaría si no existiese atmósfera). El efecto de la refracción depende fuertemente de la altura observada y, en mucho menor grado, de la temperatura y presión ambientes y de la longitud de onda de la observación.

En la página siguiente se encuentra el valor de la corrección por refracción, *R*, a aplicar en función de la altura observada, siguiendo el criterio:

altura verdadera = altura observada − Refracción
distancia cenital verdadera = distancia cenital observada + Refracción

En la primera tabla la altura observada figura grado a grado. En la segunda tabla la altura observada se da cada diez minutos de arco. Estas tablas han sido calculadas con los siguientes parámetros:

longitud de onda, $\lambda_0 = 0{,}575\ \mu m$
presión atmosférica, $P_0 = 1000$ mbar
temperatura ambiente, $T_0 = 10°C$

Los factores de corrección a emplear en caso de que tales condiciones de contorno sean distintas son, respectivamente y en primera aproximación:

$$\text{corrección en } \lambda: \text{ multiplicar por } \left[0{,}983 + \left(\frac{0{,}075}{\lambda}\right)^2\right]$$

$$\text{corrección en la presión: multiplicar por } \frac{P}{1000}$$

$$\text{corrección en la temperatura: multiplicar por } \frac{283}{273+T}$$

Fórmula aproximada para determinar la corrección por refracción

La sencilla fórmula siguiente (de Bennett) da valores adecuados de la corrección *R* salvo en trabajos que requieran una elevada precisión:

$$R = \frac{60''}{\tan\left(h + \frac{7{,}31}{h+4{,}4}\right)} \; \frac{0{,}28P}{273+T}$$

siendo *h* la altura observada. Esta fórmula lleva incluidos los parámetros atmosféricos (*P* en milibares y *T* en grados centígrados). Si éstos son próximos a los normales antes indicados o no se conocen, la última fracción se puede sustituir por la unidad.

Corrección de la refracción atmosférica media, R_0
con entradas cada grado para alturas entre 20°y 90°
($\lambda = 0,575\,\mu$m, P=1000 mbar, T=10°C)

alt. obs.	0° (″)	1° (″)	2° (″)	3° (″)	4° (″)	5° (″)	6° (″)	7° (″)	8° (″)	9° (″)
80°	10,1	9,1	8,1	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0
70°	20,9	19,8	18,6	17,5	16,5	15,4	14,3	13,3	12,2	11,2
60°	33,1	31,8	30,5	29,2	28,0	26,8	25,5	24,4	23,2	22,0
50°	48,1	46,4	44,8	43,2	41,7	40,2	38,7	37,3	35,8	34,5
40°	68,3	65,9	63,7	61,5	59,4	57,3	55,4	53,5	51,6	49,9
30°	99,1	95,2	91,6	88,1	84,9	81,8	78,8	76,0	73,3	70,8
20°	156,3	148,4	141,1	134,4	128,2	122,4	117,1	112,2	107,5	103,2

Corrección de la refracción atmosférica media, R_0
con entradas cada 10′ para alturas entre 0°y 20°
($\lambda = 0,575\,\mu$m, P=1000 mbar, T=10°C)

altura observada	0′ (′ ″)	10′ (′ ″)	20′ (′ ″)	30′ (′ ″)	40′ (′ ″)	50′ (′ ″)
19°	2 45	2 44	2 42	2 41	2 39	2 38
18°	2 55	2 53	2 51	2 50	2 48	2 47
17°	3 05	3 04	3 02	3 00	2 58	2 56
16°	3 17	3 15	3 13	3 11	3 09	3 07
15°	3 31	3 29	3 26	3 24	3 22	3 20
14°	3 46	3 43	3 41	3 38	3 36	3 33
13°	4 03	4 00	3 57	3 54	3 51	3 48
12°	4 23	4 19	4 16	4 12	4 09	4 06
11°	4 46	4 42	4 38	4 34	4 30	4 26
10°	5 13	5 08	5 04	4 59	4 54	4 50
9°	5 46	5 40	5 35	5 29	5 24	5 18
8°	6 26	6 19	6 12	6 05	5 59	5 52
7°	7 16	7 07	6 58	6 50	6 42	6 34
6°	8 19	8 08	7 57	7 46	7 36	7 26
5°	9 42	9 26	9 12	8 58	8 44	8 32
4°	11 33	11 12	10 52	10 33	10 15	9 58
3°	14 08	13 38	13 10	12 44	12 19	11 55
2°	17 56	17 11	16 30	15 51	15 14	14 40
1°	23 53	22 41	21 35	20 34	19 37	18 45
0°	33 48	31 45	29 52	28 10	26 37	25 11

Las lentes de los telescopios refractores suelen ser acromáticas a la longitud de onda de 0,575 µm. La banda *visual* de magnitudes está centrada a una longitud de onda muy próxima, 0,55 µm.

Constantes fundamentales usuales

cantidad	símbolo	valor
velocidad de la luz	c	$2{,}99792458\ 10^{8}$ m s^{-1}
permeabilidad del vacío	μ_0	$4\pi\ 10^{-7}$ N A^{-2}
permitividad del vacío	ε_0	$1/\mu_0 c^2$ F m^{-1}
constante gravitacional de Newton	G	$6{,}67408\ 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}
constante de Planck	h	$6{,}6260696\ 10^{-34}$ J s
constante de Boltzmann	k	$1{,}380649\ 10^{-23}$ J K^{-1}
número de Avogadro	N_A	$6{,}0221413\ 10^{23}$ mol^{-1}
constante de los gases perfectos	R	8,314462 J mol^{-1}K^{-1}

Constantes electromagnéticas y radiativas

cantidad	símbolo	valor
carga elemental	e	$1{,}60217656\ 10^{-19}$ C
constante de Faraday	F	$9{,}6485336\ 10^{4}$ C mol^{-1}
constante de Stefan-Boltzmann	σ	$5{,}67037\ 10^{-8}$ W m^{-2} K^{-4}
primera constante de radiación	$2\pi hc^2$	$3{,}7417715\ 10^{-16}$ W m^2
segunda constante de radiación	hc/k	$1{,}438777\ 10^{-2}$ m K

Constantes atómicas y espectroscópicas

cantidad	símbolo	valor
masa del electrón en reposo	m_e	$5{,}485799095\ 10^{-4}$ u
masa del protón en reposo	m_p	1,007276467 u
masa del neutrón en reposo	m_n	1,008664916 u
masa del muón en reposo	m_μ	0,113428927 u
momento magnético del electrón	μ_e	$-9{,}2847643\ 10^{-24}$ J T^{-1}
momento magnético del protón	μ_p	$1{,}41060674\ 10^{-26}$ J T^{-1}
momento magnético del muón	μ_μ	$-4{,}4904481\ 10^{-26}$ J T^{-1}
magnetón de Bohr	μ_B	$9{,}2740097\ 10^{-24}$ J T^{-1}
magnetón nuclear	μ_N	$5{,}0507835\ 10^{-27}$ J T^{-1}
constante de estructura fina	α	$7{,}297352570\ 10^{-3}$
constante de Rydberg	R_∞	$1{,}097373156854\ 10^{7}$ m^{-1}
radio de Bohr	a_0	$0{,}5291772109\ 10^{-10}$ m
longitud de onda Compton del electrón	λ_c	$2{,}426310239\ 10^{-12}$ m
(unidad de masa átomica unificada	u	$1{,}66053892\ 10^{-27}$ kg)

La última cifra significativa dada en las tablas anteriores suele corresponder al orden de la incertidumbre de tal magnitud. Por ejemplo, si el valor recomendado según las últimas medidas de laboratorio para la constante de Planck es de $6{,}62606957\ \ 10^{-34}$, con una incertidumbre de $0{,}00000029\ \ 10^{-34}$, el valor que figurará en la tabla será $6{,}6260696\ \ 10^{-34}$, siendo incierta la última cifra dada.

Constantes cosmológicas

cantidad	símbolo	valor
constante de Hubble	H_o	69 km s^{-1}Mpc^{-1}
distancia de Hubble	c/H_o	4400 Mpc
edad del Universo	t_0	1,38 10^{10} años
edad del desacoplamiento	t_{dec}	380 000 años
densidad crítica	ρ_c	8,6 10^{-27} kg m^{-3}
densidad de bariones	Ω_b	0,049
densidad total de materia	Ω_m	0,309
constante cosmológica	Ω_Λ	0,691
temperatura del fondo cósmico de microondas (CBR)	T_0	2,725 K
velocidad del Sol respecto del CBR		370 km s^{-1}

(1 pc = 3,085678 10^{16} m, 1 Mpc = 10^6 pc = 3,085678 10^{22} m)

Constantes astronómicas

cantidad	símbolo	valor
unidad astronómica	ua	149 597 870 700 m
masa de la Tierra	$\mathcal{M}_\oplus$	5,9724 10^{24} kg
radio ecuatorial de la Tierra	$\mathcal{R}_\oplus$	6,3781366 10^6 m
masa solar	$\mathcal{M}_\odot$	1,988547 10^{30} kg
radio solar	$\mathcal{R}_\odot$	6,9566 10^8 m
luminosidad solar absoluta	$L_\odot$	3,828 10^{26} W
temperatura solar efectiva	$T_\odot$	5772 K
constantes gravitacionales:		
Sol	$G\mathcal{M}_\odot$	1,3271244 10^{20} m^3 s^{-2}
Tierra	$G\mathcal{M}_\oplus$	3,9860044 10^{14} m^3 s^{-2}
Luna	$G\mathcal{M}_(\|$	4,9028001 10^{12} m^3 s^{-2}
de Gauss	k	0,01720209895
razón de masa lunar a terrestre	$\mu_(\|$	0,0123000371

Algunos factores de conversión de interés práctico

1 año luz	= 0,9461 10^{16} m $\simeq$ 10^{16} m $\simeq$ 0,3 pc (parsec)
1 día luz	= 173,145 ua
1 hora luz	$\simeq$ 7,21 ua
c	= 300 MHz m = 300 GHz mm = 300 THz μm
1 km s^{-1}	$\simeq$ 1 pc / millón de años
1 ua / año	= 4,740470 km s^{-1}
1 ua / día	= 1731,457 km s^{-1}
$\mathcal{M}_\odot/\mathcal{L}_\odot$	$\simeq$ 0,52 s^3 cm^{-2} (unidades cgs)
	$\simeq$ 5200 kg W^{-1} (unidades SI)
1 $\mathcal{M}_\odot$ pc^{-3}	$\simeq$ 40 átomos de H por cm^3
1 Jy (Jansky)	= 10^{-26} W m^{-2} Hz^{-1} = 10^{-23} erg cm^{-2}

Prefijos del Sistema Internacional de Unidades

Prefijos para la expresión de factores decimales

factor	prefijo	símbolo	factor	prefijo	símbolo
10^{1}	deca	da	10^{-1}	deci	d
10^{2}	hecto	h	10^{-2}	centi	c
10^{3}	kilo	k	10^{-3}	mili	m
10^{6}	mega	M	10^{-6}	micro	μ
10^{9}	giga	G	10^{-9}	nano	n
10^{12}	tera	T	10^{-12}	pico	p
10^{15}	peta	P	10^{-15}	femto	f
10^{18}	exa	E	10^{-18}	atto	a
10^{21}	zetta	Z	10^{-21}	zepto	z
10^{24}	yotta	Y	10^{-24}	yocto	y

Estos prefijos han sido establecidos por la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM) en cuatro resoluciones adoptadas entre 1960 y 1991.

Interpolación

Muchas de las tablas del ANUARIO contienen listas de valores correspondientes a distintas magnitudes físicas (posición, brillo, ...) dados para instantes de tiempo sucesivos, siendo *constante el intervalo entre instantes sucesivos* en una misma tabla (1 o 10 días). Por medio de la **interpolación** es posible determinar los valores de tales magnitudes para instantes intermedios a los que aparecen en la tabla. La complejidad con que hay que llevar a cabo la interpolación depende de la precisión que se desee alcanzar, la cual también viene limitada por la precisión de los valores que figuran en la tabla. Posiblemente el caso más difícil de tratar sea el del movimiento de la Luna, dado que la magnitud y la complejidad de dicho movimiento impiden su representación de una manera sencilla.

Consideremos el problema de determinar el valor de una magnitud física V para un instante T a partir de los que figuran en una tabla. Llamemos T_0 al instante de tiempo más próximo a T; el valor de la magnitud en T_0 viene dado en la tabla y lo llamaremos V_0. A los instantes anteriores que figuran en la tabla los llamaremos $T_{-1}, T_{-2}, \ldots$ y a los posteriores $T_1, T_2, \ldots$. Es decir, en la tabla tenemos una distribución como:

$$\begin{array}{c} T_{-2}\ V_{-2} \\ T_{-1}\ V_{-1} \\ T_0\ V_0 \\ T_1\ V_1 \\ T_2\ V_2 \end{array}$$

Denominemos p a la cantidad:

$$p = \frac{T - T_0}{T_1 - T_0}$$

Si hemos escogido T_0 como el valor, en la tabla, más próximo al que nos interesa, T, entonces el valor de p estará entre: $-0{,}5 < p < 0{,}5$.

Una primera aproximación al valor de la magnitud V para el instante T viene dada por (1er grado):

$$V = V_0 + \frac{p}{2}(V_1 - V_{-1})$$

Si el valor de: $V_1 - 2V_0 + V_{-1}$ es aproximadamente nulo, para la precisión requerida por nosotros o para la precisión suministrada por la tabla, podemos dar la interpolación por terminada. En caso contrario, hay que añadir otro término a la expresión anterior (2do grado):

$$V = V_0 + \frac{p}{2}(V_1 - V_{-1}) + \frac{p^2}{2}(V_1 - 2V_0 + V_{-1})$$

Si el valor de: $(V_2 - 2V_1 + 2V_{-1} - V_{-2})/30$ es aproximadamente nulo, para la precisión requerida o suministrada, la interpolación ha acabado. En la mayor parte de casos, la interpolación se podrá dar por terminada en este punto.

En caso contrario, hay que añadir otro término más (3er grado):

$$V = V_0 + \frac{p}{2}(V_1 - V_{-1}) + \frac{p^2}{2}(V_1 - 2V_0 + V_{-1}) + \frac{p(p^2-1)}{12}(V_2 - 2V_1 + 2V_{-1} - V_{-2})$$

Si el valor de: $(V_2 - 4V_1 + 6V_0 - 4V_{-1} + V_{-2})/100$ es aproximadamente nulo, para la precisión requerida o suministrada, la interpolación ha acabado. En caso contrario, hay que añadir al menos otro término más (4to grado):

$$V = V_0 + \frac{p}{2}(V_1 - V_{-1}) + \frac{p^2}{2}(V_1 - 2V_0 + V_{-1}) + \frac{p(p^2-1)}{12}(V_2 - 2V_1 + 2V_{-1} - V_{-2}) + \frac{p^2(p^2-1)}{24}(V_2 - 4V_1 + 6V_0 - 4V_{-1} + V_{-2})$$

Ejemplo: Deseamos determinar la ascensión recta de la Luna a las 3^{h} TU del día 12 de enero de 2019. De la tabla correspondiente al mes obtenemos los valores:

T_{-2}:	10 de enero	$V_{-2} = 22^{\mathrm{h}}{,}34797$
T_{-1}:	11 de enero	$V_{-1} = 23^{\mathrm{h}}{,}11370$
T_0:	12 de enero	$V_0 = 23^{\mathrm{h}}{,}86658$
T_1:	13 de enero	$V_1 = 24^{\mathrm{h}}{,}61772$
T_2:	14 de enero	$V_2 = 25^{\mathrm{h}}{,}38017$

Obsérvese que en la tabla anterior hemos transformado los valores de la ascensión recta de la notación sexagesimal a la decimal, limitando el número de decimales al dado por la precisión en que viene dada la tabla ($0^{\mathrm{s}}{,}1 = 0^{\mathrm{h}}{,}00003$). Esta es la precisión con que podemos obtener la ascensión recta deseada, en el mejor de los casos. Obsérvese, además, que para evitar una discontinuidad al pasar de 24^{h} a 0^{h} hemos mantenido el sentido creciente de los valores de la ascención recta añadiendo 24^{h} cuando ha sido necesario. En este ejemplo: $p = 3^{\mathrm{h}}0^{\mathrm{m}}/24^{\mathrm{h}} = 0{,}12500$. Siguiendo los pasos anteriores, obtenemos los siguientes valores:

$$V = V_0 + \frac{p}{2}(V_1 - V_{-1}) = 23{,}96058$$

Dado que $|V_1 - 2V_0 + V_{-1}| = 0{,}00174 \geq 0{,}00003$, añadimos otro término:

$$V = 23{,}96058 + \frac{p^2}{2}(V_1 - 2V_0 + V_{-1}) = 23{,}96057$$

Dado que $|V_2 - 2V_1 + 2V_{-1} - V_{-2}|/30 = 0{,}00081 \geq 0{,}00003$, añadimos otro término:

$$V = 23{,}96057 + \frac{p(p^2-1)}{12}(V_2 - 2V_1 + 2V_{-1} - V_{-2}) = 23{,}96032$$

Dado que $|V_2 - 4V_1 + 6V_0 - 4V_{-1} + V_{-2}|/100 = 0{,}00002 \leq 0{,}00003$, no hace falta añadir ningún término más, resultando:

$$V = 23^{\mathrm{h}}57^{\mathrm{m}}37^{\mathrm{s}}{,}2$$

El valor que se obtiene a partir de las efemérides del JPL es: $23^{\mathrm{h}}57^{\mathrm{m}}37^{\mathrm{s}}{,}16$, valor que concuerda con el antes calculado.

Interpolación inversa

Es posible determinar de manera parecida el instante T para el que se da un cierto valor V a partir de los valores que figuran en una tabla de valores equiespaciados. Sea V_0 el valor más cercano a V, correspondiente a un tiempo T_0. Una primera aproximación a la cantidad p que corresponderá al valor V viene dada por:

$$p = 2\,\frac{V - V_0}{V_1 - V_{-1}}$$

Utilizando este valor en la fórmula de interpolación calculamos un valor V_{calc} próximo a V:

$$V_{calc} = V_0 + \frac{p}{2}(V_1 - V_{-1}) + \frac{p^2}{2}(V_1 - 2V_0 + V_{-1}) + \frac{p(p^2-1)}{12}(V_2 - 2V_1 + 2V_{-1} - V_{-2})$$

Si este valor no coincide con el valor buscado V deberemos aplicar una corrección Δp al valor usado de p, que se calcula mediante:

$$\Delta p = 2\,\frac{V - V_{calc}}{V_1 - V_{-1}}$$

Con el nuevo valor de $p = p_{anterior} + \Delta p$ calculamos un nuevo valor V_{calc}, que debe ser más aproximado al V deseado. Si aún no coinciden, hay que repetir el proceso tantas veces como sea necesario para la precisión que se desee.

Cuando se dispone del valor de p, el instante de tiempo T se obtiene mediante:

$$T = T_0 + p\,(T_1 - T_0)$$

Ejemplo: Deseamos determinar a qué hora del día 12 de enero de 2019 la ascensión recta de la Luna es exactamente $0^{\mathrm{h}}00^{\mathrm{m}}00^{\mathrm{s}}$. Ello corresponde a determinar el instante T para el que, en la notación anterior, $V = 24{,}0000$. Primera iteración:

$$p = 2\,\frac{V - V_0}{V_1 - V_{-1}} = 0{,}1774$$

instante al que le corresponde un valor calculado: $V_{calc} = 23{,}99961$. La corrección a aplicar a p es:

$$\Delta p = 2\,\frac{V - V_{calc}}{V_1 - V_{-1}} = 0{,}0005$$

Al nuevo valor $p = 0{,}1779$ le corresponde $V_{calc} = 23{,}99999$, valor que consideramos suficientemente aproximado, pues su discrepancia con el valor buscado es menor o similar a $0^{\mathrm{s}}{,}1 = 0^{\mathrm{h}}{,}00002$. El instante de tiempo buscado es:

$$T = T_0 + p\,(T_1 - T_0) = 0^{\mathrm{h}} + 0{,}3798 \times 24^{\mathrm{h}} = 4^{\mathrm{h}}{,}270$$

o sea, las $4^{\mathrm{h}}16^{\mathrm{m}}{,}2$ del día 12 de enero de 2019. El instante calculado a partir de las efemérides es: $4^{\mathrm{h}}16^{\mathrm{m}}12^{\mathrm{s}}$.

Moléculas detectadas en el medio interestelar y el circumestelar

Moléculas con hidrógeno

H_2	H_3^+	HD	H_2D^+
HD_2^+			

Moléculas con solo hidrógeno y carbono

C_2	C_3	C_5	CH^+
CH	C_2H	C_3H	C_4H
C_5H	C_6H	C_7H	C_8H
CH_3C_2H	CH_3C_4H	CH_2	CH_4
C_2H_2	C_2H_4	$[C_3H_2]$	H_2C_3
H_2C_4	$[C_3H]$	H_2C_6	C_3H_6
$[C_6H_6]$	CH_3	HC_4H	HC_6H
CH_3C_6H	C_6H^-	C_4H^-	C_8H^-
C_3H^+	$C_{14}H_{10}^+$?		

Moléculas con oxígeno, hidrógeno y/o carbono

CO	CO^+	C_3O	C_2O
O_2	OH	H_2O	H_3O^+
HCO	HCO^+	HOC^+	$HOCO^+$
H_2CO	CH_3OH	CH_3CHO	CH_3COOH
CH_3OCH_3	$HCOOCH_3$	HC_2CHO	CH_3CH_2OH
HCOOH	$(CH_3)_2CO$	H_2C_2O	CO_2
H_2COH^+	$[C_2H_4O]$	CH_2OHCHO	H_2CCHOH
CH_3CH_2CHO	CH_2CHCHO ?	$(CH_2OH)_2$	$[H_2C_3O]$
$C_2H_5OCH_3$?	C_2H_5OCHO	CH_3OCOCH_3	CH_3O
OH^+	H_2O^+	HO_2	H_2O_2
HCCO	CH_3CHCH_2O	HC_5O	HC_7O
CH_3OCH_2OH			

Moléculas con nitrógeno, hidrógeno y/o carbono

CN	C_3N	HC_3NH^+	HCCN
HCN	HC_3N	HC_2NC	HNC_3
HC_5N	HC_7N	HC_9N	HNC
H_2CN	NH	NH_3	N_2H^+
CH_3CN	CH_3NC	CH_3C_5N	$HCNH^+$
NH_2CN	CH_2CN	CH_2NH	CH_3NH_2
CH_3CH_2CN	CH_2CHCN	CH_3C_3N	NH_2
C_5N	HC_4N	CH_2CCHCN	H_2CCNH ?
H_2CCN	H_2NCH_2CN	C_3N^-	C_5N^-
HNCNH	HNCHCN	CH_3CHNH	CN^-
NH_4^+	C_3H_7CN	C_2N	CCN ?
$NCCNH^+$	$[C_6H_5]CN$		

Moléculas con nitrógeno y oxígeno

NO	N_2O	HNO	HNCO
NH_2CHO	CH_3CONH_2	HCNO	HOCN
HCOCN	H_2NCO^+	NO^+ ?	CH_3NCO
CH_3NHCHO ?	NCO		

Moléculas con azufre, silicio o fósforo

SO	SO_2	NS	H_2S
OCS	HCS^+	CS	C_2S
C_3S	SO^+	H_2CS	HNCS
CH_3SH	PN	CP	SiC
SiO	$[SiC_2]$	SiS	SiN
SiH_4	SiC_4	SH	SiCN
$[SiC_3]$	SiH ?	PO	HCP
SiNC	CCP	HSCN	PH_3
SH^+	CH_3CH_2SH ?	C_5S ?	NCCP ?
SiH_3CN	Si_2C	CH_3SiH_3	HS_2
NS^+	HCS	HSC	

Moléculas "metálicas"

HCl	NaCl	KCl	AlCl
AlF	NaCN	MgNC	MgCN
HF	FeO ?	CF^+	AlNC
AlO	AlOH	HCl^+	H_2Cl^+
TiO	KCN	FeCN	TiO_2
HMgNC	ArH^+	MgCCH ?	

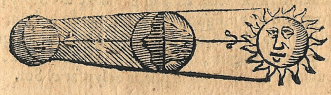
Fulerenos

C_{60}	C_{70}	C_{60}^+

Tabla actualizada a junio 2018. En ella hay 213 especies moleculares, incluidas 10 detectadas tentativamente, lo que se indica con un interrogante. De las numerosas variedades isotópicas detectadas (HDO, DCO+, DCN, etc.), solo se indican los isotopólogos de las moléculas de hidrógeno. Las moléculas entre corchetes son cíclicas.

ARTICULOS DE DIVULGACION

DEMOSTRACION DEL ECLYPSE de la Luna.



El eclypſe del Sol ſe haze quando el Sol, y la Luna ſe juntan en la cabeça, o cola del dragon, y entóces como la Luna es cuerpo opaco, ſe pone entre el Sol, y la tierra, y con ſu cuerpo le cubre de manera, que priua al mundo de ſu luz, y lo dexa en ſombra: y tanto es mayor el eclypſe, y de mas cantidad, quanto mas llegados ſe hallan los luminares a la cabeça, o cola del dragon: y aſsi, que no puede ſer eclypſe de Luna, ſin ſer opoſicion, o Luna llena, ni eclypſe de Sol, ſin ſer conjuncion de Luna: empero como dicho es, ha de ſer eſtando en la cabeça, o cola del dragon, porque muchas vezes ſucederà conjuncion, y opoſicion, y no auer eclypſe, porque ni la Luna, ni el Sol eſtarã en la cabeça, o cola del dragon; porque ſe ha de notar, que ay opoſicion que ſe dize perfecta, y imperfecta, y lo miſmo en la conjuncion perfecta, y imperfecta. Perfecta opoſicion es, quando ſe hallan el Sol, y la Luna opueſtos, eſtando el vno en la cabeça, y el otro en la cola del dragon, porque entonces eſtan opueſtos el Sol, y la Luna linealmente en tanto grado, que ſacada vna linea del vno al otro, paſſaria por el centro del mundo, y en eſta opoſicion de neceſſidad ha de auer eclypſe de Luna.

Eclypſe del Sol.

Luna cubre la luz del Sol.



Demoſtracion del eclypſe del Sol.

Opoſicion perfecta.

Opoſicion imperfecta ſe dize, quando la Luna diſta del Sol la mitad de la eſfera, que ſon ciento y ochenta grados, mas no que eſtè la Luna en la eclyptica, cabeça, o cola del dragon, ſino en latitud Septentrional, o Meridional del Zodiaco en el cuerpo del dragon, la qual ſe haze cada mes lunar, ſin que aya eclypſe en ella.

Opoſicion imperfecta.

ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN

Astronomía y literatura

por *Miguel Santander*

Las ondas gravitacionales, mensajeras de un universo oculto

por *Rafael Bachiller*

ASTRONOMÍA Y LITERATURA

Miguel Santander

Observatorio Astronómico Nacional
Instituto Geográfico Nacional - Ministerio de Fomento

Introducción

La astronomía es, sin lugar a dudas, la rama del saber más antigua de todas. Con muchos miles de años a sus espaldas, el conocimiento del firmamento ha permeado a todos los grupos humanos, desde las tribus paleolíticas de cazadores-recolectores que lo usaban para orientarse en la noche, hasta las modernas sociedades de agricultores que necesitaban (y necesitan) un registro adecuado del paso del tiempo y de las estaciones para llevar a buen término sus cosechas. Y, por encima de todo, el cielo estrellado ha servido a los humanos de lienzo en blanco sobre el que explicar su realidad y narrar sus historias mucho tiempo antes de que alguien hiciera las primeras muescas en una tablilla de arcilla, dando origen a la escritura.

La astronomía es tan antigüa, y ha estado siempre tan ligada a nosotros, que no es de extrañar que se haya visto plasmada en todo tipo de disciplinas y manifestaciones artísticas a lo largo de nuestra historia. Una mirada lo bastante amplia a la literatura en prosa nos revela un sinfín de ejemplos de cómo se ha representado no solo la fascinación por los cielos, sino también la mentalidad y los conocimientos astronómicos propios de cada época. A lo largo de este artículo realizaremos un recorrido a grandes rasgos cronológico por una serie (muy incompleta) de ejemplos literarios de diferentes fenómenos astronómicos, desde que aprendimos a leer el cielo, en los albores de la civilización, hasta el lugar adonde la curiosidad y el conocimiento sean capaces de llevarnos.

El Sol y la ficción en los albores de la Historia

El primer ejemplo que nos ocupa es también la narración escrita más antigua que se conoce, *la Epopeya de Gilgamesh*. Grabada por manos sumerias hace nada más y nada menos que 4.500 años, este poema de reyes y dioses y luchas furiosas y épicas nos habla de uno de los miedos que nos acompañan desde que aprendimos a mirarnos a nosotros mismos, y que no es otro que el miedo a la propia muerte. Adornan el poema unas cuantas pinceladas de la sociedad de la época que dan cuenta de que, además de inventar el torno, la rueda, la escritura, las matemáticas, las clases sociales (¡y hasta la cerveza!), los antiguos sumerios poseían también conocimientos de astronomía:

> «—Padre mío, ¡hazme el Toro del Cielo para que castigue a Gilgamesh,... Si tú no me haces el Toro del Cielo, quebraré las puertas del mundo inferior,... levantaré los muertos roídos y vivos ¡para que los muertos superen a los vivos!
>
> Anu cede a los reclamos; el Toro del Cielo baja a la Tierra y mata centenares de hombres con sus dos primeros resoplidos. Con su tercer resoplido salta sobre Enkidu, que lo detiene asiéndolo por los cuernos, e hincando Gilgamesh su espada entre el cuello y las astas le da muerte.
>
> Cuando hubieron matado al Toro, arrancaron su corazón, colocándolo ante Shamash. Retrocedieron y rindieron homenaje a Shamash.»
>
> Epopeya de Gilgamesh, c. 2500 a.C.

Shamash (Utu en el original sumerio), el destinatario de la ofrenda, es el dios del Sol y el hermano gemelo de Ishtar (Inanna en el original sumerio), diosa que, rechazada en sus insinuaciones sexuales por Gilgamesh, reclama un duro castigo para él. No es en absoluto descabellado interpretar este fragmento en clave astronómica: el Toro del Cielo se refiere con toda probabilidad a la constelación de Tauro. Gilgamesh podría ser el Cazador, Orión (situada frente a Tauro en el firmamento), y la ofrenda del corazón del Toro al Sol bien podría simbolizar la llegada de nuestra estrella a la región de Tauro, que en tiempos de los sumerios marcaba la importante festividad del Año Nuevo, en el equinoccio de primavera (efeméride que hoy sucede al paso del Sol por Piscis, debido al fenómeno de precesión de los equinoccios, que tiene un periodo de unos 26.000 años).

Consideraciones astronómicas aparte, este fragmento tiene una especial relevancia en la epopeya: poco después, Enkidu, primero rival y luego amigo inseparable de Gilgamesh, caerá presa de una enfermedad que

acabará con su vida. Lleno de pesar por su muerte, Gilgamesh reparará entonces en su propia mortalidad y en la angustia de no poder escapar de ella. Y se embarcará en un viaje desesperado a la búsqueda de Utnapishtim el inmortal (Ziusudra en el original sumerio), quien sobreviviera al diluvio y en cuya figura se basó probablemente la del Noé bíblico.



Figura 1: Tablilla sobre el diluvio de la epopeya de Gilgamesh, escrita en acadio y conservada en el Museo Británico. Fotografía de Mike Peel.

La Luna

Nuestro satélite ha sido otra fuente inagotable de inspiración literaria. Son muchos los autores que nos han llevado a la Luna en sus obras. El primero del que tenemos constancia es Luciano de Samosata, escritor griego originario de Egipto, quien en el s. II escribió *Una historia verdadera*, en la que narra el improbable y fantástico viaje de unos marinos a la Luna, viento mediante. Y de paso hace parodia de historiadores y filósofos, a quienes desdeñaba, como puede deducirse de las palabras que encabezan la obra, explicitando que se trata de una ficción: «[...] me orienté a la ficción, pero mucho más honradamente que mis predecesores, pues al

menos diré una verdad al confesar que miento». Y habla luego, de nuevo, de esos mismos filósofos, en boca de la propia Luna de la siguiente manera:

> «...algunos [filósofos] dicen que estoy habitada, otros que estoy suspendida sobre el mar como un espejo, y otros dicen cualquier cosa que se les pase por la imaginación. Recientemente, incluso han declarado que mi luz es robada e ilícita, ya que proviene del Sol.»
>
> Una historia verdadera
> Luciano de Samosata, s. II

Un viaje muy diferente a la Luna, y uno mucho menos conocido, es el que narra el astrónomo Johannes Kepler en su única incursión en la literatura de ficción con el cuento *Somnium*. Concebido hacia 1608, describe cómo se vería la Tierra desde la Luna según el modelo Copernicano del Sistema Solar, del cual era un firme convencido. Y lo hace de un modo que hoy no dudaríamos en calificar de ciencia-ficción dura (aquella que trata de ser rigurosa con el conocimiento científico/técnico del momento): los días en la Luna duran alrededor de dos semanas, por lo que las diferencias de temperatura entre la cara iluminada y la oscura son extremas (unos 270° C, tal y como sabemos hoy en día):

> «El Sol se mueve lentamente entre las estrellas fijas y no hay vientos. Así, el calor se hace intolerable [...] quince veces más que en nuestra África, y el frío, insoportable.»
>
> Somnium
> Johannes Kepler, c. 1609

Kepler imagina un ecosistema en movimiento constante, con corrientes de agua que transportan la vida lejos del calor y del frío extremos, tal y como atestigua el protagonista de este viaje increíble. Mención aparte merecen los artificios que Kepler usa para protegerse del largo brazo de la Inquisición, que poco después incluiría las teorías de Copérnico y las suyas propias en el Índice de Libros Prohibidos: al comienzo de la narración cae presa de un sueño en el que repara en un extraño libro de su biblioteca, donde se narra la historia de un joven, Duracotus, cuya madre, curandera y herbalista, lo envía a trabajar con el gran astrónomo Tycho Brahe, para terminar viajando, a lomos de una especie de espíritu, hasta nuestro satélite. Las similitudes entre Duracotus y el propio Kepler, que trabajó con Tycho y cuya madre fue acusada de brujería, son tan estrechas que no cabe duda alguna de que uno es un trasunto del otro.



Figura 2: Portada de la edición en inglés de *Historia cómica de los estados e imperios de la Luna* de Cyrano Bergerac.

Y de la aproximación seria y rigurosa de Kepler pasamos a la sátira más ácida y desenfadada de nuestro último ejemplo, el de la *Historia cómica de los estados e imperios de la Luna*, de Cyrano de Bergerac. Aquí, el decorado de la obra es una mera excusa para no dejar títere con cabeza. Y es que, para los selenitas, nuestra Tierra es la Luna, como defiende en vano el narrador al principio de la obra, cuando sus amigos y él disfrutan de una agradable velada, comiendo, bebiendo y contemplando nuestro satélite:

> «—Y yo —dije—, que deseo mezclar mis entusiasmos con los vuestros [...], creo que la Luna es un mundo como éste al que el nuestro sirve de luna.
>
> Mis compañeros soltaron grandes carcajadas [...] En vano alegué que Pitágoras, Epicuro, Demócrito y, en nuestra época, Copérnico y Kepler eran de este parecer; solo conseguí que se troncharan de risa.»
>
> Historia cómica de los estados e imperios de la Luna
> Cyrano de Bergerac, 1657

A lo largo de la obra, en la que el protagonista visita exhaustivamente la sociedad selenita, Cyrano viene a decir que somos nosotros, quizás, los auténticos lunáticos, y para demostrarlo, le da la vuelta a todo, desde la sexualidad y los ritos funerarios, hasta las instituciones sociales, el ejército y la religión. Pues nada hay para darse cuenta de los propios absurdos, como contemplarse en un espejo adecuado, en este caso el que proporciona la propia Luna.

El conocimiento y la influencia de los astros

En sus comienzos, Astronomía y Astrología se hallaban íntimamente ligadas, tanto que los términos eran totalmente intercambiables. O casi, pues escarbando lo suficiente, se distinguía entre «Astronomía Natural», la que daba cuenta del movimiento de los astros, y «Astronomía Judiciaria», la que hablaba del horóscopo y el destino basándose en la superstición. Lo cierto es que muchos astrónomos fundamentales en la historia del pensamiento científico (Kepler, Tycho Brahe y Galileo, por ejemplo) dedicaron largas horas a realizar estudios astrológicos. No fue hasta los siglos XVII y XVIII cuando ambas disciplinas experimentaron una clara divergencia, tanto en capacidad predictiva como en relevancia, hasta el punto de que una de ellas ha quedado relegada a mera curiosidad en las páginas de los periódicos y en las consultas de personajes estrafalarios.

Cabe preguntarse, no obstante, cuál era la actitud respecto a la influencia de los astros, tanto en la calle como en las mentes de los autores más relevantes del s. XVII. A este respecto cabe destacar el siguiente fragmento de *El Rey Lear*, de William Shakespeare:

> «¡He aquí la excelente estupidez del mundo; que, cuando nos hallamos a mal con la Fortuna, lo cual acontece con frecuencia por nuestra propia falta, hacemos culpables de nuestras desgracias al sol, a la luna y a las estrellas; como si fuésemos villanos por necesidad, locos por compulsión celeste; pícaros, ladrones y traidores por el predominio de las esferas; beodos, embusteros y adúlteros por la obediencia forzosa al influjo planetario, y como si siempre que somos malvados fuese por empeño de la voluntad divina! ¡Admirable subterfugio del hombre putañero, cargar a cuenta de un astro su caprina condición! Mi padre se unió con mi madre bajo la cola del Dragón y la Osa Mayor presidió mi nacimiento; de lo que se sigue que yo sea taimado y lujurioso. ¡Bah! Hubiera sido lo que soy, aunque la estrella más virginal hubiese parpadeado en el firmamento cuando me bastardearon.»
>
> El Rey Lear

William Shakespeare, 1606

Por muy tentador que sea a tenor de tan sabias palabras, sería injusto decir que Shakespeare era de talante «racionalista» en cuanto al destino. Después de todo, quien así habla es Edmundo, el hijo bastardo y amoral del conde de Gloucester, y a la sazón villano de la obra. Personajes menos malvados (y con los que el público se identificaría mejor) creen en cambio en la influencia de los astros en nuestro destino. Tal como revela el propio conde de Gloucester, poco antes, al decirle a su hijo bastardo: «Los recientes eclipses de sol y de luna no nos auguran nada bueno. Aunque la razón natural lo explique de uno u otro modo, el afecto sufre las consecuencias: el cariño se enfría, la amistad se quebranta, los hermanos se desunen». Que es justamente lo que ocurre al final de la obra.

Shakespeare quizá no, pero quien sin duda sí era bien consciente de la importancia de las ciencias y el conocimiento era su contemporáneo Cervantes, quien deja clara su opinión al respecto en la segunda parte de *Don Quijote de la Mancha*, poniéndola en boca de su caballero andante en varias ocasiones, en una obra en la que la Astronomía se halla muy bien representada. Por ejemplo:

> «[...] porque cierto está que este mono no es astrólogo, ni su amo ni él alzan ni saben alzar estas figuras que llaman «judiciarias», que tanto ahora se usan en España, que no hay mujercilla, ni paje, ni zapatero de viejo que no presuma de alzar una figura, como si fuera una sota de naipes del suelo, echando a perder con sus mentiras e ignorancias la verdad maravillosa de la ciencia.»

> «El caballero andante [...] ha de ser astrólogo, para conocer por las estrellas cuántas horas son pasadas de la noche y en qué parte y en qué clima del mundo se halla; ha de saber las matemáticas, porque a cada paso se le ofrecerá tener necesidad dellas.»

Don Quijote de la Mancha (2ª parte)
Miguel de Cervantes Saavedra, 1615

Cabe muy poca duda de que, si Miguel de Cervantes hubiera escrito *Don Quijote* en nuestros días en lugar de hacerlo cuatro siglos atrás, el ingenioso hidalgo habría mirado a su alrededor y se habría reafirmado en sus palabras, cada vez más ciertas en un mundo que cambia a velocidad

vertiginosa. Y se habría alegrado de que, desde 2015 y gracias a una inciativa del Planetario de Pamplona, la Sociedad Española de Astronomía y el Instituto Cervantes, el nombre oficial de la estrella μ Arae, a cincuenta años-luz del Sol, sea Cervantes, y el de sus cuatro planetas confirmados sean Dulcinea, Rocinante, Quijote y Sancho (Shakespeare, en cambio, ya se hallaba inmortalizado a través de varios de sus personajes que dan nombre a un puñado de lunas de Urano, como Titania, Oberón, Miranda o Ariel).



Figura 3: Imagen de Almudena M. Castro para la campaña dirigida a que la estrella μ Arae se rebautizara como Estrella Cervantes.

Los eclipses

Los eclipses de sol y de luna, capaces de subvertir por unas horas el orden «natural» de luz y oscuridad, nos han fascinado desde siempre (y también atemorizado, hasta que aprendimos lo que eran y a predecirlos). Esa fascinación se ha llevado en multitud de ocasiones a la literatura. Hay muchos ejemplos de obras en las que el conocimiento previo de que un eclipse de Sol tendría lugar supone una ventaja definitiva para los protagonistas. El de *Un yanki en la corte del Rey Arturo*, de Mark Twain, se salva de ser quemado vivo por por sus captores bretones gracias a que «predice» un eclipse total de sol en el año 528 de nuestra era. En *Faraón*,

de Bolesław Prus, el alto sacerdote de Amon y principal rival de Ramsés, Herhor, usa a su favor un eclipse de sol en el clímax de la novela. Y en *El secreto de la montaña*, de Enid Blyton, un grupo de niños y un adulto escapan de la tribu africana que los tenía capturados cuando amenazan con matar al Sol, gracias a que sabían cuándo tendría lugar un eclipse.

Por fantástico que suene este recurso literario a nuestros ojos modernos, lo cierto es que hay indicios de que se ha utilizado al menos una vez en la vida real, por parte de Cristobal Colón. Al parecer, durante su cuarto viaje, la expedición que comandaba quedó varada durante meses en Jamaica. Tras intentar en vano apelar a Nicolás de Ovando, gobernador de Española, a donde lograron llegar unos pocos mensajeros, Colón no tuvo más remedio que volverse hacia la tribu de los arahuacos en busca de víveres. Al negarles estos todo auxilio, el navegante genovés aprovechó la proximidad de un eclipse de luna, el 29 de febrero de 1504, del que sabía gracias a que llevaba consigo el *Almanach Perpetuum*, de Abraham Zacuco. De modo que se reunió con los nativos y les hizo saber que, de no prestarles auxilio, el dios cristiano borraría la Luna del cielo aquella misma noche. Los arahuacos habrían visto multitud de eclipses (que probablemente reverenciarían cada vez que tenían lugar), pero ni se les pasaba por la cabeza que alguien pudiese llegar a predecirlos. Así que no creyeron las palabras de Colón... hasta que el eclipse tuvo lugar y el miedo les impelió a ayudarle.

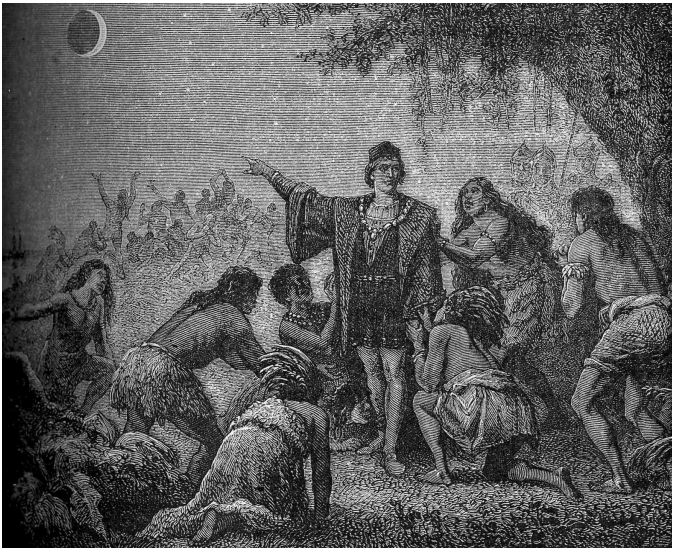


Figura 4: Cristobal Colón aprovecha un eclipse de luna para obtener la ayuda de los arahuacos. Grabado de Camille Flammarion.

En cualquier caso y volviendo de esta disgresión, no podemos terminar esta sección sin citar la obra literaria que lleva los eclipses a su máximo exponente: el relato *Anochecer*, de Isaac Asimov, publicado en 1941, y votado por miembros de la Asociación Americana de Escritores de Ciencia Ficción y Fantasía como el mejor relato corto publicado antes de la creación de los premios Nebula (junto con el premio Hugo, el más prestigioso del sector). Asimov imagina una sociedad en un planeta que orbita seis soles, ubicado en el interior de un cúmulo globular, donde cientos de miles o millones de estrellas se hallan arracimadas en una pequeña región del espacio. Un planeta con seis soles no conocería la oscuridad de la noche ni sabría lo que son las estrellas... salvo cuando, debido a una alineación adecuada, se produjera un eclipse total, cosa que en el relato ocurre una vez cada 2059 años, provocando el miedo, la locura y el colapso de la civilización, cada vez.

> «—Ni más ni menos —respondió el psicólogo–. El principio del eclipse comenzará dentro de tres cuartos de hora. Primero el eclipse, luego la Tiniebla universal y, quizás, esas misteriosas Estrellas… después la locura y el final del ciclo.»
>
> Anochecer
> Isaac Asimov, 1941

El Real Observatorio

La sede histórica del Observatorio Astronómico Nacional, en el Parque de El Retiro, también está presente en alguna que otra obra literaria, como es el caso de los *Episodios Nacionales* de Benito Pérez Galdós, donde hace una breve aparición en el Madrid de 1821:

> «Más tarde pasó por la parte baja de la calle de Atocha. Detúvose de repente porque un objeto lejano llamó su atención: era el Observatorio astronómico. Singular trastorno debió de producir en las ideas del joven la vista del hermoso edificio, porque apresuró el paso como quien huye de un fantasma temible.»
>
> Episodios Nacionales. El Grande Oriente
> Benito Pérez Galdós, 1876

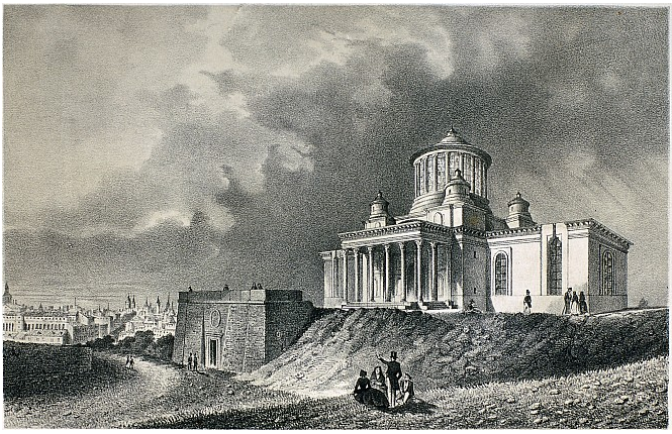


Figura 5: Grabado del s. XIX del Real Observatorio, cuya fachada mira hacia Atocha, desde donde se podía subir por una empinada cuesta.

En otra novela, *El doctor Centeno*, el mismo Galdós describe la subida al Observatorio desde Atocha (hoy día impracticable) como «empinada», «a trozos escalera, a trozos mal empedrada y herbosa senda». Allí trabaja uno de los protagonistas, Federico Ruiz, músico que consiguió una plaza en el observatorio y que sirve a Galdós para hacer una ácida radiografía de la España de la época.

> «Concluida la observación, Ruiz echó la llave a la sala de la ecuatorial y bajó a su habitación. Miquis y Cienfuegos le oyeron leer su comedia, y la encontraron muy buena, como pasa siempre en estas lecturas de familia. Parecerá extraño que un astrónomo haga comedias; pero ya se sabe que aquí servimos para todo. ¿No fue director del Observatorio un célebre poeta? Anda con Dios, que por algo son hermanas las Musas. Ruiz tenía imaginación, y volvía sus ojos, cansados de escudriñar el Cielo, hacia el aparatoso arte del teatro, único que da fama y provecho. Creía él que se puede sobresalir igualmente en labores tan distintas; su espíritu fluctuaba entre el Arte y la Ciencia, víctima de esa perplejidad puramente española, cuyo origen hay que buscar en las condiciones indecisas de nuestro organismo social, que es un organismo vacilante y como interino. El escaso sueldo, la inseguridad, el poco estímulo, entibiaban el ardor científico de Federico Ruiz. ¿Para qué se metía a descubrir asteroides, si nadie se lo había de agradecer como no fuera el asteroide mismo?... España es

> un país de romance. Todo sale conforme a la savia versificante que corre por las venas del cuerpo social. Se pone un hombre a cualquier trabajo duro y prosaico, y sin saber cómo, le sale una comedia.»
>
> El doctor Centeno
> Benito Pérez Galdós, 1883

El nacimiento de la cosmología

Edgar Allan Poe es mundialmente conocido por sus cuentos de misterio y terror, así como por ser una prominente figura del Romanticismo del s. XIX en el mundo anglosajón. Sin embargo, su última gran obra, *Eureka*, una extraña y curiosa disertación sobre el Universo en forma de ensayo, ha pasado casi desapercibida para el gran público. Poe, según su biógrafo Hervey Allen, amaba las estrellas desde pequeño y seguía con entusiasmo las frecuentes noticias del progreso de la Astronomía. Las obras de Kepler, Laplace o Newton no le eran en absoluto desconocidas.

En *Eureka*, Poe se lanza a enunciar una nueva cosmología con intenciones más artísticas que científicas (como él mismo argumenta, es una poesía en forma de prosa que dedica «a aquellos que sienten, más que a los que piensan»). En ella se atreve a imaginar, por primera, vez un Universo dinámico que se expande, en lugar de uno estático que siempre había estado ahí funcionando como el complejo ingenio de un relojero, tal y como asumía la comunidad científica de la época al completo. Lo que, entre otras cosas, le sirve para aportar una solución a la conocida como paradoja de Olbers: si el Universo es infinito, la acumulación de infinitas estrellas en cada punto del cielo debería resultar en un cielo nocturno permanente y completamente iluminado, cosa que no sucede. ¿Cómo explicarlo?

> «Si la sucesión de estrellas fuera infinita, el fondo del cielo nos presentaría una luminosidad uniforme, como la desplegada por la Galaxia, pues no podría haber en todo ese fondo ningún punto en el cual no existiera una estrella. En tal estado de cosas, la única manera de comprender los vacíos que nuestros telescopios encuentran en innumerables direcciones sería suponiendo tan inmensa la distancia entre el fondo invisible y nosotros, que ningún rayo de éste hubiera podido alcanzarnos todavía.»
>
> Eureka
> Edgar Allan Poe, 1847

En efecto, si el Universo tuvo un origen hace un tiempo determinado, entonces la luz de las estrellas más lejanas aún no ha podido llegar a nosotros, y la paradoja desaparece por completo.

En el momento de su publicación, el *Eureka* de Poe no encontró mucho eco en la comunidad astronómica, de hecho fue duramente criticado tras su publicación en Estados Unidos. No obstante, los originales conceptos que planteaba, con un Universo en expansión que tuvo un origen, sí que calaron en Europa, donde se publicó una década tras la muerte de su autor. Así, no es de extrañar que, más de cincuenta años después, ya en pleno s. XX, fuera en el viejo continente donde se gestó la Cosmología moderna, basada en la semilla de las ideas de Poe: y es que hay mucho de este autor en los trabajos seminales del matemático ruso Alexander Friedmann (del que se sabe que era lector empedernido de Poe) y del astrónomo y sacerdote belga Georges Lemaître, quien sugirió la existencia de «un día sin ayer», que hoy conocemos como «Big Bang» o «Gran Explosión».

Poe, sin embargo, jamás recibió crédito alguno por sus innovadoras ideas.

Monstruos relativistas

El rápido desarrollo científico y tecnológico alcanzado a finales del s. XIX y principios del s. XX supuso la cristalización del pensamiento científico en la mentalidad social. Y a medida que ocurrió tal cosa, a medida que nuestro conocimiento del cosmos ha aumentado, hemos incorporado su reflejo, como no podía ser de otro modo, a la literatura. A este respecto, el género de la ciencia-ficción es el más prolijo, pero no es ni mucho menos el único. De hecho, uno de los autores que mejor han plasmado las grandes revoluciones de la Física y la Astronomía de principios del s. XX ha sido Howard Phillips Lovecraft, un auténtico maestro del relato de terror.

Lovecraft era, además de un racionalista convencido, un apasionado de la astronomía. Escribió diversos artículos para diferentes revistas y seguía con atención todos los nuevos descubrimientos, incorporándolos al vasto Universo que habitaba su imaginación: tanto el descubrimiento por parte de Einstein de que lo que llamamos «fuerza de gravedad» no es más que la curvatura del espacio-tiempo que habitamos, como el hallazgo, por parte de Hubble y otros, de que la Vía Láctea no es sino una más en un vasto océano cósmico plagado de islas-universo, o galaxias como la nuestra.

Así, Lovecraft tejió toda una mitología de historias de terror plagadas, no solo de referencias astronómicas, sino de una tangible sensación de «Horror Cósmico», donde no deja de recordarnos que somos una minúscula mota de polvo en la inmensidad de un cosmos sometido a terribles fuerzas que escapan a nuestra comprensión y a nuestro control, como en este ejemplo de *Los sueños en la casa de la bruja*:



Mysteries of the Heavens Revealed By Astronomy In XIV Parts.

By H. P. Lovecraft.

The series beginning with this article is designed for persons having no previous knowledge of astronomy. Only the simplest and most interesting parts of the subject have been included. It is hoped that this series may help in a small way to diffuse a knowledge of the heavens amongst the readers of The Gazette-News, to destroy in their minds the pernicious and contemptible superstition of judicial astrology, and to lead at least a few of them to a more particular study of astronomical science.

—

Part 1—The Sky and its Contents.

Astronomy, the oldest of all the sciences, is that branch of knowledge which treats of the heavenly bodies, their size, distances, motions, relations, and physical conditions. The name is derived from the Greek words "astron," a star, and "nomos," a law.

Of the various studies pursued by mankind, none is better adapted to furnish to its followers a rational and intellectual species of enjoyment than is this sublime science, for the grandeur and beauty of its objects, the simplicity and directness of their observation, and the broad conception of the universe obtained from their contemplation, whereby our seemingly boundless earth is relegated to its proper insignificance in the vast system of infinity, all afford to the active and reflective mind an exercise of the most refreshing and pleasurable character.

Astronomy is likewise of great practical use to the human race, for by its aid the size and figure of the earth are measured, the ship guided from port to port, the calendar and clock regulated, and countless other daily affairs facilitated. The book of the heavens is open to all on every clear night of the year, whence there would seem to be little excuse for the great ignorance of celestial science now so lamentably prevalent even in the most highly civilized portions of our globe.

Nature of the Heavenly Bodies.

Although the various bodies which shine in our skies appear to us as small flat discs and minute points of light, they are, nevertheless, as every one has doubtless heard, very different in their actual nature, being for the most part great suns and worlds, the majority of them much, and some vastly larger than the earth on which we reside, whirling around on their axes and rushing with incredible rapidity in their appointed courses; some possibly inhabited by beings not unlike ourselves. This terraqueous globe itself, massive though it seem to us, is in reality a most insignificant object as considered in relation to the rest of the universe. It is, in fact, only one of eight similar globes called "planets," that revolve in approximately circular paths or "orbits" around the sun; an immense, fiery, central sphere from which they receive all their warmth and illumination. The moon is a small planet revolving around the earth as the earth itself revolves around the sun. Nearly every planet possesses one or more such moons or "satellites" as they are called. The sun, together with its retinue of planets and their satellites, forms what has been designated as "the solar system."

The stars, which should never be confused with the planets, are other suns, similar in many respects to ours, independent of the solar system, and quite likely having attendant planets of their own. The nearest star is 5,000 times more distant from us than is the most remote of the planets; indeed, so far off are the stars that the most powerful telescopes show them as nothing more than mere points of light. Scattered amongst the stars, however, are the "nebulae," inconceivably great masses of glowing gas, whose prodigious size enables them to present perceptible surfaces to our telescopes.

All the heavenly bodies, stars, nebulae, planets and satellites alike, are held to their proper places and paths by the laws of motion and the force of universal gravitation. The stars, including the sun, and also the nebulae, shine by their own light, but the moon and the planets of our solar system are made visible only by radiance reflected from the sun.

As will be made evident in the succeeding articles of this series, the domain of astronomy is more unbounded than is that of any other science. In the solar system, distances of millions of miles are relatively short; whilst the stars are so far apart, that the space between them cannot be measured conveniently by terrestrial standards, being marked off by the number of years required by light, at its enormously rapid rate of 186,000 miles per second, to travel from one to the other. Notwithstanding these tremendous gaps, many of the heavenly bodies can be weighed, measured and even analyzed by means of modern appliances; while most of the planets, being comparatively near, may be studied and mapped like the earth by the aid of large telescopes. However, the amateur astronomer need not provide himself with any such instruments, as the sky is sufficiently entertaining and instructive as seen by the unaided eye.

The Aspect of the Heavens.

The sky seems to us an immense hollow sphere, at whose center we are situated, and only half of which we are able to see at one time, since the rest is cut off by the earth underfoot. Once in every twenty-four hours this sphere appears to revolve around us from east to west, though we know that this motion is really due to the rotation of our own earth in the opposite direction. By day the dazzling refulgence of the sun prevents us from studying the surface of this celestial sphere, but when the bright orb has sunk from sight, we see that the vault above is bespangled with a vast assemblage of stars, which appear always to keep the same places in relation to one another, and which are arranged by chance into certain well known permanent figures called "constellations." This seeming lack of motion, however, is only the result of the inconceivable distances at which the stars are situate; actually they are flying in various directions at tremendous rates of speed, though not for thousands of years could we perceive any sensible difference in their apparent places and arrangement. Outlined against this unchanging stellar background, and seeming to move slowly amongst the stars, shine the members of our solar system.

But whilst we cannot observe the real motions of the stars, we are impressed plainly enough by their two apparent motions; their diurnal rising and setting, due to the earth's rotation on its axis, and their annual progress westward, due to the earth's motion around the sun. Since the stars are fixed on the celestial sphere, we may with greater inclination say that these are motions not simply of the stars, but of the celestial sphere itself. The heavens are different at different hours of the same night, because the earth is swiftly turning us to face different parts of the sky; they are different for the same hour at different seasons, because the sun appears to be moving eastward, carrying the sky with it, as it were, overtaking the stars, and causing them to rise and set four minutes earlier every day. The morning sky is that which the sun has just left behind; in several months, the sun having traveled around from the eastern part of it to the western part, that same area of the sky with all its stars will have become the evening sky. Thus new constellations appear in the east just before sunrise, becoming visible earlier and earlier at night as time passes, and finally rise so early that they are already high in the heavens when darkness falls, shine farther and farther westward as the nights pass, until at last they drift into the western twilight of early evening, and are lost in the sun's rays; later to appear afresh in the morning sky.

The pole or pivot about which the heavens seem to turn is that part of the sky to which is pointed the earth's axis. This spot is roughly marked by a fairly bright star called "Polaris" the "north star," or the "pole star," which is of course exempt from the general motions of the celestial vault, and which is stationed due north, as far above the horizon or sky-line of any place, as that place is north of the earth's equator. In our latitude, it lies somewhat less than half way between the horizon and the "zenith," or point overhead, so that there is a very considerable part of the northern sky, having as a radius the distance between polaris and the horizon wherein the stars never set, but remain perpetually visible, describing circles about the pole, and therefore being called "circumpolar." There is an opposite area of extreme southern sky which can never be seen in this part of the world.

The equator of the heavens is an extension of the plane of the earth's equator, girding the sky ninety degrees from the celestial pole, and cutting the horizon at the east and west points. Bodies in this region spend equal periods above and below the horizon, whereas others stay longer above or below, accordingly as they are situate north or south of the equator.

The "ecliptic" or apparent annual path of the sun, is in reality an extension of the plane of the earth's orbit into space. Since the earth's equator is inclined 23 and a half degrees to the plane of the orbit, it follows that in the sky the ecliptic and celestial equator must intersect each other at a similar angle. That intersection at which the sun crosses the equator on its northward journey is called the "vernal equinox," and is a most important point on astronomical charts.

In order to determine the position of objects on the celestial sphere, that imaginary globe is supplied with a system of circles like those of latitude and longitude on the earth. "Right ascension," corresponds to longitude, and is distance east of the vernal equinox, whilst "declination" is like latitude, being distance north or south of the equator.

The "meridian" of the sky is a line extending due north and south, and marking the central and highest points in the apparent diurnal courses of the heavenly bodies. A body on the meridian is said to "culminate" or to be in "transit." Circumpolar bodies cross the meridian twice in one revolution; once in culmination, or upper transit," above the pole and twelve hours later in lower transit, below the pole.

(To Be Continued).

about it but from the
C & K Shop—'It's right!'
C & K, $3.50
M. V. MOORE & CO.
11 PATTON AVE.

STOP THAT FROWN
Eye strain, nerve strain and headaches relieved by glasses correctly made by us.
CHARLES H. HONESS
Optometrist and Optician
54 Patton Ave. Opp. P. O.
OUR CE-RITE TORIC LENSES ARE THE BEST.

HAD LUNG TROUBLE AND EXPECTED TO DIE
The many recoveries brought about by Eckman's Alterative are attracting wide attention. Read about this case:—
32 D St., Keyser, W. Va.
"Gentlemen:—I was taken sick in November, 1903. I grew steadily worse. Had two consultations. The verdict was Du Bois' last stage of my lungs and that my case was hopeless; only give me two months to live. My physician had tried almost all kinds of treatment and none did me any good, so he asked my husband if he objected to him trying a proprietary medicine. I began your Alterative, I was in bed from November 30, 1903 until February 25, 1904, and was thought dying several times. Today I am healthier and stronger than ever." (Abbreviated).
(Signed) Mrs. H. K. BRILEY.
Eckman's Alteratives is most effectious in bronchial catarrh and severe throat and lung affections and upbuilding the system. Contains no harmful or habit-forming drugs. Accept no substitutes. Small size, $1; regular size $1.75. Sold by leading druggists. Write for booklet of recoveries.
Eckman Laboratory, Philadelphia.
READ GAZETTE-NEWS WANT ADS TODAY.

DUDLEY 2¾ inches
NORMAN 2¾ inches
ARROW COLLARS

Figura 6: Primera parte de la serie de artículos divulgativos sobre astronomía escritos por H. P. Lovecraft para el diario *Asheville Gazette-News*.

> «Estaba adquiriendo una habilidad intuitiva para resolver ecuaciones riemannianas, y asombró al profesor Upham con su comprensión de la cuarta dimensión [...] Una tarde se discutió la posible existencia de curvaturas caprichosas en el espacio y de puntos teóricos de aproximación, o incluso de contacto, entre nuestra parte del cosmos y otras regiones diversas tan remotas como las estrellas más lejanas o los mismos vacíos transgalácticos [...] más allá del continuo tiempo-espacio einsteniano.»

> «Unos segundos después se hallaba fuera del abismo tembloroso, de pie en una rocosa ladera bañada por una intensa y difusa luz de color verde. Estaba descalzo y en ropa de dormir, y cuando trató de andar encontró que apenas podía levantar los pies.»

Los sueños en la casa de la bruja
Howard Phillips Lovecraft, 1933

Otra buena muestra de la diligencia de Lovecraft para incluir descubrimientos en sus obras la encontramos en *El que susurra en la oscuridad*, escrita en el año en que se descubrió Plutón, planeta que, tal y como le dijo a un amigo suyo en una carta, era «probablemente» el mismo que Yuggoth, oscuro planeta donde mora un horror primigenio, el dios exterior Cxaxukluth, y donde transcurre parte de la acción:

> «Yuggoth [...] es una extraña y oscura esfera en el límite mismo de nuestro sistema solar, aún desconocido para los astrónomos de la Tierra.»

El que susurra en la oscuridad
Howard Phillips Lovecraft, 1931

Otra persona a la que la publicación de la Teoría de la Relatividad General de Albert Einstein en 1915 inspiró de manera determinante en la historia de la Ciencia, fue el físico, matemático y astrónomo alemán Karl Schwarzschild, que se hallaba luchando en el frente ruso cuando tuvo noticia del descubrimiento. Allí mismo, poco antes de enfermar y morir de pénfigo, con la piel llena de ampollas, Schwarzschild logró describir el espacio-tiempo alrededor de un cuerpo como una estrella... o un

agujero negro, una de esas minúsculas regiones, provenientes del colapso de estrellas masivas, tan densas que ni siquiera la luz puede escapar de su superficie.

Precisamente sobre Karl Schwarzschild tiene un relato Connie Willis, escritora que acumula una importante cantidad de premios literarios, entre ellos 10 Hugos y 7 Nebulas. En *Radio de Schwarzschild*, cuento nominado al Nebula y al Locus, Willis establece paralelismos entre las circunstancias del trabajo de Schwarzschild en el frente ruso, el colapso gravitatorio de una estrella en su camino hacia la singularidad y el colapso mental del veterano de guerra que narra la historia, atrapado entre dos tiempos, obligado a caer hacia el mismo instante de su pasado, tal y como cae, irremisiblemente, la materia a un agujero negro. Ya sea en su correspondencia con Einstein hacia el comienzo, o en el derrumbe de la trinchera de los protagonistas en el clímax del relato, Willis hace un trabajo impecable, respetuoso y cariñoso con la figura del físico alemán.

> «Se me acerca para tomar la carta, los músculos de la mandíbula tensos, y pienso horrorizado que también debe de tener llagas en las piernas.
>
> —¿De quién es? —pregunta—. Ah, Herr Professor Einstein. Bien. —Y la examina. Intenta abrir la carta con el dedo y grita de dolor. Suelta la carta— ¿Puede usted leerla?»

> «Oigo el crujido de la madera cuando ceden las patas de la mesa.
>
> —¿Schwarzschild? —pregunto.
>
> No responde, pero sé que no está muerto. [. . .] Tengo la mano bajo su cuerpo, e intento moverla, pero no puedo. La tierra cae como nieve, apilándose alrededor de nosotros. La oscuridad es roja por un instante, y luego ni siquiera veo eso.
>
> —Tengo una teoría —dice Muller—. Es el fin del mundo.»
>
> Radio de Schwarzschild
> Connie Willis, 1987

Y si los agujeros negros han logrado pasar de las páginas de las publicaciones científicas a las de la literatura de ficción, sus primos los agujeros de gusano, esos hipotéticos atajos para viajar a voluntad por el espacio-tiempo, no iban a ser menos. He aquí un ejemplo, en la faceta menos conocida del famoso astrónomo y divulgador Carl Sagan, aquella de novelista. En *Contact*, que trata de las repercusiones sociales de un primer

contacto con una civilización extraterrestre, Sagan construye una máquina plausible (es decir, que respeta las leyes de la física que conocemos) para viajar enormes distancias a través de agujeros de gusano, para lo cual recibió la ayuda del también famoso físico teórico Kip Thorne.

> «Agujeros de gusanos. En el argot de la física teórica, el universo era una manzana en cuyo interior se entrecruzaban innumerables pasadizos. Para un bacilo que habitaba en la superficie, se trataba de un milagro, pero un ser instalado fuera de la manzana, quizá no se impresionaría tanto. Desde esa perspectiva, los fabricantes del Túnel eran tan sólo algo molesto, incómodo. Pero si ellos son gusanos, ¿qué somos nosotros?»
>
> Contact
> Carl Sagan, 1985

El origen, el destino, las Grandes Preguntas

Como hemos visto, nuestra visión del Universo ha cambiado enormemente en los últimos cien años. Ahora sabemos que hubo un origen, que el Universo está en continuo cambio, evoluciona, se expande, sabemos que el tiempo cósmico transcurre en unas escalas inabarcables para nuestra mente y que la mota de polvo que habitamos se halla en mitad de ningún lugar especial, que la estrella que orbitamos no es más que una entre billones de billones. Cabe preguntarse cuál es nuestro papel en un Universo así, cada vez más desanclado del ombliguismo antropocentrista que nos ha acompañado a lo largo de tantos siglos.

Sí, miramos arriba y nos preguntamos: ¿quiénes somos, de dónde venimos, adónde vamos? Y lo hacemos, también, en las páginas de la ficción, como en este fragmento de *La piel del cielo*, de Elena Poniatowska, merecedora del Premio Alfaguara a la mejor novela en 2001:

> «…en la noche levantaba la cabeza para ver ese universo en expansión donde todo se aleja de todo y nadie ni nada es el centro. ¡Qué asombro le causaba esta bóveda celeste sin fin, sin fondo, ilimitada, que lo lanzaba al abismo! Si la Tierra en la que estaba parado apenas era un puntito, ¿qué era él, con sus vueltas y revueltas y sus absurdas congojas?»
>
> La piel del cielo
> Elena Poniatowska, 2001

Amigo de hacerse grandes preguntas, el protagonista de *La piel del cielo* se convierte en astrónomo y vive una vida basada en la del astrónomo mexicano Guillermo Haro, codescubridor de los objetos Herbig-Haro (descomunales chorros de gas expulsados por las estrellas en formación) y fundador del INAOE (Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica). En suma, toda una celebridad en México, aunque la autora, Elena Poniatowska —que se alzó con el Premio Cervantes en 2013— demuestra conocerlo y plasmarlo mejor que nadie, ya que además de todo lo anterior, Guillermo Haro también era su marido.

El origen del Universo también es susceptible de ser abarcado mediante el prisma de la sátira y el humor. El siguiente fragmento, perteneciente al relato *Todo en un punto* incluido en las divertidísimas *Cosmicómicas* de Italo Calvino, constituye una de estas aproximaciones, con su particular explicación de los motivos de que el Universo, donde todos vivían apretujados al principio, se expandiese de repente:

> «Estábamos tan bien todos juntos, tan bien, que algo extraordinario tenía que suceder. Bastó que en cierto momento ella dijese:
>
> —¡Muchachos, si tuviera un poco de espacio, cómo me gustaría amasarles unos tallarines! [...] y en el mismo momento de pensarlo ese espacio infatigablemente se formaba...»
>
> Todo en un punto (Las Cosmicómicas)
> Italo Calvino, 1965

Y si podemos tratar literariamente el principio del Universo, ¿por qué no tratar de abarcar la historia en del Universo entero en toda su magnitud? A nadie que haya mirado cinco minutos al cielo en una noche lo bastante tranquila y oscura se le escapa la profunda sensación de grandeza y de vértigo que tal actividad comporta. No son pocos los escritores que han tratado la profundidad espiritual de la contemplación de un Universo tan descomunal, pero si alguien la ha plasmado como nadie, ese es sin duda William Olaf Stapledon, quien en 1937 publicaba *Hacedor de estrellas*. Esta original novela narra el viaje mental del protagonista por todo el espacio y el tiempo en busca de las cuestiones filosóficas últimas, desde el origen hasta el destino y el propósito, pasando por toda una serie de sociedades extraterrestres que sirven de guía y contrapunto al protagonista, en un viaje que eleva la imaginación a la categoría de espiritual.

> «En todos los mundos encontramos una convicción muy profunda: la de la pequeñez e impotencia de los seres finitos,

> cualquiera fuese su nivel. En cierto mundo había una criatura que podríamos llamar un poeta. Le hablamos de nuestra concepción de la meta cósmica, y él nos dijo:
>
> —Cuando el cosmos despierte, si despierta, descubrirá que no es la criatura amada de su creador, sino una mera burbuja que flota a la deriva en el ilimitado e insondable océano del ser.»
>
> Hacedor de estrellas
> Olaf Stapledon, 1937

Escrita en los albores de la Segunda Guerra Mundial, en un momento en el que el futuro del mundo se antojaba ominoso, *Hacedor de estrellas* supuso todo un revulsivo en el mundo de las letras. El físico y maestro de la ciencia-ficción Arthur C. Clarke dijo de esta novela que es «probablemente, la más poderosa obra de la imaginación de todos los tiempos». Fascinó también a Jorge Luis Borges, que escribió un halagador prefacio para ella en una edición posterior, y a Virginia Woolf, autora de marcadas convicciones feministas (suya es la frase «Una mujer debe tener dinero y una habitación propia si va a escribir ficción»), y una de las mayores figuras de la literatura del s. XX.

A raíz de esta novela, Woolf y Stapledon mantuvieron cierta correspondencia marcada por el respeto y la admiración mutuos. La propia Woolf estaba muy interesada en la astronomía, como hizo patente en su cuento corto *El foco*, publicado tres años después de su muerte. Este relato atravesó varias versiones en las que exploró técnicas narrativas a partir del telescopio, y estableció paralelismos entre éste y el foco de luz, la paz y la guerra. En la versión final, una mujer cuenta a sus amistades, en una velada tranquila en los albores de un conflicto bélico, cómo se conocieron sus bisabuelos, y lo hace con un lenguaje (la repetición de «lo enfocó», el modo en que usa los puntos suspensivos) que recuerda mucho al uso de un telescopio:

> «—[. . .] todas las noches, cuando los viejos ya se habían acostado, se sentaba ante la ventana, para mirar las estrellas con el telescopio. Júpiter, Aldebarán, Casiopeya. [..] Y allí estaban, las estrellas. Y se preguntó, mi bisabuelo, aquel muchacho: ¿Qué son? ¿Para qué están? ¿Quién soy yo? Como solemos hacer cuando estamos solos, sin nadie con quien hablar, mirando las estrellas.»
>
> «Efectuó otro rápido y leve movimiento con los dedos, como si diera la vuelta a algo.

> —Lo enfocó —dijo—. Lo enfocó hacia la tierra. Lo enfocó en la oscura masa de un bosque, en el horizonte. Lo enfocó de manera que pudiera ver... cada árbol... cada árbol aisladamente... y los pájaros... alzándose y descendiendo... y la columna de humo... allá... entre los árboles... Y después... más bajo... más bajo... (la señora Ivimey bajó la vista)... allí había una casa...»
>
> El foco (La casa encantada y otros cuentos)
> Virginia Woolf, 1944

Y si bien las cosas han cambiado bastante para las mujeres desde tiempos de Virginia Woolf, autoras más recientes atestiguan, algunas de ellas en clave también astronómica, que aún nos queda camino por recorrer. Es el caso de Alice Munro, premio Nobel de Literatura en 2013, que en relato *Las lunas de Júpiter* presenta a las mujeres como meros satélites de los hombres, atrapadas y aisladas, aunque dejando espacio para la esperanza:

> «—Las lunas de Júpiter fueron los primeros cuerpos celestes descubiertos con el telescopio —dijo con gravedad, como si pudiera ver la frase en un libro antiguo—. No fue Galileo quien les dio los nombres, tampoco; era un alemán. Io, Europa, Ganimedes, Calisto. Ahí las tienes.
>
> —Sí.
>
> —Io y Europa eran novias de Júpiter, ¿verdad? Ganimedes era un chico. ¿Un pastor? No sé quién era Calisto.
>
> —Creo que también era una novia —le dije—. La mujer de Júpiter —la mujer de Jove— la convirtió en un oso y la colocó en el cielo. La Osa Mayor y la Osa Menor. La Osa Menor era su niña.
>
> El altavoz dijo que era la hora de que las visitas se marcharan.
>
> —Te veré cuando salgas de la anestesia —le dije.
>
> —Sí.
>
> Cuando llegué a la puerta me llamó.
>
> —Ganimedes no era ningún pastor. Era el copero de Júpiter.»
>
> Las lunas de Júpiter
> Alice Munro, 1982

La era espacial. De la Luna a las estrellas

Cambiamos ahora de tercio para explorar las estrellas y lo que literariamente puedan ofrecernos, pero antes realizamos una última visita a la Luna para ver la aproximación más realista que la ficción ha realizado jamás a los entresijos y dificultades del viaje espacial, mucho tiempo antes de que este fuese posible en la realidad. Nos referimos, claro, a *De la Tierra a la Luna*, de Julio Verne.

Influido por *La incomparable aventura de un tal Hans Pfaall*, un relato-broma de Edgar Allan Poe en la que un supuesto viajero a la Luna describía su increíble aventura, Verne, que era muy dado a trasladar el rigor científico y tecnológico de la época a su producción literaria, se preguntó cómo podría realizarse un viaje realista a nuestro satélite. Así, fue el primero que tuvo en cuenta que para salir de la Tierra sería necesario alcanzar la llamada velocidad de escape, de unos once kilómetros por segundo en el caso de nuestro planeta. Y el primero que tuvo en cuenta la importancia de la trayectoria de los viajeros, para cuyos cálculos tuvo la inestimable ayuda de su primo, profesor de matemáticas.

El resultado fue *De la Tierra a la Luna*, novela a lo largo de la cual Verne cubre todos los aspectos y problemas que enfrentarán los aventureros durante un viaje semejante. Y que es, a la vez, una divertida sátira sobre el estereotipo americano de la época (sin ir más lejos, la agencia que haría las veces de la NASA en la ficción se llama *Gun-Club*, y el método que eligen para llegar a nuestro satélite consiste en un cañón gigantesco excavado en una montaña). La obra pone además de relieve la hermandad entre países, con una expedición formada por dos estadounidenses y un francés, y la maravilla del descubrimiento y la exploración. No hay más que ver la auténtica declaración de intenciones que guía el espíritu de la obra, en boca de Michel Ardan, uno de los protagonistas:

> «No sé si los mundos están habitados, y como no lo sé, voy a verlo.»
>
> De la Tierra a la Luna
> Julio Verne, 1865

De la Tierra a la Luna fue un éxito internacional, pero su trascendencia iría mucho más allá. Un puñado de décadas después, esta novela inspiraría a los «padres» de la astronáutica, cuyo trabajo, a la postre, llevaría a la humanidad a dejar huella en nuestro satélite: de pequeño, Konstantín Tsiolkovski devoraba las novelas de Verne y escribía relatos de ciencia-ficción en los que se planteaba las dificultades del viaje espacial, como el control y el empuje de una nave espacial (y no se olvidó de citarlo

más adelante como fuente de inspiración); Robert Goddard, por su parte, leía a Verne con avidez y realizaba anotaciones en los márgenes cuando encontraba alguna incorrección; a Hermann Oberth le fascinaba tanto *De la Tierra a la Luna* que se la sabía de memoria y siempre reconoció que Verne había «guiado su pensamiento»; Wernher von Braun, padre del cohete Saturno V que usó el programa Apollo, manifestó en cierto momento que «la deuda de los astronautas modernos con Verne es evidente».

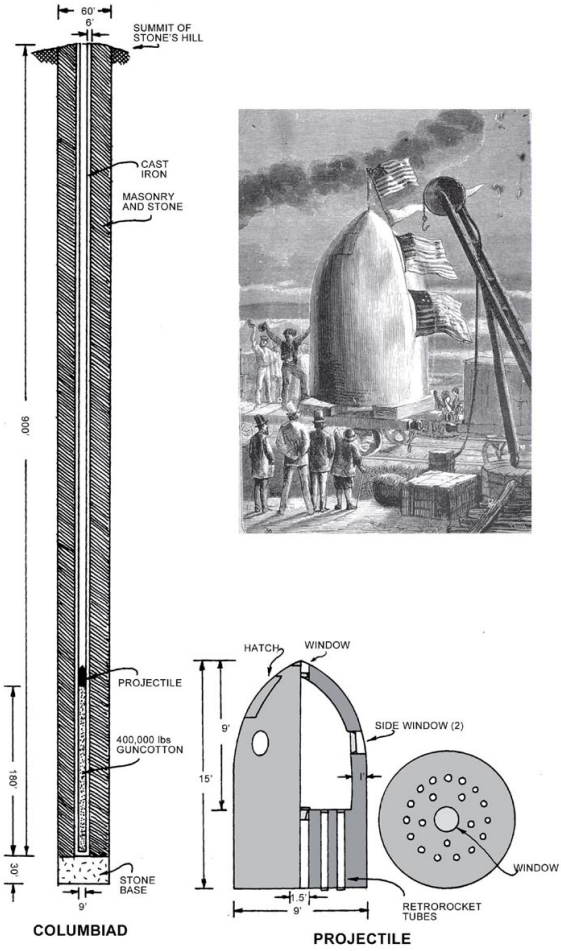


Figura 7: Grabado de la casula del proyectil en una edición del s. XIX de *De la Tierra a la Luna*, y diseño esquemático del cañón Columbiad, excavado en la montaña (Fuente desconocida).

La influencia de autores como Verne (o su contemporáneo H. G. Wells) fue también patente en el escritor y científico Arthur C. Clarke, conocido por ser, junto a Stanley Kubrik, el padre de *2001: Una odisea del espacio*. Este auténtico visionario —Isaac Asimov y él son las únicas personas de quienes tenemos constancia que vislumbraran, allá por los años 70, lo que terminaría siendo internet— propuso los satélites geoestacionarios de comunicaciones en 1945, y llevó la precisión y el rigor de las ciencias del espacio a la literatura de manera sobresaliente.

Clarke utilizó un enigma científico real de su época, el problema de los neutrinos solares, como detonante de una carrera para salvar a la humanidad mediante la colonización de otras estrellas en *Cánticos de la lejana Tierra*. La dificilísima detección de neutrinos solares, producidos como residuo de la fusión del hidrógeno en helio que tiene lugar en el núcleo del Sol, arrojaba un número de estas esquivas partículas tres veces inferior a lo que predecían los modelos.

> «Los astrónomos estaban convencidos de que entendían las reacciones que accionaban el horno solar, del cual dependía enteramente la vida de la Tierra. En el núcleo del sol, a unas presiones y temperaturas enormes, el hidrógeno se fusionaba en helio produciendo una serie de reacciones que liberaban grandes cantidades de energía. Y, como subproducto accidental, se producían neutrinos.
>
> [...] Ocho minutos después que hubieran abandonado el sol, una pequeña fracción de torrente solar barrió la Tierra, y una fracción aún menor fue interceptada por los científicos del Colorado. Habían enterrado su material a un kilómetro bajo tierra de forma que las radiaciones menos penetrantes serían filtradas hacia fuera y podrían captar los raros y auténticos mensajeros del núcleo solar. Contando los neutrinos capturados, esperaban estudiar con detalle sus propiedades y llegar a un punto tal que, como podría comprobar cualquier filósofo, estaba hasta entonces excluido del conocimiento humano o de la observación.
>
> El experimento funcionó, los neutrinos solares fueron detectados. Pero había demasiado pocos. Debería haber habido una cantidad tres o cuatro veces mayor que la que había conseguido capturar la instrumentación masiva. Realmente algo iba mal, y durante los años setenta, el caso de los neutrinos perdidos alcanzó una gran resonancia a nivel científico. El equipo fue revisado una y otra vez, las teorías reexaminadas, y el experimento fue llevado a cabo cientos de veces, siempre con el mismo frustrante resultado.

A finales del siglo XX, los astrofísicos se vieron obligados a aceptar una conclusión preocupante, aunque ninguno se percató de sus consecuencias.

No fallaba ni la teoría ni el equipo. El problema residía en el interior del sol.»

Cánticos de la lejana Tierra

Arthur C. Clarke, 1986

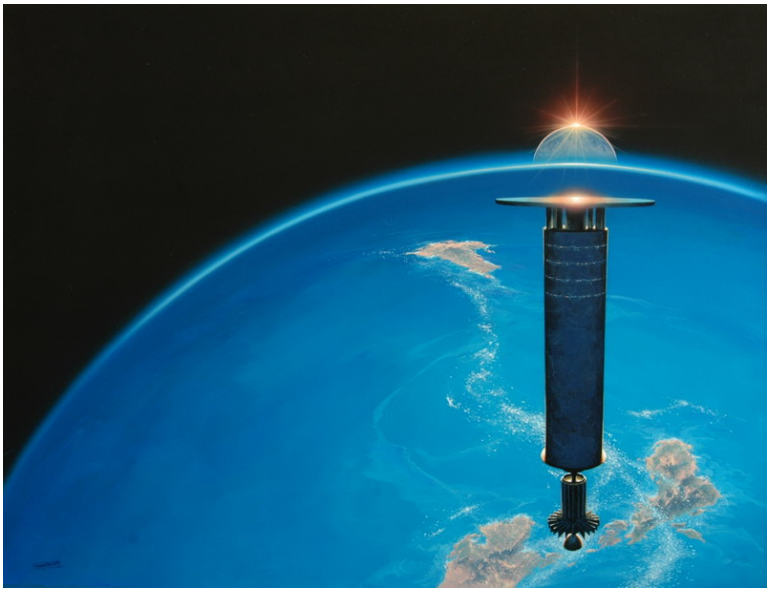


Figura 8: Imagen de Manchu para la portada de una edición de *Cánticos de la lejana Tierra*, en la que la nave Magallanes arriba a su destino, el planeta oceánico Thalassa.

La solución real a este problema vino ya en el s. XXI con la idea de que los neutrinos, que pueden ser de tres tipos diferentes, pueden «oscilar», cambiando de uno a otro gracias a que serían partículas con masa no nula. Pero en la novela le sirve a Clarke como excusa, plausible a ojos del lector, para plantear una inevitable sentencia de muerte al Sol, que obliga a la humanidad a emprender una carrera para salvarse a sí misma buscando nuevos hogares en torno a otras estrellas.

Lo cual, a su vez, plantea un problema de muy difícil solución, y es que las estrellas están lejos, muy lejos de nosotros: si a la luz le lleva ocho minutos recorrer la distancia entre el Sol y la Tierra, que es de unos 150 millones de kilómetros, la distancia entre las estrellas se mide en años-luz. La barrera de la luz no es algo que pueda romperse, por lo que cualquier viaje interestelar llevaría miles de años en el mejor de los casos. Y esto, en la práctica, lo hace inviable... a no ser que las estrellas estén muy cerca unas de otras, como ocurre en esos racimos de estrellas que llamamos cúmulos globulares y de los que hemos hablado antes. En un cúmulo globular, las distancias entre estrellas se miden en meses-luz, o incluso en semanas-luz.

Eso es justo lo que tenemos en *Mundos en el abismo*, de Juan Miguel Aguilera y Javier Redal, joya de la corona de la ciencia-ficción dura en español e inicio de una saga que ha ganado diversos premios, entre ellos el Ignotus en España y el Prix Imaginales y el Bob Morane en Francia. En esta novela encontramos un futuro muy lejano en el que la humanidad habita el cúmulo globular de Akasa-Puspa, a las afueras de la Vía Láctea. Las babeles, colosales ascensores que se pierden en el cielo y que nadie sabe quién construyó, comunican la superficie de cada planeta con su órbita geoestacionaria, posibilitando, en suma, el acceso al espacio. Y el hecho de que las estrellas estén tan cerca unas de otras causa efectos curiosos, como el de la ausencia de oscuridad total en las regiones más interiores del cúmulo:

> «Recordó las farolas de diseño barroco. En algunas épocas del año Martyaloka gozaba de noches oscuras. Noches sólo iluminadas por la tenue luz de la lejana Galaxia. Pero en Vaikunthaloka, y en casi todos los planetas de aquel cúmulo globular, la noche era un fenómeno desconocido, y cuando el sol se ocultaba, las estrellas seguían iluminando el cielo con casi igual intensidad.»
>
> Mundos en el Abismo
>
> Juan Miguel Aguilera y Javier Redal, 1988

Otra aproximación al viaje interestelar y a la colonización de la Galaxia es la que toma Ursula K. Le Guin en el Ciclo Hainita, un puñado de cuentos y varias novelas, entre ellas *El mundo de Rocannon*, *Los desposeídos*, *El nombre del mundo es bosque* y *La mano izquierda de la oscuridad*. Aquí los viajes tienen lugar a velocidades relativistas, lo cual resulta en que, a pesar de que lleva años realizarlos, a bordo de la nave tan solo pasan unas cuantas semanas, debido a la dilatación del tiempo predicha por la Teoría de la Relatividad Especial. En el Ciclo Hainita asistimos a los intentos de restaurar y consolidar una federación de mundos, el

Ekumen, en la que conviven distintas variantes de humanos, que en su momento fueron «sembradas» mediante ingeniería genética por los hainitas, una antiquísima civilización, con el fin de adaptarlos a los entornos hostiles que encontrarían a lo largo y ancho de la Galaxia.

En *La mano izquierda de la oscuridad*, merecedora de los premios Hugo y Nebula, el emisario Genly Ai es enviado por el Ekumen en una misión diplomática para conseguir que el planeta helado Gueden olvide sus rencillas internas y se una a la federación. Los guedenianos poseen una característica muy peculiar: son andróginos y asexuados la mayor parte del tiempo, salvo una semana de cada mes, en la que adquieren caracteres sexuales de uno u otro sexo, a veces de hombre, a veces de mujer, lo que les permite, entre otras cosas, ser padres y madres al mismo tiempo. Este original recurso le sirve a Le Guin, cuya ciencia-ficción tenía un marcado corte antropológico y social, para plantearse qué era lo fundamental de la naturaleza humana que quedaría si el sexo biológico dejara de ser una constante. El resultado es una historia preciosa sobre la unidad en la diferencia, de la que extraemos aquí dos fragmentos: el primero de Genly Ai, el enviado del Ekumen —y único varón en un mundo de géneros cambiantes— que acaba trabando una profunda amistad con Derem Estraven, primer ministro de un rey loco; el segundo una reflexión del propio Estraven.

> «Un amigo. ¿Qué es un amigo en un mundo donde cualquier amigo puede ser un amante en la próxima fase de la luna? No yo, prisionero de mi virilidad; no un amigo de Derem Har, o cualquier otro de esa raza. Ni hombre ni mujer, y los dos a la vez, cíclicos, lunares, metamorfoseándose al contacto del otro variable de la estirpe humana.»

> «¿Cómo odia uno a un país, o lo ama? Yo no soy capaz. Conozco gente, conozco ciudades, granjas, montañas y ríos y piedras, conozco cómo se pone el sol en otoño del lado de un cierto campo arado en las colinas; pero ¿qué sentido tiene encerrar todo en una frontera, darle un nombre y dejar de amarlo donde el nombre cambia? ¿Qué es el amor al propio país? ¿El odio a lo que no es el propio país?»

La mano izquierda de la oscuridad
Ursula K. Le Guin, 1969

Vida extraterrestre

¿Y qué hay de la vida extraterrestre? ¿Estamos solos? ¿Cómo serían los alienígenas, de existir? De seguro, mucho más diferentes de nosotros que los que solemos encontrar en las páginas dadas a las teorías de la conspiración y los hombres de negro. Veamos un par de ejemplos notables de cómo ha abordado la literatura esta cuestión.

En *Solaris*, Stanisław Lem nos habla acerca de la dificultad (o más bien de la imposibilidad), de comunicarse con una inteligencia alienígena que no podría ser más diferente a la humana (¡si es que es inteligente en absoluto!). Solaris es un planeta que orbita dos estrellas. En su superficie mora un «organismo», a falta de una palabra mejor, enorme, una especie de océano orgánico capaz de responder a los pensamientos de los humanos que lo investigan moldeando formas en su superficie o respondiendo a sus recuerdos mediante extraños «fantasmas» cuyo origen y propósito son todo un misterio (si es que lo tienen). El protagonista, Kris Kelvin, es un psicólogo enviado a la plataforma de observación de Solaris para tratar los problemas de conducta de la tripulación. A lo largo de la novela se describe en detalle el campo de la solarística, una rama de la ciencia dedicada a estudiar Solaris, que, pese a todo, se limita a clasificar fenómenos, como una suerte de botánica, pero que es incapaz de llegar más allá.

> «Encontré otro volumen más, encuadernado en piel, perdido entre los anales del Almanaque [...] Era un viejo libro, la Introducción a la solarística de Muntius [...] La solarística, decía Muntius, es un sucedáneo de religión de la era cósmica, fe disfrazada de ciencia; el Contacto, el objetivo que pretende, no es menos vago y oscuro que el trato con los santos o el sacrificio del Mesías. Empleando fórmulas metodológicas, la exploración equivale a liturgia, el humilde trabajo de los investigadores se traduce en espera de una epifanía, de una Anunciación, ya que no existen, ni deben existir puentes entre Solaris y la Tierra.»
>
> Solaris
>
> Stanisław Lem, 1961

Y por último, un ejemplo muy extraño, en el que James Tiptree Jr. —seudónimo con el que Alice Bradley Sheldon evitaba «manchar» su reputación como psicóloga experimental— consigue que nos identifiquemos con el protagonista, un alienígena monstruoso parecido a una araña, y sus esfuerzos por resistirse al Plan. Moggadeet trata por todos los medios de seguir siendo él mismo y no entregarse ciegamente al horrendo y caníbal

ciclo reproductivo de su especie. Pero Moggadeet solo piensa con claridad durante la estación del calor, y para colmo de males, su mundo enfrenta un lento pero inexorable cambio climático, donde «el invierno avanza» hacia una nueva era glacial. Sheldon plantea la salvación a través de la cultura, de la transmisión a la siguiente generación del conocimiento de que el invierno avanza, y del peligro que ello conlleva, lo que resuena de un modo muy claro con nuestra propia situación y el cambio climático que experimentamos actualmente.

> «—Pero el calor es vida. El calor es Yo Mismo.
>
> —Sí. Cuando hace calor pensamos, aprendemos. Cuando hace frío sólo existe el Plan. Cuando hace frío somos ciegos... Esperando aquí, pensé, ¿hubo un tiempo en que aquí hacía calor? ¿Hemos venido aquí los negros para hablar y compartir cuando hacía calor? Oh, joven, un terrible pensamiento. ¿Es cada vez más corto nuestro tiempo de aprendizaje? ¿Cuándo terminará? ¿Avanzará el invierno hasta que ya nada podamos aprender sino sólo vivir ciegamente dentro del Plan, como los tontos trepagordos que cantan pero no hablan?
>
> [...] —¡No! ¡No será así! Debemos... ¡aferrar el calor!
>
> —¿Aferrar el calor? —se vuelve penosamente para mirarme—. Aferrar el calor... un gran pensamiento. Sí. ¿Pero cómo? ¿Cómo? Pronto hará demasiado frío para pensar, incluso aquí.»
>
> Amor es el plan, el plan es la muerte
>
> James Tiptree Jr. (Alice Bradley Sheldon), 1973

Palabras finales

A lo largo de este artículo hemos visto una serie de ejemplos que atestiguan cómo, a medida que hemos ido conociendo mejor el cielo sobre nuestras cabezas, hemos plasmado esos conocimientos en la ficción. Pero no solo eso. Podríamos decir, resumiéndolo en pocas palabras, que astronomía y literatura son un matrimonio bien avenido. Por un lado, la astronomía ofrece perspectiva, permite alejarse de los árboles y contemplar el bosque en su conjunto. Por el otro, la literatura abona el terreno para la metáfora, para contemplarnos a través de un espejo en el que reflejarnos. Juntas, son capaces de explotar sin parangón el sentido de la maravilla, de resaltar el poder del conocimiento frente a la ignorancia, de reclamar la razón y la hermandad frente a la barbarie... y de hacernos pasar un rato fantástico por el camino.

Referencias

Alice Munro, *Las lunas de Júpiter*, Debolsillo, 2018

Anónimo, *Epopeya de Gilgamesh* o *Poema de Gilgamesh*, Biblioteca Digital ILCE

Arthur C. Clarke, *Cánticos de la lejana Tierra*, Plaza y Janés editores, 1989

Benito Pérez Galdós, *El doctor Centeno*, Alianza Editorial, 2012

Benito Pérez Galdós, *Episodios nacionales. El grande Oriente*, Alianza Editorial, 2015

Bolesław Prus, *Faraón*, Edhasa, 1995

Carl Sagan, *Contact*, Plaza y Janés, 1985

Connie Willis, *Radio de Schwarzschild*, incluido en *Premios Nebula 1987*, Ediciones B, 1990

Cyrano de Bergerac, *Historia cómica de los estados e imperios de la Luna*, Akal, 2011

Edgar Allan Poe, *Eureka*, Alianza Editorial, 2003

Elena Poniatowska, *La piel del cielo*, Alfaguara, 2001

Enid Blyton, *El secreto de la montaña*, Juventud, 1989

Howard Phillips Lovecraft, *El que susurra en la oscuridad*, Valdemar, 2018

Howard Phillips Lovecraft, *Los sueños en la casa de la bruja*, EDAF, 2016

Italo Calvino, *Todo en un punto*, incluido en *Las cosmicómicas*, Siruela, 2007

Isaac Asimov, *Anochecer*, Ediciones B, 1994

James Tiptree Jr., *Amor es el plan, el plan es la muerte*, incluido en *Mundos cálidos y otros*, Edhasa, 1985

Johannes Kepler, *Somnium*, Editorial 120 Pies, 2015

Juan Miguel Aguilera y Javier Redal, *Mundos en el abismo*, Ultramar, 1988

Julio Verne, *De la Tierra a la Luna*, Anaya, 2014

Luciano de Samosata, *Una historia verdadera*, Libros Mablaz, 2015

Mark Twain, *Un yanki en la corte del Rey Arturo*, Cátedra, 2011

Miguel de Cervantes, *Don Quijote de la Mancha*, Alfaguara, 2015

Olaf Stapledon, *Hacedor de estrellas*, Minotauro, 1965

Stanisław Lem, *Solaris*, Minotauro, 2003

Ursula K. Le Guin, *La mano izquierda de la oscuridad*, Minotauro, 1980

Virginia Woolf, *El foco*, incluido en La casa encantada y otros cuentos, Lumen, 1983

William Shakespeare, *El Rey Lear*, Letras Universales, 2005

Las ondas gravitacionales, mensajeras de un universo oculto

Rafael Bachiller

Astrónomo y director del Observatorio Astronómico Nacional
Instituto Geográfico Nacional - Ministerio de Fomento

Resumen

La reciente detección de ondas gravitacionales por parte de la colaboración LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) supone la confirmación de una de las predicciones más sorprendentes de la teoria de la Relatividad General de Einstein, y proporciona a la astronomía una nueva herramienta para explorar el universo. Esta detección ha sido el producto de décadas de trabajo y desarrollos tecnológicos, y es considerada ya como uno de los resultados científicos más importantes de este siglo. Prueba de ello es la concesión del Premio Nobel de Física en 2017 a los principales responsables del experimento LIGO.

Las primeras ondas gravitacionales detectadas en la historia se originaron en la colisión de dos agujeros negros de 35 y 30 veces la masa de nuestro Sol, que tuvo lugar hace 1 400 millones de años. Su detección con LIGO el 14 de septiembre de 2015 marca el comienzo de una nueva época en la exploración del universo. En este artículo recorremos la apasionante historia de este hallazgo y de los que le siguieron, de su significado científico y de su impacto en el conocimiento humano.

La Relatividad General de Einstein

Para comprender el significado físico de las ondas gravitacionales hay que remontarse más de un siglo, concretamente al año 1915, momento

de la publicación de la teoría de la Relatividad General, sin duda una de las construcciones más bellas y abstractas producidas por la humanidad, una auténtica obra de arte científica que fue pergeñada por la mente de una persona de 36 años de edad, un hombre que, refugiándose de las múltiples condiciones adversas que le rodeaban, trabajaba en solitario: Albert Einstein.

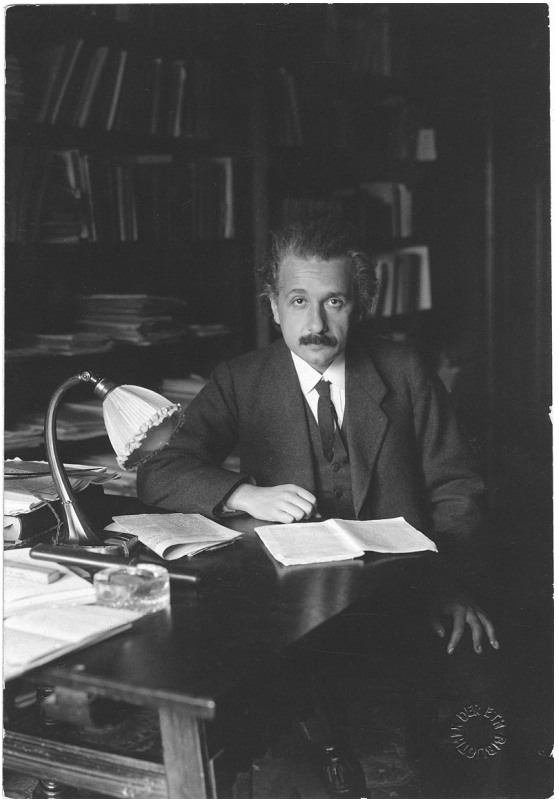


Figura 1: Einstein en su oficina en Berlín, hacia 1920.

En noviembre de 1915, Einstein se encontraba en Berlín y era víctima de varias guerras. La primera, la mundial, había penetrado en los despachos del instituto dirigido por el químico Fritz Haber en donde trabajaba Einstein. Los tres científicos que le habían atraído a Berlín –Max Planck, Walther Nernst y el propio Haber– consternaban a Einstein con su actitud belicista y su colaboracionismo con el ejército. En concreto, Haber, quien había encontrado ya su célebre método para sintetizar el amoníaco, lo que

permitía la fabricación masiva de explosivos, se encontraba reorganizando el instituto para dedicarlo a la fabricación de armas químicas para el ejército alemán. La irracionalidad de esta guerra llevó a Einstein a defender unos ideales sociales y políticos de talante internacionalista y pacifista que mantuvo y acentuó durante el resto de su vida. La segunda guerra la estaba librando Einstein en un plano personal: su separación de Mileva Maric, con dos hijos por medio, era una fuente interminable de amargas desavenencias.

Einstein se refugiaba en el trabajo, pero también libraba una guerra en este plano pues mantenía una frenética competición con David Hilbert, el gran matemático de Gotinga que igualmente se encontraba trabajando, aunque desde un punto de vista puramente matemático, en la deducción de unas ecuaciones para la relatividad general. Según refiere Walter Isaacson, en su excelente biografía de Einstein, éste escribió en una carta a su hijo Hans Albert, el 4 de noviembre: "A menudo estoy tan enfrascado en mi trabajo que me olvido hasta de comer". Se encontraba además "agotado y agobiado" por dolores de estómago que no le permitían ir a Gotinga para debatir con Hilbert en persona.

Aún en este estado, Einstein fue capaz de concentrarse en el estudio de los tensores (unos objetos matemáticos similares a las matrices) y de la geometría no-euclídea de cuatro dimensiones, las herramientas que debían permitirle generalizar la teoría de la relatividad que, en una formulación restringida, había enunciado en 1905. Einstein se había comprometido previamente a dar una serie de cuatro conferencias al medio centenar de miembros de la Academia Prusiana en los jueves de noviembre. Y, mientras polemizaba epistolarmente con Hilbert, esa serie de conferencias constituyó el estímulo definitivo que le llevó a culminar su teoría.

En la primera de esas conferencias, impartida el día 4, rememoró las numerosas dificultades con que llevaba luchando durante los últimos años para encontrar las ecuaciones que debían regir el comportamiento del campo gravitatorio y puso de manifiesto que las que estaba considerando entonces no eran aún completamente satisfactorias; sabemos hoy que aún le faltaban tres semanas para lograrlo. En la segunda conferencia, presentó unas ecuaciones revisadas que no eran substancialmente mejores. En la tercera de las conferencias, el día 18, anunció que sus ecuaciones en el último formato eran capaces de explicar el movimiento de Mercurio (que no podía explicarse con la teoría tradicional de Newton) con total precisión y anunció un nuevo valor para la curvatura que debía sufrir un rayo de luz a su paso por la vecindad solar. El jueves siguiente, el día 25, fue cuando pronunció su famosa y apoteósica conferencia titulada "Las ecuaciones de campo de la gravitación" en la que presentó el conjunto de ecuaciones que culminaban la teoría de la Relatividad General.

Estas diez ecuaciones, conocidas hoy como "ecuaciones de Einstein", se expresan de una manera sorprendentemente compacta y elegante: $G = 8\pi T$. Es una manera concisa de decir que la geometría del espacio-tiempo

(representada por G) está determinada por los movimientos de los objetos materiales que se encuentran en su seno (representados por T) y, viceversa, que los movimientos de tales objetos están determinados por la curvatura del espacio-tiempo. De acuerdo con estas ecuaciones, espacio, tiempo, materia y energía forman un intricado entramado en el que cada uno de estos elementos tiene un efecto sobre los otros. Este mundo físico es muy diferente pues, a aquel de Newton en el que espacio y tiempo eran unos marcos absolutos inalterables en cuyo seno tienen lugar los movimientos de los cuerpos materiales. Muy al contrario, en el universo de Einstein, una masa situada en una zona del espacio hace que, en su entorno, el tiempo transcurra más lentamente y que el espacio se deforme y, a su vez, esta deformación determina el movimiento de otros objetos próximos.

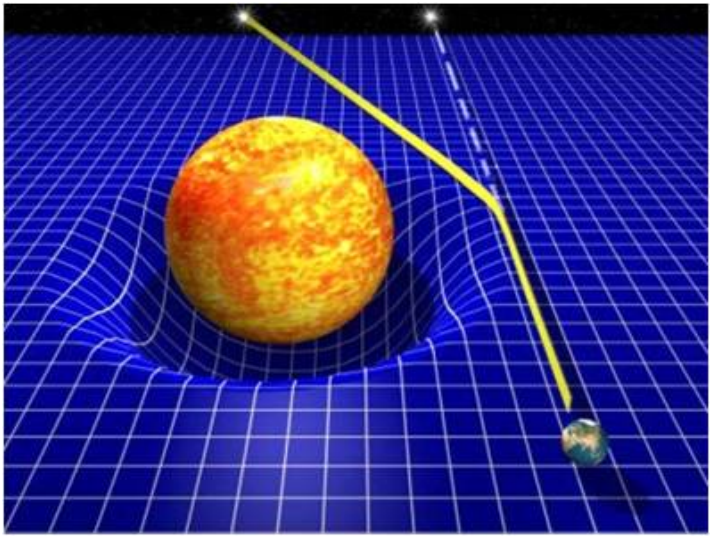


Figura 2: El efecto de una masa sobre la trayectoria de un rayo de luz.

Tal y como anunció en sus célebres conferencias de 1915, la propagación de la luz debía verse influida por la gravitación, lo que permitiría realizar comprobaciones experimentales. Por ejemplo, un rayo de luz que pase junto al Sol debía desviarse por 1,74 segundos de arco. El astrónomo británico Sir Arthur Eddington propuso entonces que una ocasión para medir la curvatura de la luz la brindaría el eclipse total de Sol del 29 de mayo de 1919. En efecto, durante un eclipse solar es posible observar estrellas brillantes en el entorno del astro rey. Si el Sol es capaz de desviar la trayectoria de los rayos de luz, algunas

de estas estrellas brillantes observadas en direcciones cercanas al Sol eclipsado deberían verse en posiciones aparentes diferentes respecto de sus posiciones habituales, medidas cuando el Sol se encuentre en una posición distante del firmamento. La Royal Society organizó dos expediciones a la zona de totalidad del eclipse, una al norte de Brasil y otra a la Isla del Príncipe, en el golfo de Guinea, para medir las posiciones estelares en la vecindad solar. Eddington comprobó así, de manera espectacular y ante una gran expectación a nivel mundial, que las pequeñísimas desviaciones de los rayos de luz predichas por la Relatividad General (1,74 segundos de arco equivalen a media milésima de grado) eran absolutamente reales.

Esta medida de la desviación de la luz venía a sumarse a la explicación precisa del movimiento de Mercurio anunciada en la tercera de las conferencias de la Academia de Prusia. Desde entonces, la teoría ha sido sometida a muchas más pruebas de las que siempre ha salido airosa. La Relatividad General resulta hoy imprescindible para calcular las distancias y las propiedades de los objetos más lejanos del universo y, de hecho, es en las condiciones de gravitación extrema, como las que se dan en las proximidades de los agujeros negros, donde la Relatividad General produce sus efectos más espectaculares.

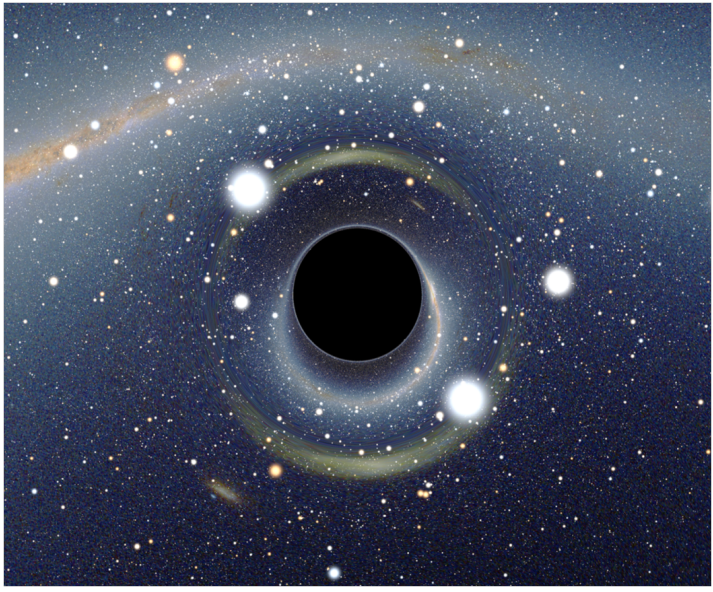


Figura 3: Recreación de un agujero negro.

Conviene destacar, sin embargo, que la Relatividad General no solo trata de elucubraciones teóricas y de descripciones de situaciones astrofísicas

extremas. Como es el caso para otras teorías, la Relatividad General es un resultado de la ciencia básica que encuentra grandes aplicaciones tecnológicas en la vida cotidiana. Por ejemplo, gracias a la Relatividad General funciona una tecnología que hoy puede parecernos banal: el GPS. En efecto, al estar sometido el satélite a una fuerza gravitacional menor que la que actúa en la superficie de la Tierra, el tiempo transcurre más rápidamente en el satélite GPS que en el receptor en tierra. Este efecto se suma a otro predicho por la relatividad restringida: la dilatación del tiempo ocasionado por la alta velocidad del satélite. Y ambos efectos, cuando se tienen en cuenta, hacen posible que el sistema GPS funcione correctamente.

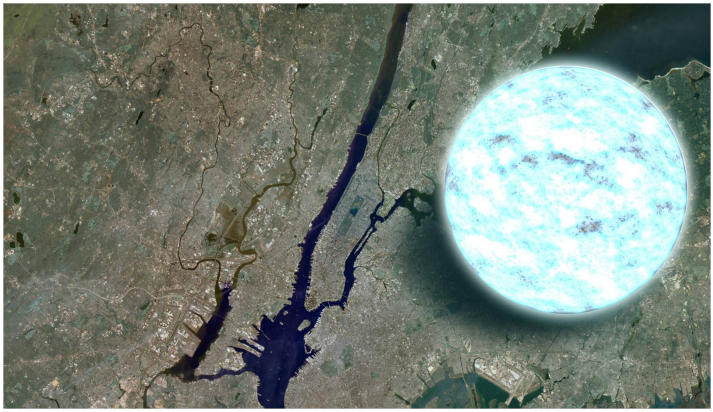


Figura 4: Una estrella de neutrones comparada con la ciudad de Nueva York.

Ondas en el espacio-tiempo

Una consecuencia teórica de la Relatividad General es que cuando las masas se mueven de manera acelerada deben producir unas ondulaciones o "arrugas" en el espacio-tiempo que son conocidas como ondas gravitacionales. Al propagarse, estas ondas comprimen el espacio en algunas zonas y lo estiran en otras. Naturalmente, tras la enunciación de la Relatividad General y la llegada de las primeras pruebas que corroboraban su validez, los físicos se pusieron inmediatamente a pensar en la manera de llegar a detectar las ondas gravitacionales. Sin embargo, se ha necesitado un siglo de trabajo para lograr su detección. Y se ha necesitado tan largo tiempo porque las fluctuaciones producidas en el espacio, por estas ondas, tienen un tamaño típico que es una milésima parte del tamaño de un protón. Para llegar a detectarlas se necesitaban, por un lado, grandes masas (como las contenidas en los agujeros negros) que se muevan y

que produzcan una buena cantidad de ondas y, además, un detector de altísima sensibilidad. Estas dos circunstancias se dieron por primera vez en el caso del experimento LIGO (Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory).

Pero no es esta la primera indicación observacional de la existencia de las ondas gravitacionales. En 1993, Russell Hulse y Joseph Taylor recibieron el Nobel de Física por el descubrimiento de un pulsar binario (esto es, un par de estrellas de neutrones orbitándose mutuamente) en el que el periodo orbital se va acortando progresivamente, y este acortamiento sucede de manera completamente consistente con la pérdida de energía por ondas gravitacionales predicha por Einstein en su teoría. Es cierto que no fue una detección directa de las ondas, pero sí una prueba indirecta de enorme valor.

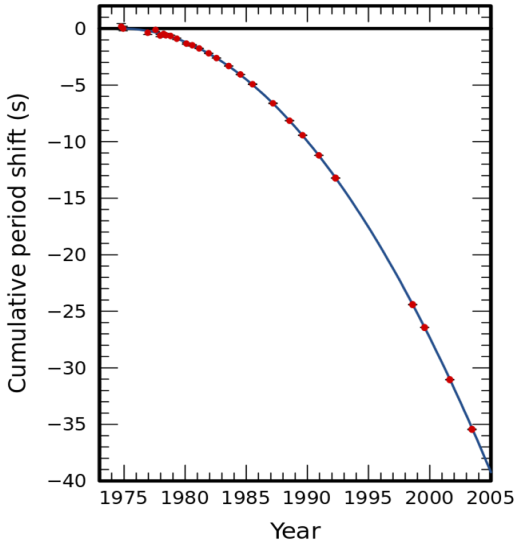


Figura 5: Variación en el tiempo del periodo del pulsar doble de Hulse y Taylor: prueba indirecta de emisión de ondas gravitacionales.

Como hemos dicho, las fluctuaciones producidas en el espacio por estas ondas son minúsculas. Para llegar a detectarlas se necesitaban, por un lado, grandes masas en movimiento, como las contenidas en un sistema binario de agujeros negros. Y además, se precisaban unos detectores de altísima sensibilidad, como el LIGO (en Estados Unidos) o el VIRGO (en Italia), sistemas de detección que funcionan por el principio de interferometría láser y que representan un auténtico alarde tecnológico en la ingeniería

óptica y mecánica. Como decíamos, son sistemas capaces de detectar distorsiones del orden de 10^{-18} metros en una longitud, la milésima parte del tamaño de un protón.

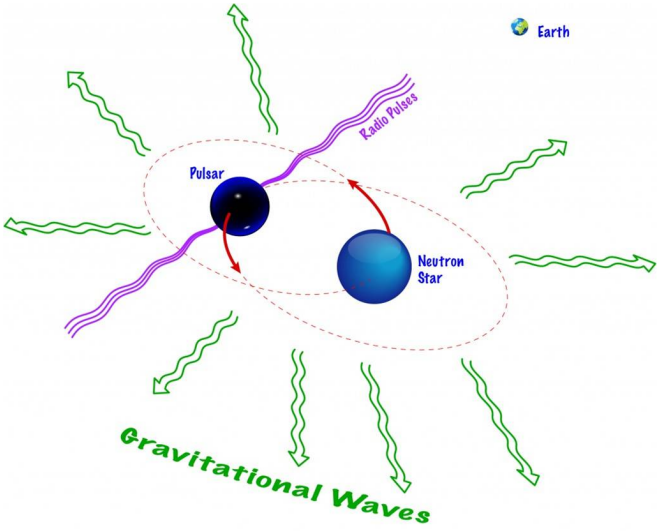


Figura 6: Esquema de la generación de ondas gravitacionales en un par de estrellas de neutrones.

El observatorio y la colaboración científica LIGO

En el observatorio LIGO que, como ya hemos señalado incluye un interferómetro láser, un rayo estrecho de luz láser es dividido y enviado en diferentes direcciones donde los haces luminosos se encuentran con espejos. Tras reflejarse en ellos, los haces de luz son recogidos en un detector. Si una onda gravitacional alcanza el interferómetro, la distancia entre espejos varía ligerísimamente y esta variación se traduce en una leve diferencia de fase entre los haces de luz recogidos por el detector. Estas ondas son tan débiles que cualquier otro fenómeno en las proximidades del interferómetro puede causar "ruido" que las enmascara. Para mejorar la sensibilidad en el proceso de detección, LIGO hace que sus haces de luz recorran 4 kilómetros en cada brazo del interferómetro, los detectores están suspendidos en el aire para evitar todas las vibraciones de la superficie terrestre y, finalmente, el interferómetro se construyó por duplicado, con una antena en Hanford, en el estado de Washington, y otra en Livingston, en el estado de Luisiana, separadas por 3 000 kilómetros, de forma que una vez

que llegase una onda extraterrestre pudiese detectarse simultáneamente en los dos lugares, y no quedase la duda de que la detección pudiese ser debida a un fenómeno local. Todo sumado, un espectacular alarde tecnológico.

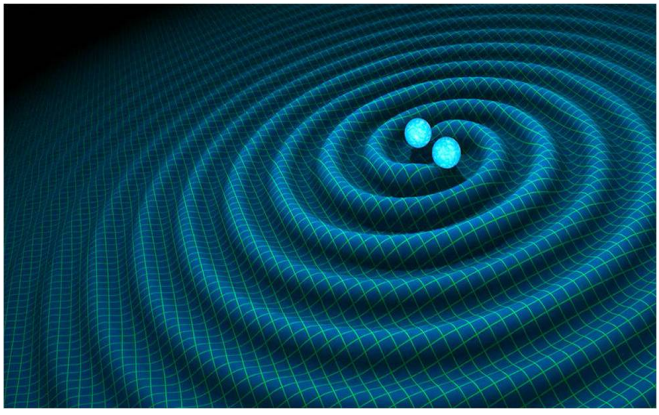


Figura 7: Recreación de la generación de ondas gravitacionales en un par de objetos compactos.

La Colaboración Científica LIGO (LSC, por sus siglas en inglés) es un grupo de 1 167 científicos del campo de la física de más de un centenar de universidades e instituciones de dieciocho países, cuya misión principal es la detección directa de ondas gravitacionales con el objetivo de emplearlas en la exploración de las leyes fundamentales de la gravedad, así como la investigación, desarrollo y perfeccionamiento de las técnicas para la detección y la puesta en marcha y uso de los detectores de ondas gravitacionales. La LSC desarrolla la investigación de LIGO que, como hemos señalado, es el mayor observatorio de ondas gravitacionales y uno de los experimentos físicos más sofisticados del mundo.

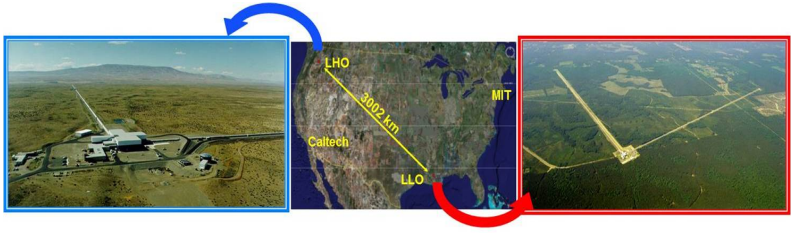


Figura 8: Los dos observatorios LIGO, en Hanford y Livingston | LIGO.

LIGO tiene sus orígenes en los años ochenta y su financiación inicial fue aprobada en 1992, lo que supuso la mayor inversión que la Fundación Nacional de Ciencias de Estados Unidos había hecho jamás. Está operado por el LIGO Laboratory, un consorcio del Instituto Tecnológico de California (Caltech) y el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y constituye un recurso internacional para físicos y astrofísicos de todo el mundo. En los años 2000, este conjunto de detectores se complementó con TAMA300 en Japón, GEO600 en Alemania y la Colaboración Virgo en Italia. En 2002, haciendo uso de las combinaciones de estos detectores, se hicieron las primeras observaciones conjuntas, que finalizaron en 2010 sin ninguna detección, aunque los datos recabados sirvieron para un rediseño completo de los instrumentos e infraestructuras. Estas mejoras se estuvieron realizando hasta 2014, cuando el denominado Advanced LIGO comenzó a funcionar con un aumento significativo de la sensibilidad y del volumen del universo a explorar.

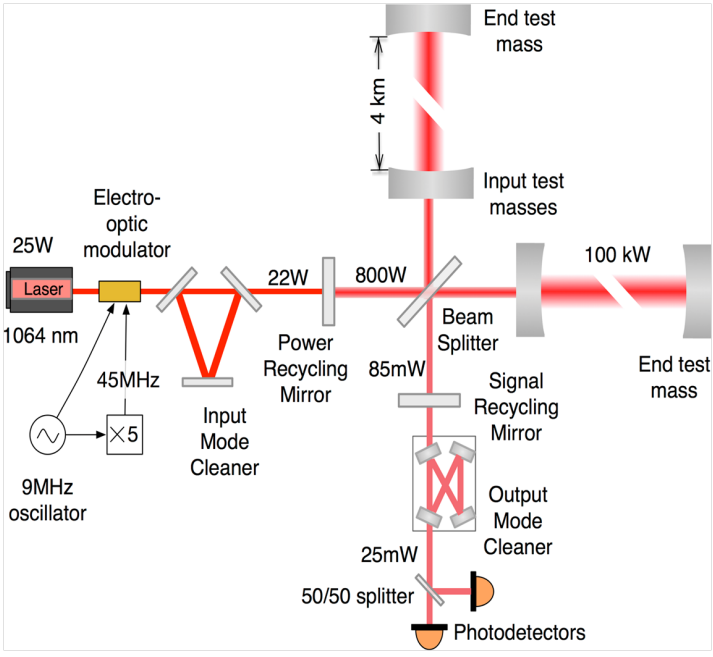


Figura 9: Esquema del interferómetro de Michelson que conforma cada observatorio LIGO | LIGO.

La LSC se financia a través de recursos públicos y privados procedentes de instituciones como la Fundación Nacional de Ciencias de Estados

Unidos, el Science and Technology Facilities Council de Reino Unido, la Sociedad Max Planck y el Estado de Baja Sajonia (Alemania), además de otros organismos de Australia, India, Italia, España, Hungría, Corea, Canadá, Brasil, Rusia, Taiwán y Estados Unidos.

Las detecciones

El 14 de septiembre del año 2015, una débil señal llegó a ambos detectores de LIGO con una diferencia de 7 milisegundos. Tras todas las comprobaciones de rigor, se realizaron simulaciones numéricas con superordenadores que mostraban que esta señal se explicaba perfectamente mediante la fusión de dos agujeros negros de masas en rangos estelares. Concretamente, el modelo que mejor explica las observaciones es el de dos agujeros negros de 30 y 35 masas solares que colisionan para formar uno de 62 masas solares, emitiendo al espacio, en forma de ondas gravitacionales, una energía equivalente a tres veces la contenida en el Sol. Como la colisión tiene lugar en 20 milisegundos, resulta que, durante ese cortísimo periodo de tiempo, la potencia (energía por unidad de tiempo) emitida en el proceso es mayor que la suma de la potencia de todas las estrellas del universo conocido. Así pues, el experimento no sólo corrobora la teoría de Einstein mediante la detección de las ondas gravitacionales, sino que ofrece una nueva prueba de la existencia de los agujeros negros y de la posibilidad de la fusión entre ellos para formar otros más masivos.

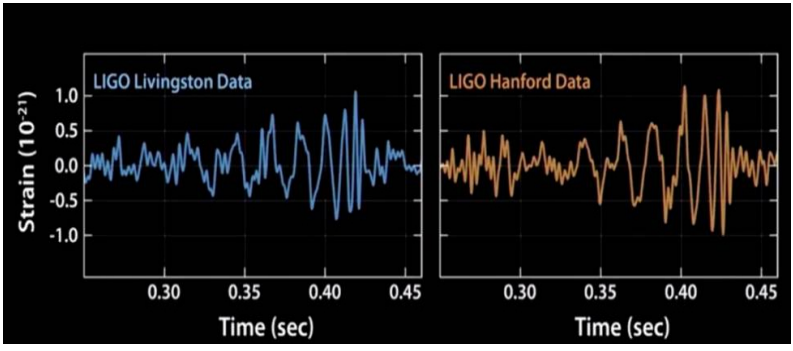


Figura 10: La detección con los dos observatorios LIGO del evento GW150914 | LIGO.

Tras esta primera detección, del 14 de septiembre de 2015, LIGO detectó otros *cuatro* episodios debidos a la fusión de dos agujeros negros con masas del orden de unas cuantas unidades o decenas de masas solares. El 15 de junio de 2016, se anunció la identificación de un segundo evento

de ondas gravitacionales, llamado GW151226, que se había detectado el 26 de diciembre del 2015 en los detectores de Livingston y Hanford. La señal fue detectada en Livingston 1,1 milisegundo antes que en Hanford, lo que permitió calcular la fuente de la señal a 1 400 millones de años luz de distancia. El 1 de junio de 2017 la LSC anunció una nueva detección de ondas gravitacionales, llamada GW170104, procedentes también del choque de dos agujeros negros, que se había producido el 4 de enero anterior. La siguiente detección de ondas gravitacionales corresponde al evento GW170608, de 8 de junio de 2017. Fue debida a la fusión de dos agujeros negros de 12 y 7 masas solares, que representan los valores más pequeños de masa observados hasta la fecha. Finalmente, el evento GW170814, de 14 de agosto de 2017, correspondió a la fusión de dos agujeros negros de 30 y 25 masas solares, y fue la primera detección conjunta de los instrumentos LIGO y VIRGO. Todos estos descubrimientos fueron hechos públicos en la prestigiosa revista Physical Review Letters.

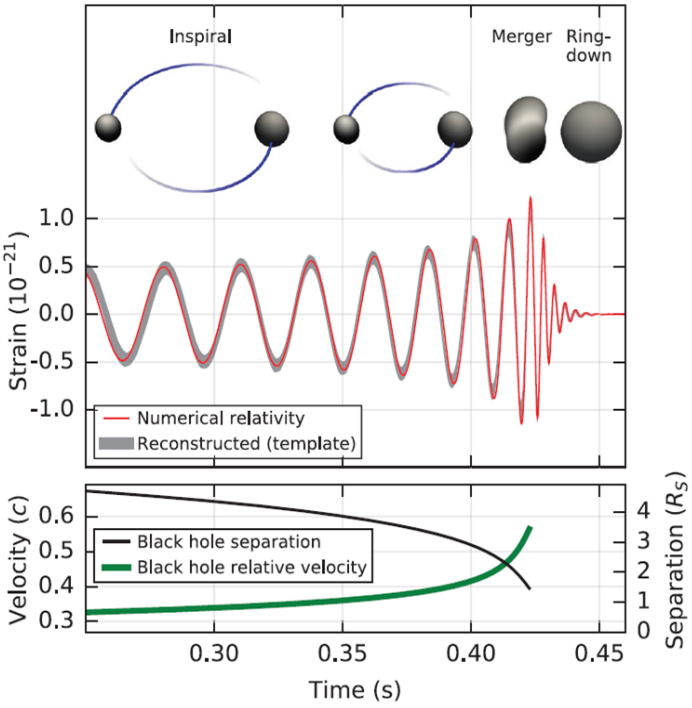


Figura 11: El modelo teórico que explica el evento GW150914 | LIGO.

Pero la comunidad astrofísica se revolucionó, quizás más aún, el 17 de agosto de 2017, cuando tanto LIGO como VIRGO detectaron un nuevo episodio de ondas gravitacionales: el evento denominado GW170817. La detección fue comunicada inmediatamente a todos los observatorios del mundo. Tan solo dos segundos tras la detección gravitacional, un brote de rayos gamma fue detectado con los telescopios espaciales Fermi (NASA) e INTEGRAL (ESA) en una región en torno la galaxia elíptica NGC4993. Esta galaxia, que se encuentra a 130 millones de años luz de distancia, en la constelación de La Hidra, se conoce desde el siglo XVIII: fue catalogada como una nebulosa, en 1789, por el gran astrónomo William Herschel.

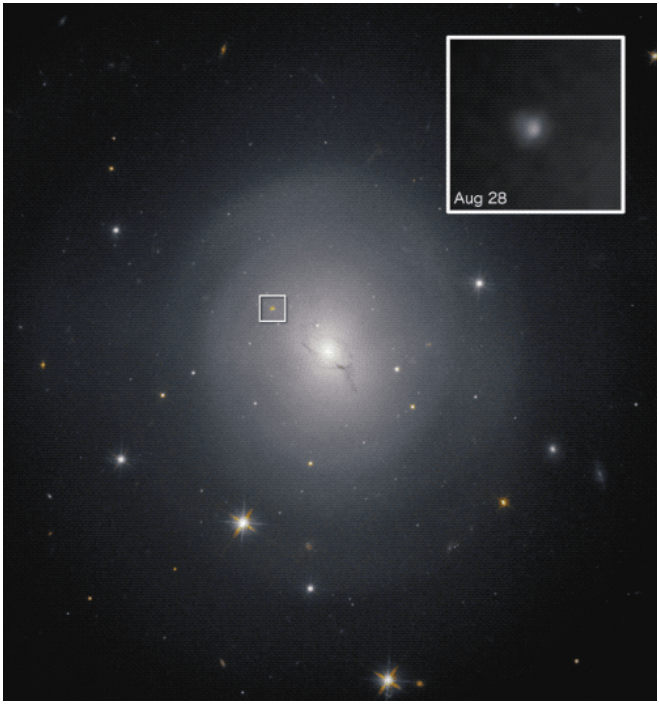


Figura 12: La galaxia NGC4993 y, en el recuadro el evento kilonova GW170817 | NASA/ESA/HST.

En la mayor campaña coordinada de observación de la historia de la astronomía, un gran número de telescopios terrestres y espaciales –entre los que se encontraban casi todos los mayores– apuntaron hacia esa zona del cielo. No se trataba de una búsqueda fácil, pues el área a explorar era unas 150 veces más extensa que la luna llena y se encontraba

relativamente próxima al Sol, por lo que sólo era posible observarla en el óptico durante una hora tras el crepúsculo. Pero a pesar de ello, 11 horas después y en un intervalo de tan solo 90 minutos, media docena de telescopios de gran campo habían identificado la aparición de una nueva fuente luminosa en NGC4993 y, a continuación, los telescopios mayores del mundo (tanto desde tierra como desde el espacio) comenzaron observaciones detalladísimas de ese nuevo punto de luz.

Desde agosto hasta ahora, miles de astrónomos han estado trabajando en el análisis de las masivas observaciones. La conclusión es que el evento del 17 de agosto de 2017 se produjo mediante la fusión catastrófica de dos estrellas de neutrones cuya masa conjunta era de 2,8 veces la masa del Sol.

Docenas de artículos científicos fueron publicados el pasado 16 de octubre de 2017 en las revistas más prestigiosas del mundo (Nature, Science, The Astrophysical Jounal, Physical Review Letters…) dando cuenta del fenómeno GW170817. En el artículo que describe las observaciones de seguimiento tras el descubrimiento participan casi 4 000 coautores de unas 900 instituciones de todo el mundo (por supuesto, varias españolas). Esto representa un tercio de la comunidad mundial de astrónomos profesionales.

Evidentemente, estas observaciones pioneras abren posibilidades completamente nuevas y están llamadas a originar una auténtica revolución astrofísica. Ahora ya es posible estudiar el comportamiento y composición de objetos sumamente masivos y compactos como las estrellas de neutrones, que concentran una masa mayor que la del Sol en una esfera de diámetro comparable al tamaño de una gran ciudad. Las ondas gravitacionales nos proporcionan una nueva herramienta para observar fenómenos que no eran observables previamente, nos abren una nueva ventana al universo.

La génesis del oro y de otros elementos pesados

Sabemos que el hidrógeno y el helio se formaron hace 13 800 millones de años, en el mismísimo Big Bang. Las primeras estrellas, constituidas exclusivamente por estos dos elementos, mediante las reacciones de fusión nuclear en sus interiores, fueron formando elementos más pesados como el carbono y el oxígeno. Pero por este proceso, tan solo se pueden formar los elementos hasta el hierro. Para formar otros elementos más pesados, como el oro y el platino, se precisa de un ámbito en el que núcleos más ligeros sean bombardeados por neutrones libres. Los astrónomos llevan décadas investigando en qué condiciones astrofísicas puede tener lugar un proceso de este tipo.

Cuando dos estrellas de neutrones colisionan se origina una explosión mil veces más brillante que las de las novas corrientes, de ahí que este tipo de explosiones se hayan designado como “kilonovas”. Los gases

expulsados en una kilonova a altísimas velocidades, de hasta el 30% la velocidad de la luz, poseen neutrones en gran abundancia y, por tanto, parecían lugares muy prometedores para la formación de núcleos más pesados que los del hierro. En los restos de la kilonova, los neutrones van desintegrándose convirtiéndose en protones (radiactividad beta), y estos dos tipos de partículas pueden combinarse entonces para formar núcleos atómicos que sufren el bombardeo del resto de los neutrones, llegando a formar así los elementos más masivos de la tabla periódica.

Como hemos indicado más arriba, tras la detección, el 17 de agosto de 2017, de las ondas gravitacionales procedentes de la galaxia NGC4993, se realizaron múltiples observaciones de esta galaxia con los telescopios más potentes del mundo. Las observaciones espectroscópicas realizadas con los mayores telescopios de ESO, como el Very Large Telescope equipado con el instrumento X-Shooter, revelaron la presencia de oro, platino, plomo y tierras raras en la kilonova que siguió a GW170817. Se confirmaba así la teoría de que los elementos más pesados que el hierro se gestan en la evolución del material nuclear que es eyectado al espacio tras la fusión de dos estrellas de neutrones. Se conocen 16 estrellas de neutrones binarias en la Vía Láctea y, a partir de este número, se estima que se da una colisión catastrófica de este estilo cada 50 000 años, aproximadamente. En cada colisión se crea una masa de oro tan grande como la masa de la Tierra, de donde se deduce que las colisiones entre estrellas de neutrones representan un fenómeno suficiente para crear todo el oro que observamos en el universo.

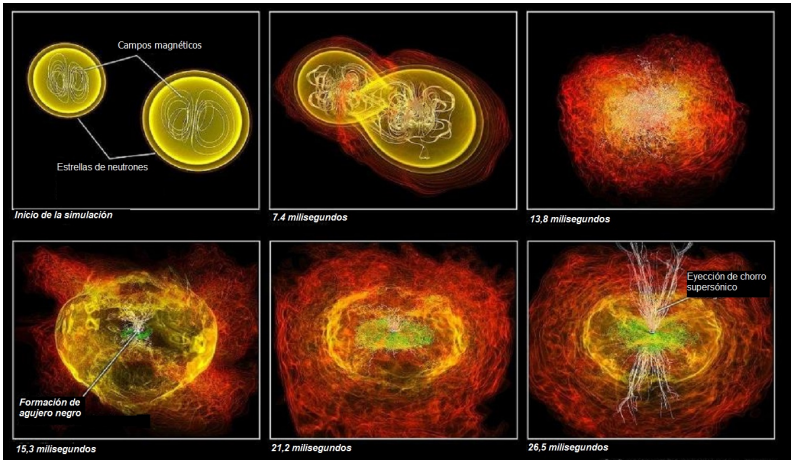


Figura 13: Simulación por ordenador de una explosión de tipo kilonova | NASA/AEI/ZIB/Koppitz and Rozzolla.

Presente y futuro de los observatorios de ondas gravitacionales

LIGO era un proyecto de alto riesgo. Comenzado en 1992, este observatorio ha supuesto una de las mayores inversiones realizadas jamás por la National Science Foundation (EE.UU.): unos 1 100 millones de dólares (aún así, esto es menos de dos milésimas del presupuesto militar norteamericano en 2015). A pesar de que sus primeras operaciones, entre 2002 y 2010, solo ofrecieron resultados negativos, la NSF atendió una nueva solicitud de los científicos para mejorar el instrumento y dotarlo de mayor sensibilidad. Una decisión que, a tenor de los resultados actuales, resultó ser muy acertada. La claridad de estas detecciones indica que, con sus prestaciones mejorando progresivamente, las nuevas versiones de LIGO serán capaces de detectar muchos más fenómenos de este estilo en un futuro próximo. Además, hay otras antenas gravitacionales empezando a funcionar en diferentes partes del mundo: GEO600 en Alemania, VIRGO en Italia, KAGRA en Japón y el propio LIGO proyecta una nueva estación en India, aprovechando el apoyo del gobierno de este país.

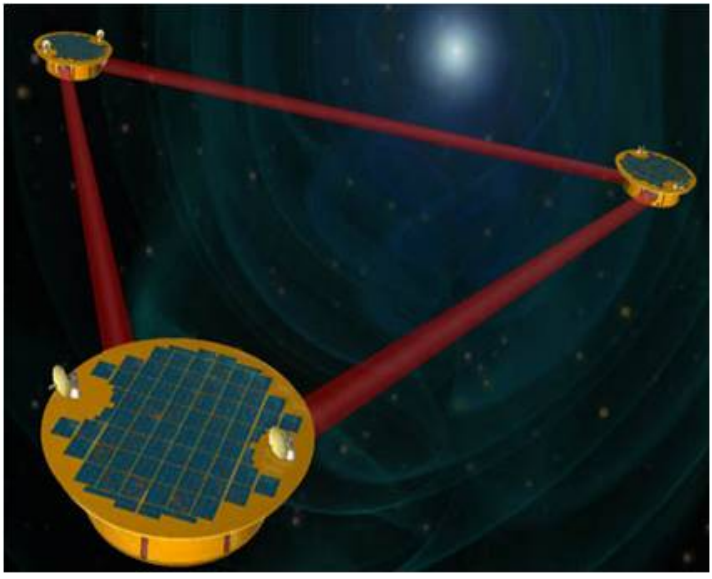


Figura 14: Ilustración del proyecto eLISA | ESA.

Finalmente, la Agencia Espacial Europea se encuentra preparando el proyecto eLISA (Evolved Laser Interferometer Space Antenna) constituido por tres naves espaciales que serían lanzadas hacia el año 2034. Se trata

de una versión espacial de LIGO en la que los brazos del interferómetro alcanzan un millón de kilómetros y en la que, obviamente, las distorsiones locales terrestres son completamente inexistentes. Hace tan solo unos meses que una pequeña misión espacial (LISA Pathfinder) ha demostrado la viabilidad de la tecnología que permite muy alta precisión en el posicionamiento de objetos suspendidos en el espacio, algo que es esencial para el interferómetro espacial. El interés de eLISA no solo reside en la mayor sensibilidad respecto de los experimentos terrestres, sino en la capacidad de detectar ondas de frecuencias mucho más bajas. Este detector debería ser capaz, por ejemplo, de detectar las ondas gravitacionales emitidas por el pulsar binario de Hulse y Taylor.

Implicaciones de la detección de ondas gravitacionales

La detección de ondas gravitacionales abre un nuevo capítulo en la observación del universo. Y es que hay fenómenos que no pueden ser estudiados mediante el análisis de la radiación electromagnética (lo que constituye la herramienta fundamental de la astronomía). Los fenómenos relacionados con los agujeros negros y algunos que sucedieron poco después del Big Bang podrán ahora ser estudiados mediante estas ondas y resulta muy difícil prever qué fenómenos nuevos van a descubrirse gracias a ellas.

Aparte del estudio del universo ¿habrá aplicaciones "realmente" prácticas? Desde luego el desarrollo de una tecnología tan exigente como la requerida por estos observatorios encontrará rápidamente aplicaciones en la vida diaria. Pero estas aplicaciones prácticas no son la única motivación de los físicos. Los físicos también estudian las ondas gravitacionales para comprender la gravitación, un ingrediente esencial de la naturaleza, para llegar a explicar y predecir el comportamiento del universo de la manera más precisa posible. El gran físico teórico Richard Feynman lo expresó con su inolvidable sentido del humor: "La física es como el sexo: por supuesto puede ofrecernos algunos resultados prácticos, pero ésta no es la razón por la que lo practicamos".

Gracias a la teoría de la Relatividad General de Einstein, contemplamos hoy el universo como un todo, un entramado en el que unas bellas ecuaciones describen la interconexión del espacio, el tiempo, la materia y la energía. Esta descripción integral del universo ha tenido una influencia decisiva en todas las teorías de la cosmología moderna que intentan explicar el origen y evolución del universo tratándolo como un ente único y completo. La teoría de Einstein es pues una genial combinación de intuición física y erudición matemática que posee unas implicaciones filosóficas de alcance asombroso. No es extraño que el propio Einstein calificase a esta teoría como "el mayor logro de mi vida".

Agradecimientos

El autor agradece calurosamente al Dr. Mario Tafalla, amigo y colega en el OAN, por una cuidadosa lectura del manuscrito que condujo a su mejora.

Bibliografía

Abbott, B. P. et al. (2016). Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger, Physical Review Letters, vol. 116, 061102.

Bartusiak, M. (2017). Einstein's Unfinished Symphony: The Story of a Gamble, Two Black Holes, and a New Age of Astronomy, Yale University Press.

Collins, H. (2004). Gravity's Shadow: The Search for Gravitational Waves. University of Chicago Press.

Collins, H. (2017). Gravity's Kiss: The Detection of Gravitational Waves, MIT Press.

Isaacson, W. (2008). Einstein. Su vida y su universo. Ed. Debate.

Kennefick, D. (2007). Traveling at the Speed of Thought: Einstein and the Quest for Gravitational Waves. Princeton University Press.

Levin, J. (2016). Black Hole Blues and Other Songs from Outer Space. Knopf.

Sánchez Ron, J.M. (2015). Albert Einstein. Su vida, su obra y su mundo. Ed. Crítica, Drakontos.

Sintes, A.M. y Borja, S. (2017). La observación de ondas gravitacionales con LIGO. Investigación y Ciencia, febrero de 2017.

Thorne, K. S. (1994). Black Holes and Time Warps: Einstein's Outrageous Legacy. W. W. Norton & Company.

Recursos en Internet

www.ligo.org

www.ligo.caltech.edu

www.advancedligo.mit.edu

www.nobelprize.org

Hear the chirp/the sound of two black holes colliding. https://www.youtube.com/watch?time_continue=1&v=egfBaUdnAyQ

Barish, C. B. (2017, 13 January). The Long Odyssey from Einstein to Gravitational Waves. The Royal Swedish Academy of Sciences. http://kva.screen9.tv/media/1OtpBoqgCGvsg_ifTD8kkg/the-long-odyssey-from-einstein-to-gravitational-waves

Thorne, K. S. (2016, 25 May). Disturbed Kerr Black Holes. The Royal Swedish Academy of Sciences. http://kva.screen9.tv/media/wkdjHKIXoijrB-sc0i9LKA/disturbed-kerr-black-holes

LIGO Generations. (2015). Kai Staats, https://vimeo.com/115282354

LIGO, a passion for understanding. (2014). Kai Staats, https://vimeo.com/88437726

ÍNDICE ALFABÉTICO DE MATERIAS

Index

Año
  duración, 132
Aberración
  ánua, 359
Achatamiento
  de la Tierra, 345
  de los planetas, 192
Acimut
  de la estrella Polar, 276–277
Albedo
  de satélites naturales, 228–233
  geométrico y de Bond, 191
Año
  duración del año juliano, 124
  duración media de distintos tipos de año, 123
Asteroides
  datos físicos, 252
  datos fotométricos, 252
  efemérides, 255–265
  elementos orbitales, 251
  magnitud, V, 253
  número de conocidos, 251
  oposición, 254
  rotación, 252

Calendario
  católico, 92–93
  domingo de Pascua, 92
  escritura numérica de fechas, 88
  explicación general, 88
  gregoriano, 91
  israelita, 96–98
  juliano, 93–94
  musulmán, 94–96
  perpetuo, 98–99
  reforma gregoriana, 91
Ceres
  datos fotométricos, 244
  descubrimiento, 245
  efemérides, 246
  elementos orbitales, 243
  masa, tamaño, 245
  traslación, 244
Cometas
  de corto periodo, 268–271
  de largo periodo, 267
  elementos orbitales, 267–270
  que pasan por el perihelio este año, 36, 266
Composición
  abundancia solar de elementos químicos, 135
  moléculas en el medio interestelar, 368
Constantes
  astronómicas, 363
  astronómicas para J2000, 135
  atómicas y espectroscópicas, 362
  cosmológicas, 363
  electromagnéticas, 362
  equivalencias útiles, 188, 312, 363
  factores de conversión, 363
  fundamentales, 362
  prefijos del SI, 364
Constelaciones

del cielo mes a mes, 38–61
esquemas, 288–293
posición y tamaño, 285–287
Coordenadas
aparentes (aberración), 359
geográficas, *see* Posiciones geográficas
medias (precesión), 356–358
verdaderas (nutación), 359
Corrección de las coordenadas
por aberración ánua, 359
por nutación, 359
por precesión, 356–358
por refracción atmosférica, 360–361
Crepúsculo
civil, náutico y astron., 158
visibilidad de los planetas, 18–20
Cúmulos estelares
abiertos o galácticos, 318
cerrados o globulares, 316

Día juliano, *DJ*
fórmula para este año, 13
Día
día de la semana, 91, 98–99
de la semana, 116–127
definición, 88, 102
del año, 116–127
durac. media del día sidéreo, 122
durac. media del día solar, 122
duración del día, 160
solar medio en los planetas, 191
Día juliano, *DJ*
DJ y día de la semana, 91
día a día, 116–127
día juliano modificado, 118
días julianos notables, 90, 117
descripción, 89, 118
durante una década, 90
mes a mes, 89
modificado, 91
para diversas épocas, 90
para una fecha gregoriana, 90
Distancia
angular y luminosa, 339
en el sistema solar, 240
en la Vía Láctea, 312
ley de Hubble, 339

Eclipses
de Luna durante el año, 72–76
de Luna futuros, 78
de Sol durante este año, 66–70
de Sol futuros, 77
durante el año próximo, 64, 65
durante este año, 15, 63
durante este siglo, 64
interpretación de las tablas, 76
Ecuación de los equinoccios
día a día, 116–127
definición, 106, 121
fórmula aproximada, 101, 107, 121
Ecuación de tiempo
día a día, 116–127
definición, 108, 125
fórmula aproximada, 108, 126
figura, 108
valores extremos y nulos, 127
Elipsoide terrestre, *see* Tierra
Enanos, planetas
datos fotométricos, 244
descubrimiento, 245
efemérides, 246
elementos orbitales, 243
masa, tamaño, 245
satélites, 245
traslación, 244

Equinoccios
de primavera y de otoño, 14
ecuación de los equinoccios, *see* id. id.
para este año, 15
Eris
datos fotométricos, 244
descubrimiento, 245
efemérides, 250
elementos orbitales, 243
masa, tamaño, 245
satélites, 245
traslación, 244
Escalas de tiempos, *see* Tiempo
convenio para el ANUARIO, 13
Estaciones
duración, 14, 15
fechas extremas de inicio, 14
inicio para este año, 15
Estrellas
brillantes, 299–304
cálculo de coordenadas aparentes, 356–361
cercanas, 299
constelaciones, *see* Constelaciones
de gran mov. propio, 299
dobles, 304–307
equivalencias en distancias, 312
magnitud y brillo, 310
nombres usuales, 295–296
ocultación por la Luna, 35
Pléyades, 296
Polar, *see* Polar
variables, 307–310
variables tipo Mira, 280

Fases de la Luna, 14
Fecha
escritura normalizada, 88
juliana, 89
Fenómenos astronómicos
día a día, 37–61
resumen anual, 14–36

Galaxias
brillantes, 335
cúmulos de galaxias, 336
cuásares, 335
del Grupo Local, 331
en catálogo de Messier, 323–325
infrarrojas, 336
ley de Hubble, 339
nombres usuales, 331–333
radiogalaxias, 335
tabla de distancias, 339

Haumea
datos fotométricos, 244
descubrimiento, 245
efemérides, 248
elementos orbitales, 243
masa, tamaño, 245
satélites, 245
traslación, 244

Interpolación
directa, 364–366
inversa, 366

Júpiter
conjunción y oposición, 17
constelaciones recorridas, 17
datos orbitales, físicos y fotométricos, 189–193
efemérides, 202
efemérides orbitales, 17
efemérides para observaciones físicas, 203
posición de los satélites galileanos, 234–239
satélites, 220–233
visibilidad (en 2019), 18–20

Luna
apogeo y perigeo, 186
comparación con otros satélites, 220–233

coord. topocéntricas, 166
datos físicos, 165
distancia a la Tierra, 164, 185
eclipses, *see* Eclipses
edad, 185
elementos medios de la órbita, 164
fases
definición, 14, 185
en este año, 15, 185
libraciones, 165
meses, 165
ocultaciones, 33–36
órbita, 164
orto y ocaso en cualquier lugar, 181–183
paralaje, 184–185
paso por el meridiano, 183
semidiámetro, 183–185
unidades lunares, 163

Magnitud
de asteroides brillantes, 252
de cúmulos estelares, 316–318
de estrellas, 295–312
de galaxias brillantes, 335
de galaxias del Grupo Local, 331
de los planetas cada 20 días, 197–210
de objetos Messier, 323–325
de planetas en oposición, 191
de satélites en oposición, 228–233
definición, 310
del Sol: absolutas, aparentes, 133
diferencia de magnitudes y razón de brillos, 310
máxima de Mercurio, Venus y Marte, 16
media de Júpiter,. . . Neptuno, 17

Makemake
datos fotométricos, 244
descubrimiento, 245
efemérides, 249
elementos orbitales, 243
masa, tamaño, 245
traslación, 244
Marte
datos orbitales, físicos y fotométricos, 189–193
efemérides, 200
efemérides orbitales, 16
efemérides para observaciones físicas, 201
fenómenos en este año, 16
satélites, 220–233
visibilidad (en 2019), 18–20
Mercurio
datos orbitales, físicos y fotométricos, 189–193
efemérides, 196
efemérides orbitales, 16
efemérides para observaciones físicas, 197
fenómenos para este año, 16
tránsito, 16, 81–84
visibilidad (en 2019), 18–20
Meteoroides
lluvias de meteoros, 272
meteoros, 271

Nebulosas, *see* Vía Láctea
de emisión, 321
de reflexión, 321
en catálogo de Messier, 323–325
observación, 320–322
planetarias, 322
restos de supernova, 322
tipos, 318–320
Neptuno
conjunción y oposición, 17
constelaciones recorridas, 17
datos orbitales, físicos y fotométricos, 189–193

descubrimiento, 194
efemérides, 209
efemérides orbitales, 17
efemérides para observaciones físicas, 210
satélites, 220–233
Nutación
paso de coordenadas medias a verdaderas, 359

Oblicuidad de la eclíptica
durante el año, 132
Observaciones físicas
de los planetas, 197–210
del Sol, 138–149
Observatorios
en el mundo, 351
en España, 350
Ocultaciones
de asteroides por la Luna, 34
de estrellas por la Luna, 35
de planetas por el Sol, 34
de planetas por la Luna, 33
Orbita de la Tierra
afelio y perihelio extremos, 14
afelio y perihelio para este año, 15
datos orbitales, 189–191, 212
Ortos y ocasos
de la Luna, 181–183
de los planetas, 211
del Sol, 138–149, 152–155

Parsec, año luz, Unidad Astronómica
equival., múltiplos, 312, 363
Planetas
órbita, 188–190, 212
atmósfera, 193
datos físicos, 192
declinación durante el año, 194
descubrimiento, 194
efemérides, 196–211
elementos orbitales, 190, 212
fórmulas, 212
fenómenos en este año, 16–17
fotometría, albedo, 191
magnetosfera, 193
masa, tamaño, 192
ocultación por la Luna, 33
ortos y ocasos en cualquier lugar, 211
paso por el meridiano, 212
posiciones geocéntricas y heliocéntricas, 212–214
rotación, 191
satélites, *see* Satélites
sistema planetario, *see* Sistema solar
traslación, 190
visibilidad en este año, 18–20
Plutón
datos fotométricos, 244
descubrimiento, 245
efemérides, 247
elementos orbitales, 243
masa, tamaño, 245
satélites, 245
traslación, 244
Polar (estrella)
coord. ecuat. aparentes, 276–277
coord. ecuatoriales J2000, 273, 275
coord. horizontales, 274
determinación de la latitud, 274
Polo Norte
de la Vía Láctea, 314
del sistema solar, 188
del Sol, 133
Posiciones geográficas
ciudades españolas, 348–349
convenios, 13
observatorios españoles, 350
observatorios mundiales, 351
Precesión

cálculo aproximado, 356
cálculo exacto, 358
efecto sobre las coordenadas ecuatoriales, 356–358

Refracción
corrección de la altura observada, 360–361
fórmula aproximada, 360

Satélites
datos físicos, 228–233
descubrimiento, 224–228
elementos orbitales, 220–224
fotometría, 228–233
nombres, 220–224
periodos, 224–228
posición de los satélites galileanos, 234–239
Saturno
conjunción y oposición, 17
constelaciones recorridas, 17
datos orbitales, físicos y fotométricos, 189–193
efemérides, 204
efemérides orbitales, 17
efemérides para observaciones físicas, 205
inclinación de los anillos, 17
satélites, 220–233
visibilidad (en 2019), 18–20
Semana
día de la semana corresp. a un día juliano, 91
día de la semana corresp. a una fecha, 98–99
numeración, 88
Sistema solar
asteroides, *see* Asteroides, *see* Asteroides
cometas, *see* Cometas
equivalencia en distancias, 240
meteoroides, *see* Meteoroides
sistema planetario, 188, 242
unidades, 188
Sol
abundancia de elementos químicos, 135
afelio y perihelio, 15
azimut de orto y ocaso, 156
cálculos aproximados, 150
coord. ecuatoriales, 138–149
coord. ecuatoriales aprox., 151
coord. heliográficas, 138–149
crepúsculos, 158–159
culminación, orto y ocaso en Madrid, 138–149
datos físicos, 132
distancia a la Tierra, 150–151
duración del día, 159–160
eclipses, *see* Eclipses
eje de rotación, *P*, 138–149
entrada en signos del zodíaco, 17
luminosidad, 133
manchas solares, 162
movimiento diario, 150–151
movimiento en el espacio, 134
ocultaciones, 34
órbita, 132
orto y ocaso en otro lugar, 152–154
ortos y ocasos extremos en Madrid, 160
paralaje horizontal, 150–151
paso por el meridiano, 161
paso por el primer vertical, 157
rotación, 133
rotaciones sinódicas, 161
semidiámetro, 150–151
tiempo de paso del semidiámetro, 150–151
unidades solares, 131
viento solar, 134
Solsticios

de verano y de invierno, 14
para este año, 15

Tiempo
DUT1, 105
civil, 108
de efemérides, *TE*, 102
ecuación de los equinoccios, *see* id. id.
ecuación de tiempo, *see* id. id.
emisores de señales de tiempo, 109–110
escala atómica, *TAI*, 102
escalas de tiempo, 102–108
horario adelantado, 111–112, 115
husos horarios, 110
meses (calendario), 116–127
meses (Luna), 165
oficial
en los paises del mundo, 110–114
explicación, 110
oficial en España, 115
sidéreo, 106–107, 120
sidéreo local, fórmula, 101, 107
sidéreo verdadero en Greenwich día a día, 116–127
siglo, milenio, 89
solar medio y verdadero, 107–108, 119
Tiempo Atómico Internacional, 102
tiempos dinámicos, 102–103
Universal Coordinado, *UTC*, 104–105, 109–110
Universal, *TU, UT1*, 103
Tierra
comparación con otros planetas, *see* Planetas
distancia al Sol, 150–151
elipsoides de referencia, 345–347
masa, tamaño, 344
órbita, *see* Orbita de la Tierra
periodo de rotación, 122
rotación, 345
satélites, 220–233
unidades terrestres, 343
Tránsitos, 79–84

Unidades
astronómicas, 312, 363
día, 102
equivalencias útiles, 188, 312
factores de conversión, 363
segundo, 102
Urano
conjunción y oposición, 17
constelaciones recorridas, 17
datos orbitales, físicos y fotométricos, 189–193
descubrimiento, 194
efemérides, 207
efemérides orbitales, 17
efemérides para observaciones físicas, 208
satélites, 220–233
visibilidad (en 2019), 18

Vía Láctea
cúmulos, *see* Cúmulos estelares
características cerca del Sol, 315
características globales, 314
nebulosas, *see* Nebulosas
nubes moleculares, 320
Venus
datos orbitales, físicos y fotométricos, 189–193
efemérides, 198
efemérides orbitales, 16
efemérides para observaciones físicas, 199
fenómenos en este año, 16
tránsitos, 16
visibilidad (en 2019), 18–20

Zodíaco
definición, 17
entrada del Sol en signos, 17