

Anuario del Real Observatorio 2016

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO
INSTITUTO GEOGRÁFICO Nacional

ANUARIO DEL REAL OBSERVATORIO DE MADRID PARA 2016

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.

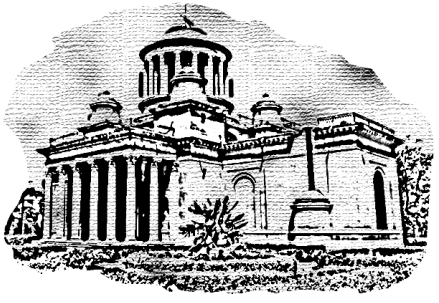
Programa editorial 2015
Depósito legal: **M. 7.390-1958**
NIPO: **162-09-...-.**
ISSN: **0373-...**

Cubierta: La imágen es una composición digital formada por 75 imágenes de los anillos de Saturno, tomadas durante el equinoccio por la nave Cassini-Huygens, en agosto del 2009. Los anillos aparecen inusualmente oscuros y se puede divisar sobre las nubes de Saturno la débil línea que produce su sombra. Cortesía de Cassini Imaging Team, ISS, JPL, ESA, NASA.

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 2016



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

En el prólogo del Anuario del pasado año se resaltaban algunos acontecimientos llamados a marcar el comienzo de una nueva etapa en el devenir del Real Observatorio de Madrid (ROM); más en concreto, en lo que se refiere a la naturaleza y capacidades científico-técnicas de sus dependencias, instalaciones y misiones a su cargo. En el año transcurrido desde entonces se han ido dando pasos en esa dirección, señalados por hitos como, por ejemplo, la inauguración, el pasado 20 de mayo, por el Presidente del Gobierno Regional de Azores, D. Vasco Alves Cordeiro, y por el Director General del IGN, D. Amador Elena Córdoba, de la nueva estación de RAEGE (Red Atlántica de Estaciones Geodinámicas y Espaciales) en Santa María, y de su radiotelescopio de 13,2 m de diámetro (segundo de los cuatro que constituirán dicha Red), al que se ha dado el nombre de "Colombo".

Son también hitos significativos, la dotación habida al Observatorio de Yebes (OY) de máquinas, herramienta y equipos de laboratorio por valor de más de 1,6 M€(dotación con la que se potencia notablemente al OY como ICTS, y como Centro Nacional de Tecnologías Radioastronómicas y Aplicaciones Geoespaciales); o por mencionar un tercero, la conclusión de la primera fase de la instalación de la red de vigilancia volcánica de la isla de La Palma (estaciones sísmicas y de GPS), con lo que ya es posible hacer el seguimiento de la actividad sísmica local y el control de las deformaciones del terreno en la isla (dos de los parámetros más importantes en el seguimiento de la evolución de una crisis volcánica).

En lo que se refiere a progresos de carácter institucional habidos en 2015, cabe señalar la conversión del Instituto Conjunto Europeo para VLBI (JIVE) –fundación bajo la Ley holandesa creada en 1993 por siete instituciones europeas, una de ellas el IGN- en uno de los primeros Consorcios Europeos de Infraestructuras de Investigación (ERIC). Así, desde el pasado 21 de abril de 2015 –día de su inauguración oficial- el anterior JIVE ha pasado a ser el JIVERIC, y sus miembros han pasado a ser los estados correspondientes de las anteriores instituciones.

Por último, sólo nos queda mencionar la incorporación al equipo científico-técnico del Observatorio Geofísico Central (OGC) del recién ingresado Ingeniero Geógrafo, Héctor Lamolda Ordóñez, y de las contratadas laborales expertas en Gravimetría y Geodesia Espacial, Marta Calvo García-Maroto y Elena González Alonso; incorporaciones que representan una apreciable potenciación del personal científico-técnico del OGC.

Jesús Gómez González
Subdirector General de Astronomía, Geofísica y Aplicaciones Espaciales
Director del Real Observatorio de Madrid

Noviembre de 2015

CAMBIOS RESPECTO DE LAS EDICIONES PRECEDENTES

En esta edición del Anuario se han actualizado los datos del planeta enano Plutón y de sus lunas después del paso de la sonda New Horizons por sus alrededores. También hemos actualizado el tamaño de los asteroides Ceres y Vesta con los datos aportados por la sonda Dawn.

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 Real Observatorio de Madrid (ROM) puede ser obtenida a través de internet en http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Astronomia/. En tal dirección electrónica se encuentran sucintas descripciones de las sedes que componen el ROM y de las principales áreas de investigación científica y tecnológica, además de información al público relativa a efemérides astronómicas y visitas a las sedes del ROM. También figura información sobre el Anuario y los artículos de divulgación publicados desde 1994.

La correspondencia sobre el ANUARIO debe ser enviada a:

Anuario del Real Observatorio de Madrid
C/ Alfonso XII, 3
28014 Madrid

La correspondencia relativa a los artículos de divulgación debe ser enviada al autor correspondiente.

María Sánchez Ramos.
Astrónoma.

REAL OBSERVATORIO DE MADRID

Personal científico-técnico del IGN (Subdirección General Astronomía, Geofísica y Aplicaciones Espaciales) que presta sus servicios en el ROM.

Dirección:

Gómez González, Jesús, *Subdirector General de AGAE, Director del ROM*

Colomer Sanmartín, Francisco, *Coord. Científico-Técnico*

Martínez Peña, Begoña, *Jefa de Servicio*

Astronomía:

Bachiller García, Rafael, *Director del Observatorio Astronómico Nacional*

Alcolea Jiménez, Javier
Alonso Albi, Tomás
Desmurs, Jean-François
García Burillo, Santiago
Planesas Bigas, Pere
Sánchez Ramos, María
Soria Ruiz, Rebeca
Tafalla García, Mario
Usero Villanueva, Antonio

Geofísica:

López Moreno, Carmen, *Directora del Observatorio Geofísico Central*

Abella Meléndez, Rafael
Benito Saz, María Ángeles
Calvo García-Maroto, Marta
del Fresno , Carmen
Felpeto Rielo, Alicia
Fernández de Villalta, María
García Arias, María José
García Cañadas, Laura
Gomis Moreno, Almudena
González Alonso, Elena
Lamolda Ordóñez, Héctor
López Díaz, Rubén
Rueda Núñez, Juan José
Sainz-Maza Aparicio, Sergio
Villasante Marcos, Víctor

DIRECCIONES DE LAS DEPENDENCIAS DEL ROM

Sede central:

Real Observatorio de Madrid
Alfonso XII, 3
28014 Madrid

Gran Instalación Científica:

Observatorio de Yebes
Centro Nacional de Tecnologías Radioastronómicas y Aplicaciones Geoespaciales
Apartado 148
19080 Guadalajara

Sede en el campus de la Universidad de Alcalá:

Centro de Investigaciones Geográficas y Astronómicas
Observatorio Astronómico Nacional
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 77

Calendarios y tiempos:
- Calendarios 85
- Tiempos 99
  - Escalas de tiempo 100
  - Husos horarios 108
  - Tablas de tiempos 114

Efemérides astronómicas:
- El Sol:
  - Datos solares 129
  - Efemérides 134
  - Fórmulas, ortos, ocasos, etc 148
- La Luna:
  - Datos lunares 161
  - Efemérides 165
  - Fórmulas, ortos, ocasos, etc 179
- Los planetas:
  - Datos planetarios 186
  - Efemérides de los planetas 192
  - Fórmulas, ortos, ocasos, etc 208
- Satélites naturales:
  - Datos de los satélites 215
  - Satélites de Júpiter 230
  - Tabla de equivalencias para distancias 236
- Objetos menores del sistema solar:
  - Planetas enanos 238
  - Asteroides 247
  - Cometas 260
  - Meteoros y lluvias de meteoros 273
- Efemérides estelares:
  - Estrella Polar 275
  - Mínimos de Algol y β Lyr 280
  - Máximos de variables tipo Mira 281

Catálogos:
- Constelaciones 286
- Estrellas: 296
  - Brillantes 301
  - Dobles 306
  - Variables 308
- Relación entre magnitud y brillo 313
- Conversión de distancias en la Vía Láctea 314
- Vía Láctea:
  - Características de la Vía Láctea 316
  - Cúmulos estelares 318
  - Nebulosas 320
  - Catálogo de Messier de objetos difusos 325
- Objetos extragalácticos 329

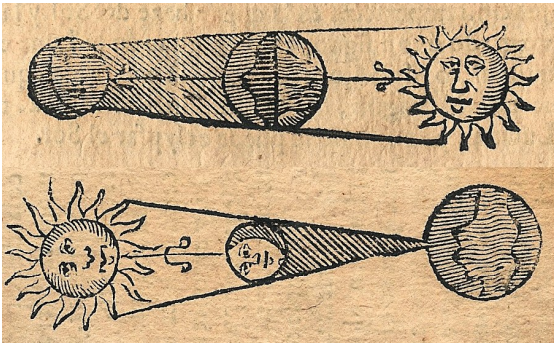
La Tierra:
- Datos físicos, geodésicos y cartográficos: 345
  - Elipsoides de referencia 347
  - Posiciones geográficas de ciudades 350
  - Posiciones geográficas de observatorios 352
- Datos geofísicos 354
  - Datos sísmicos 354
  - Datos geomagnéticos 364

Tablas complementarias:
- Corrección de coordenadas astronómicas:
  - Tablas y fórmulas de precesión 370
  - Fórmulas de nutación y aberración 373
- Corrección de refracción atmosférica 374
- Tablas de constantes físicas y astronómicas 376
- Interpolación numérica 378
- Moléculas interestelares 382

Artículos de divulgación:
- Una aproximación a la astronomía del antiguo Egipto desde diversas perspectivas
  por *José Lull* 389
- ¿Cuál es el destino de la Vía Láctea?
  por *Santiago García Burillo* 419

Indice alfabético 439

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:

$$\text{día juliano} = 2457387{,}5 + \text{día del año} + \mathrm{TU}/24^{\mathrm{h}}$$

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 2016

Inicio de las estaciones

Hemisferio boreal	Fecha y hora en Tiempo Universal (TU)	Hemisferio austral	duración en días
Primavera	20 de marzo a las 04^h30^m	Otoño	92,75
Verano	20 de junio a las 22^h34^m	Invierno	93,66
Otoño	22 de setiembre a las 14^h21^m	Primavera	89,85
Invierno	21 de diciembre a las 10^h44^m	Verano	88,99

Órbita de la Tierra

Perihelio (distan. mínima)	2 de enero a las 23^h TU	0,983305 ua
Afelio (distan. máxima)	4 de julio a las 16^h TU	1,016751 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	02	05	30
Ene	10	01	31	Ene	16	23	26	Ene	24	01	46	Feb	01	03	28
Feb	08	14	39	Feb	15	07	46	Feb	22	18	20	Mar	01	23	11
Mar	09	01	54	Mar	15	17	03	Mar	23	12	01	Mar	31	15	17
Abr	07	11	24	Abr	14	04	00	Abr	22	05	24	Abr	30	03	29
May	06	19	30	May	13	17	02	May	21	21	14	May	29	12	12
Jun	05	03	00	Jun	12	08	10	Jun	20	11	02	Jun	27	18	19
Jul	04	11	01	Jul	12	00	52	Jul	19	22	57	Jul	26	23	00
Ago	02	20	44	Ago	10	18	21	Ago	18	09	27	Ago	25	03	41
Set	01	09	03	Set	09	11	49	Set	16	19	05	Set	23	09	56
Oct	01	00	11	Oct	09	04	33	Oct	16	04	23	Oct	22	19	14
Oct	30	17	38	Nov	07	19	51	Nov	14	13	52	Nov	21	08	33
Nov	29	12	18	Dic	07	09	03	Dic	14	00	06	Dic	21	01	56
Dic	29	06	53												

Eclipses

Fecha	Astro	Tipo	Visibilidad
Mar 8/9	Sol	total	este de Asia, Australia y océano Pacífico.
Mar 23	Luna	penumbral	Asia, Australia, océano Pacífico y América.
Set 1	Sol	anular	océano Atlántico, África y océano Índico
Set 16	Luna	penumbral	océano Pacífico, Australia, África y Europa.

En 2017 habrá dos eclipses de Sol y dos de Luna. El próximo eclipse solar visible en el oeste de España en sus últimas fases tendrá lugar el día 21 de agosto de 2017.

Mercurio

Máximas elongaciones												
Oeste			Este			Oeste			Este			
Feb	7	25°,6	Abr	18	19°,9	Jun	5	24°,2	Ago	16	27°,4
Set	28	17°,9	Dic	10	20°,8						

Órbita	
Estacionario	Ene 5, Abr 29, Ago 30, Dic 19
Conjunción inferior	Ene 14, May 9, Set 12, Dic 28
Estacionario	Ene 25, May 21, Set 21
Conjunción superior	Mar 23, Jul 7, Oct 27
Perihelio	Ene 8, Abr 5, Jul 2, Set 28, Dic 25
Afelio	Feb 21, May 19, Ago 15, Nov 11

Brillo máximo (magnitud V)		
Mar	24	−1,9
Jul	6	−2,1
Oct	26	−1,3

El próximo tránsito de Mercurio por delante del Sol se producirá el 9 de mayo de 2016.

Venus

Órbita		
Conjunción superior	Jun 6	1,735 ua
Afelio	Mar 20, Oct 31	
Perihelio	Jul 11	

Brillo máximo (magnitud V)		
Jun	9	−3,8

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

Marte

Órbita		
Estacionario	Abr 17	
En nodo descendente	Abr 28	
Oposición	May 22	0.514 ua
Máximo acercamiento a la Tierra	May 30	0,50321 ua
Estacionario	Jun 30	
Perihelio	Oct 29	1,381 ua
Estaciones en el hemisferio Norte:		
Solsticio de verano	Ene 3	
Equinoccio de otoño	Jul 4	
Solsticio de invierno	Nov 28	

Brillo máximo (magnitud V)		
May	23	−2,1

Planetas exteriores

Planeta	Conjunción	Estacionario	Oposición	Estacionario	Conjunción
Júpiter		Ene 8^d20^h	Mar 8^d10^h	May 9^d23^h	Set 26^d6^h
Saturno		Mar 25^d13^h	Jun 3^d6^h	Ago 13^d18^h	Dic 10^d11^h
Urano	Abr 9^d21^h	Jul 30^d2^h	Oct 15^d10^h	Dic 29^d17^h	
Neptuno	Feb 28^d16^h	Jun 14^d9^h	Set 2^d16^h	Nov 20^d10^h	

Planeta	Distancia media al Sol (ua)	Brillo medio en magnitudes	Constelaciones recorridas
Júpiter	5,4	−1,9	Leo/Virgo
Saturno	10,0	+0,4	Escorpio
Urano	20,0	+5,8	Piscis
Neptuno	30,0	+7,9	Acuario

Los días 8 de marzo y 3 de junio se producirán los máximos acercamientos anuales de Júpiter y Saturno a la Tierra, alcanzando unos diámetros de $44''.4$ y $18''.5$, respectivamente.

Venus, muy brillante, será ocultado por el Sol en su conjunción superior del día 6 de junio.

El 21 de septiembre se produrirá el paso de Júpiter por el Ecuador Celeste, en ese momento su declinación será de 0°y cruzará el Ecuador de norte a sur, además el 28 de diciembre Júpiter tendrá una latitud extrema de $+1°.3$.

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 2016 de 26°.

Entrada del Sol en los signos del zodíaco (TU)

Acuario	Ene	20^d	15^h	28^m	Leo	Jul	22^d	09^h	31^m
Piscis	Feb	19^d	05^h	34^m	Virgo	Ago	22^d	16^h	39^m
Aries	Mar	20^d	04^h	30^m	Libra	Set	22^d	14^h	21^m
Tauro	Abr	19^d	15^h	30^m	Escorpio	Oct	22^d	23^h	46^m
Géminis	May	20^d	14^h	37^m	Sagitario	Nov	21^d	21^h	23^m
Cáncer	Jun	20^d	22^h	34^m	Capricornio	Dic	21^d	10^h	44^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 2016

Planeta	En el crepúsculo matutino			En el crepúsculo vespertino		
Mercurio		–		Ene 1	–	Ene 9
	Ene 20	–	Mar 14	Abr 1	–	May 1
	May 27	–	Jun 30	Jul 15	–	Ago 28
	Set 20	–	Oct 16	Nov 14	–	Dic 23
Venus	Ene 1	–	Abr 17	Jul 13	–	Dic 31
Marte	Ene 1	–	May 27	May 13	–	Dic 31
Júpiter	Ene 1	–	Mar 21	Mar 3	–	Set 13
	Oct 9	–	Dic 31		–	
Saturno	Ene 1	–	Jun 13	May 26	–	Nov 24
	Dic 27	–	Dic 31		–	
Urano		–		Ene 1	–	Mar 14
	May 24	–	Oct 20	Oct 6	–	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.

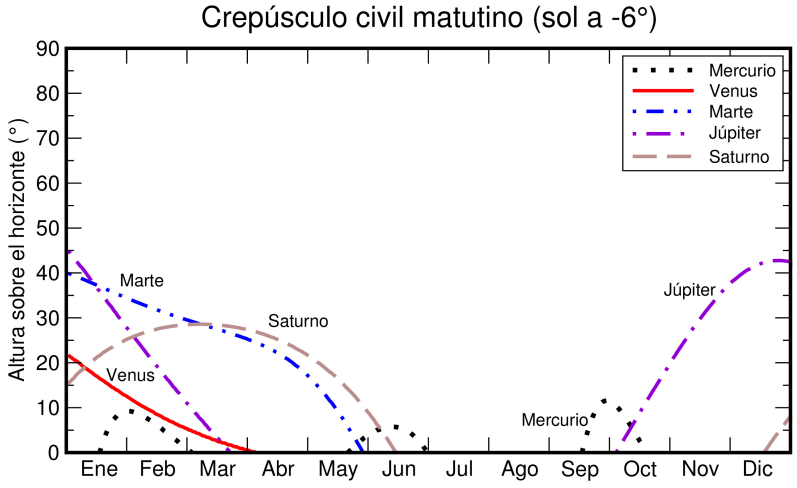
En el año 2016 Mercurio será visible en diversas ocasiones antes de amanecer, como se indica en la tabla y en las ilustraciones siguientes. El brillo es mayor hacia el final de cada uno de los periodos, lo que hace más favorable la observación. Será también visible en varias épocas en el crepúsculo vespertino, siendo su brillo mayor al principio de cada periodo.

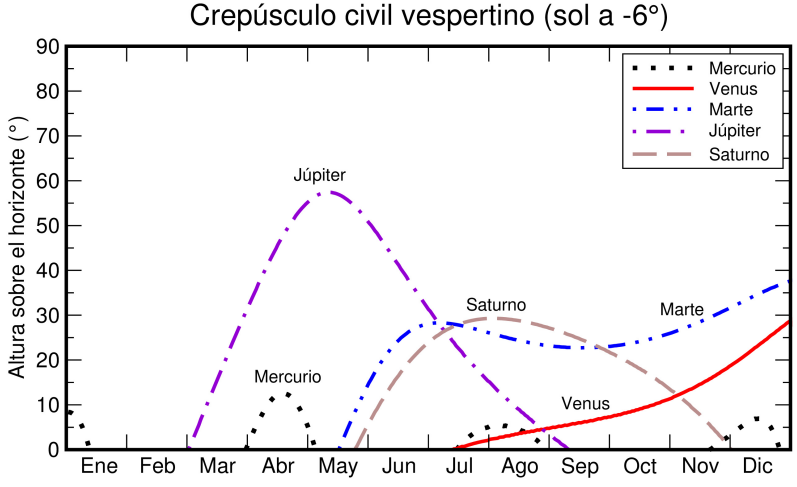
Venus se verá como lucero matutino desde el comienzo del año hasta mediados de abril y como astro vespertino desde mediados de julio a finales de año, alcanzando su máximo brillo (magnitud $-3{,}8$) en junio.

Marte será visible al amanecer desde principios de año a mediados de mayo, se verá muy brillante toda la noche (magnitud $-2{,}1$) la segunda quincena de mayo, pasando a ser visible al atardecer hasta finales de año.

Júpiter será visible al amanecer de enero a marzo, durante la mayor parte del mes de marzo se verá toda la noche, pasando a verse al atardecer hasta mediados del mes de setiembre, terminará siendo visible al amanecer desde octubre hasta el final de año.

Saturno será visible al amanecer desde primeros de año hasta mediados de mayo, durante la segunda quincena de mayo y primera de junio se verá toda la noche, pasando a verse al atardecer hasta finales de noviembre, volverá a ser visible al amanecer a finales de diciembre. La inclinación media de sus anillos será de 26°.





Visibilidad de los planetas mes a mes

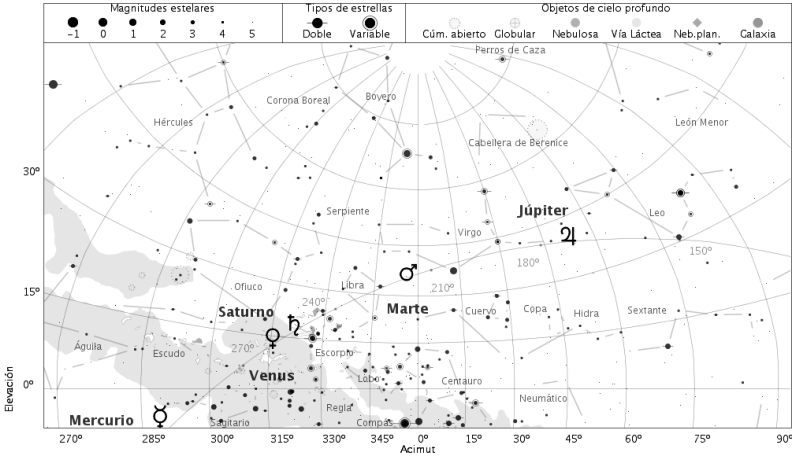
Enero	Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno son visibles al amanecer. Al atardecer es visible Urano.
Febrero	Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno lucen por la mañana y Urano al atardecer.
Marzo	Venus, Marte y Saturno siguen siendo visibles al amanecer, Júpiter será visible toda la noche y Urano se verá al atardecer hasta mediados de mes.
Abril	Marte, Saturno y, hasta mediados de mes, Venus serán visibles al amanecer, Mercurio y Júpiter serán visibles al atardecer.
Mayo	Saturno y Marte serán visibles al amanecer, pasando a mediados de mes a ser visibles toda la noche, al atardecer será visible Júpiter.
Junio	Mercurio y Urano se verán al amanecer, Saturno será visible toda la noche hasta mediados de mes, pasando a ser visible al atardecer junto a Marte y Júpiter.
Julio	Urano sigue siendo visible al amanecer y Marte, Júpiter, Saturno y, desde mediados de mes, Venus serán visibles al atardecer.
Agosto	Urano seguirá siendo visible al amanecer. Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno se verán al atardecer.
Septiembre	Urano seguirá siendo visible al amanecer, Venus, Marte, Saturno y, hasta mediados de mes, Júpiter será visible al atardecer.
Octubre	Mercurio y Júpiter serán visibles al amanecer, Urano será visible toda la noche y Venus, Marte y Saturno serán visibles al atardecer.
Noviembre	Júpiter seguirá siendo visible al amanecer, Mercurio, Venus, Marte, Saturno y Urano serán visibles al atardecer.
Diciembre	Júpiter y, los últimos días del mes, Saturno son visibles al amanecer. Mercurio,Venus, Marte y Urano al atardecer.

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

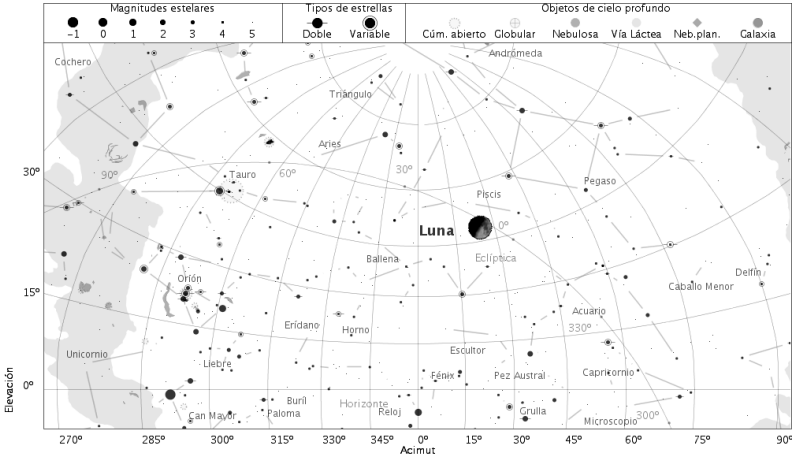
En las páginas siguientes se muestra el aspecto del cielo nocturno meridional en Madrid para el día 15 de cada mes, con indicación de la posición de los planetas visibles a la hora indicada. Esta corresponde a aproximadamente una hora antes de la salida del Sol o una hora después de la puesta del Sol, 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.

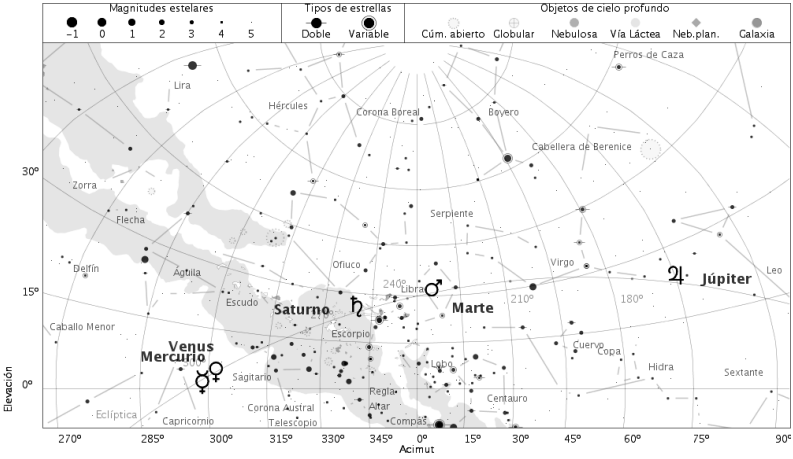
15 de enero de 2016, a las 6:45 TU



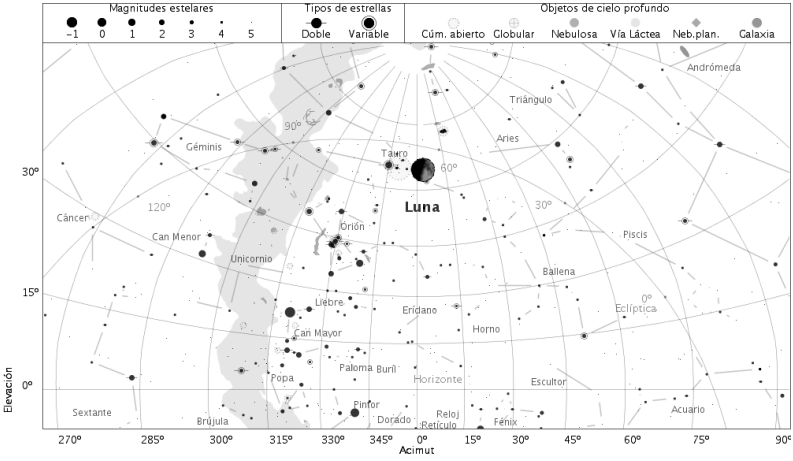
15 de enero de 2016, a las 18:15 TU



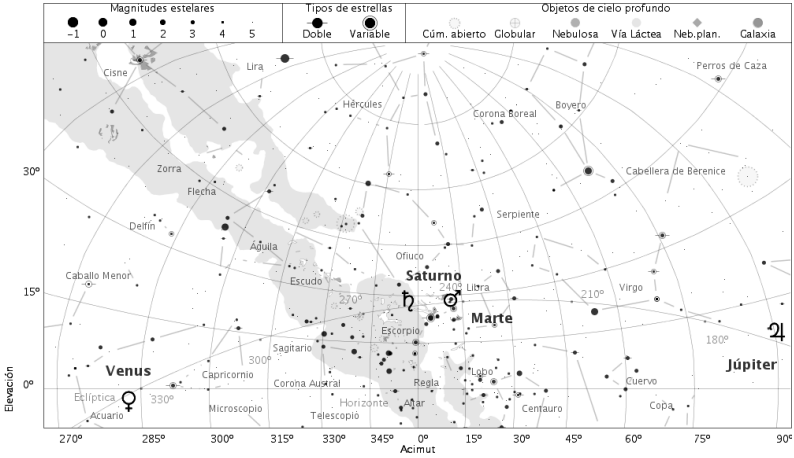
15 de febrero de 2016, a las 6:15 TU



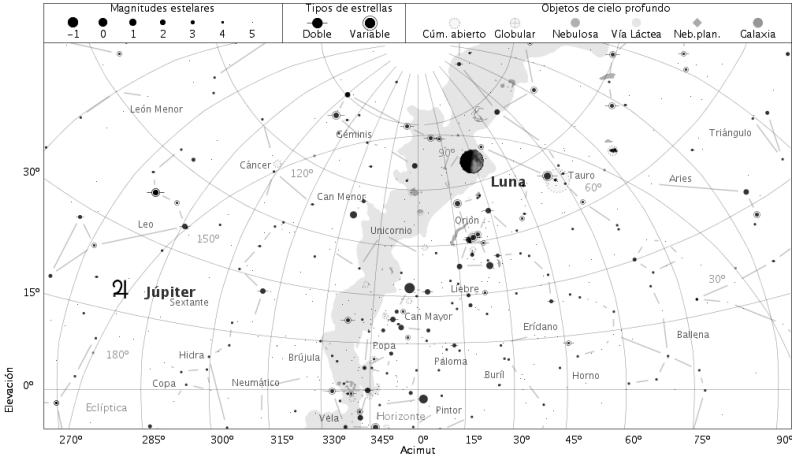
15 de febrero de 2016, a las 18:45 TU



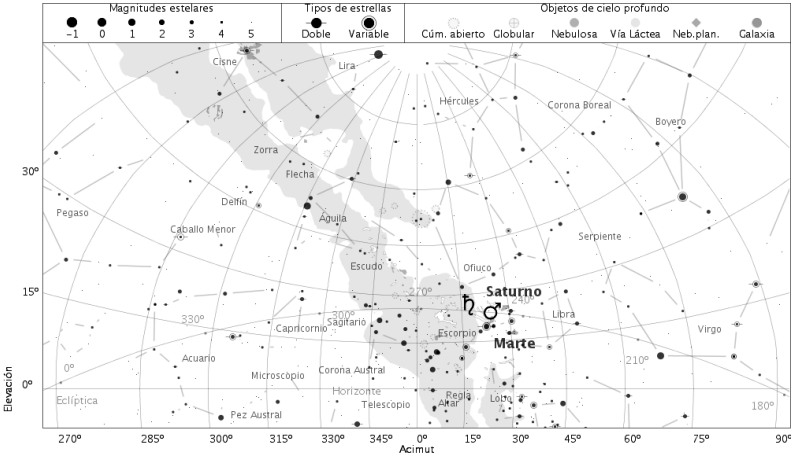
15 de marzo de 2016, a las 5:30 TU



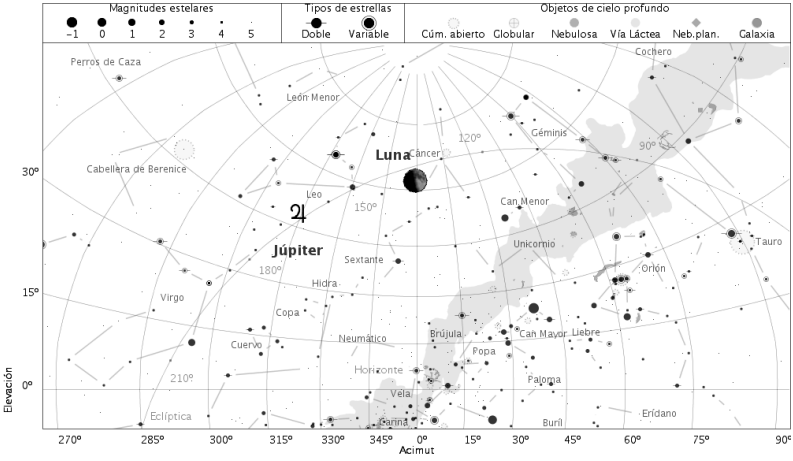
15 de marzo de 2016, a las 19:15 TU



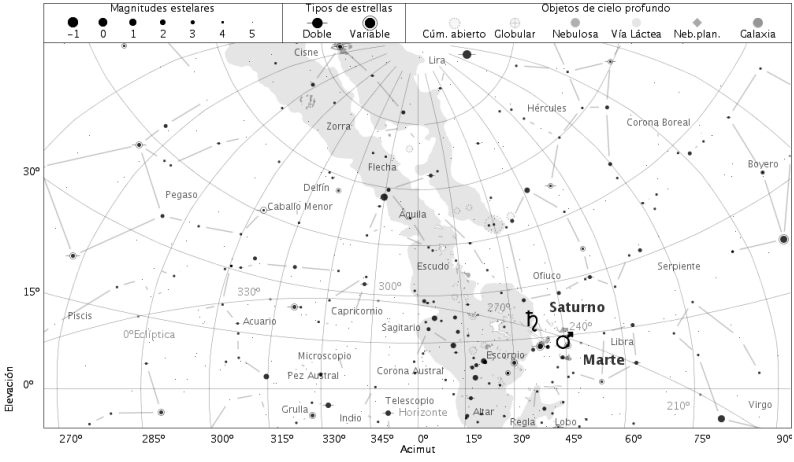
15 de abril de 2016, a las 4:45 TU



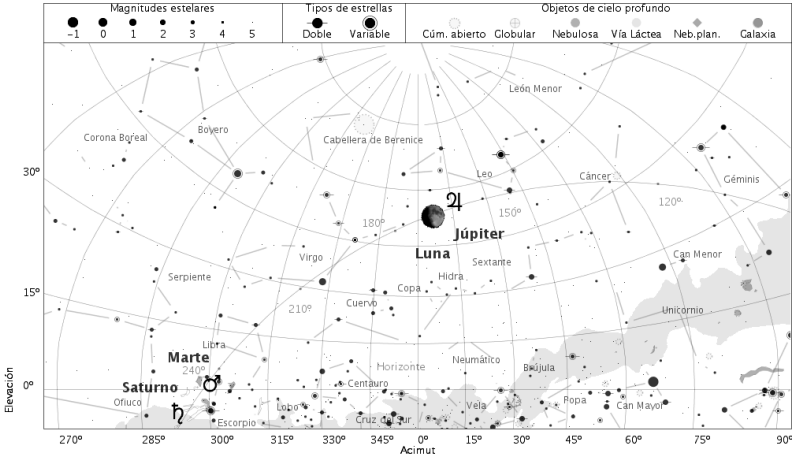
15 de abril de 2016, a las 19:45 TU



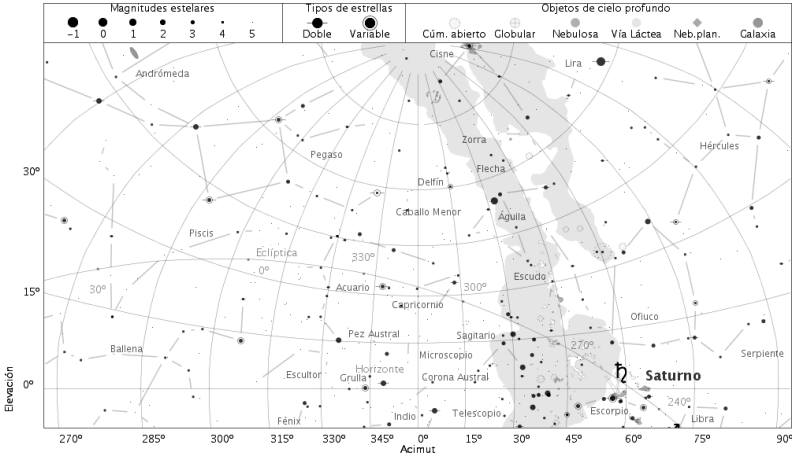
15 de mayo de 2016, a las 4:00 TU



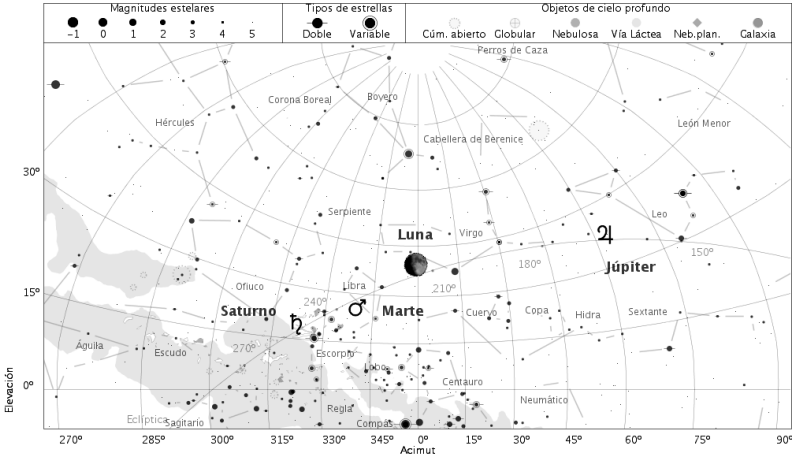
15 de mayo de 2016, a las 20:15 TU



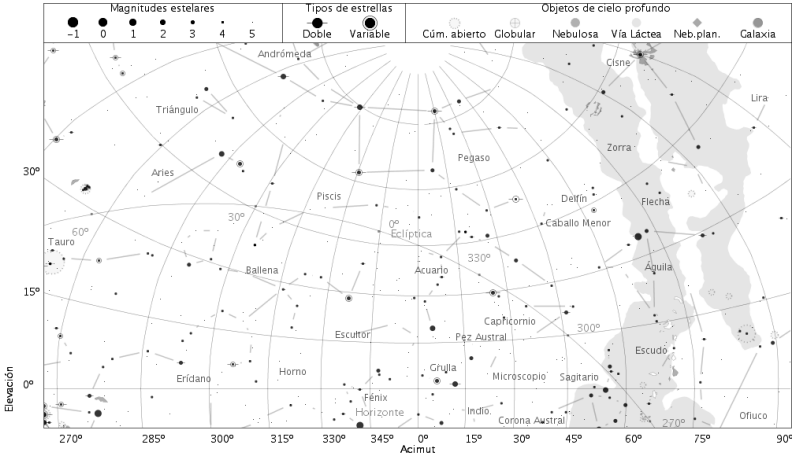
15 de junio de 2016, a las 3:45 TU



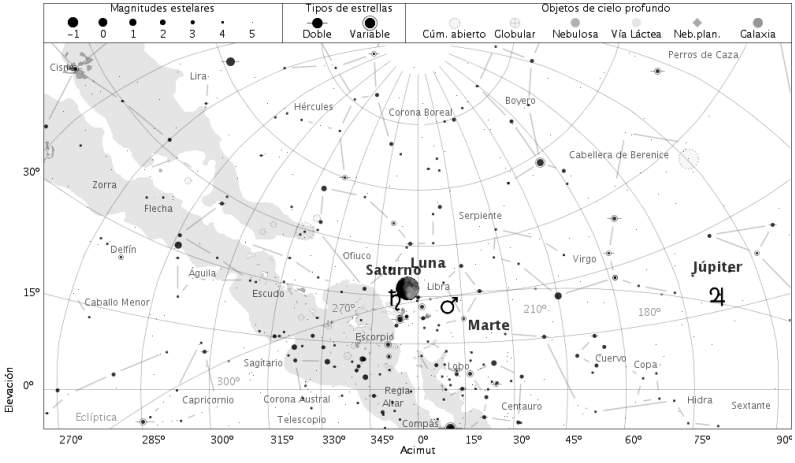
15 de junio de 2016, a las 20:45 TU



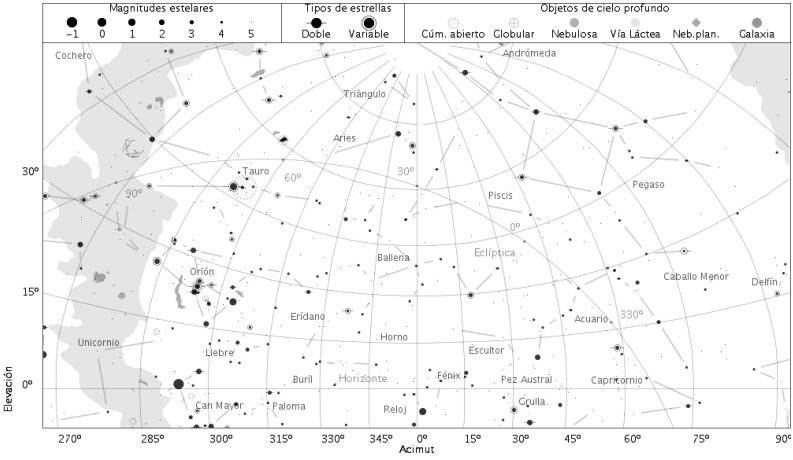
15 de julio de 2016, a las 4:00 TU



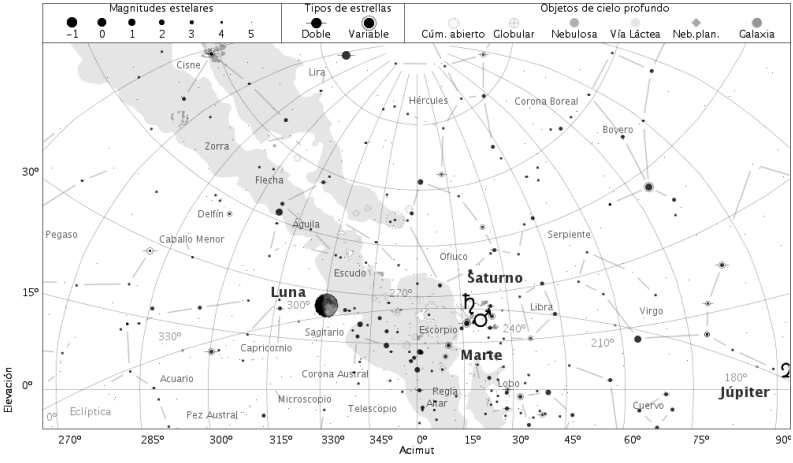
15 de julio de 2016, a las 20:45 TU



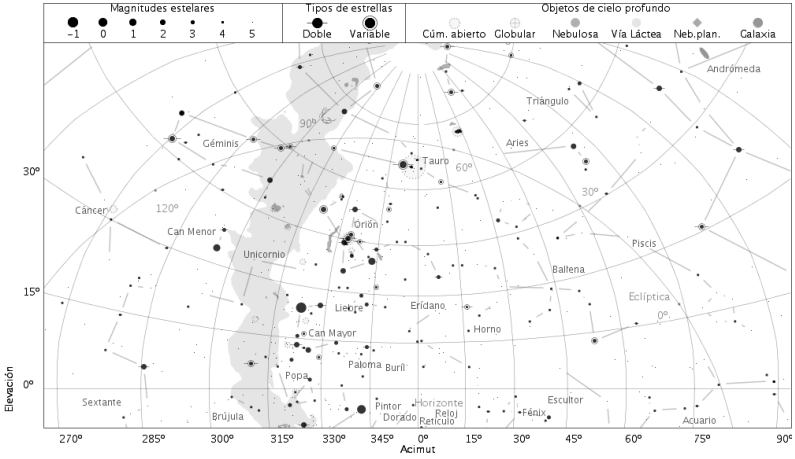
15 de agosto de 2016, a las 4:30 TU



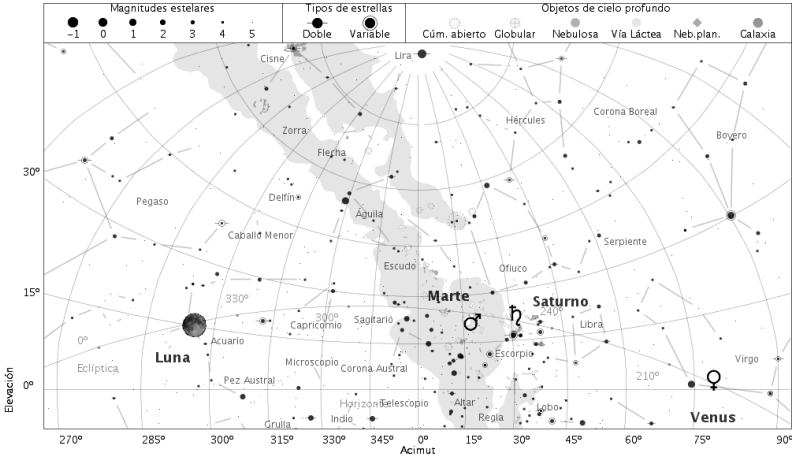
15 de agosto de 2016, a las 20:15 TU



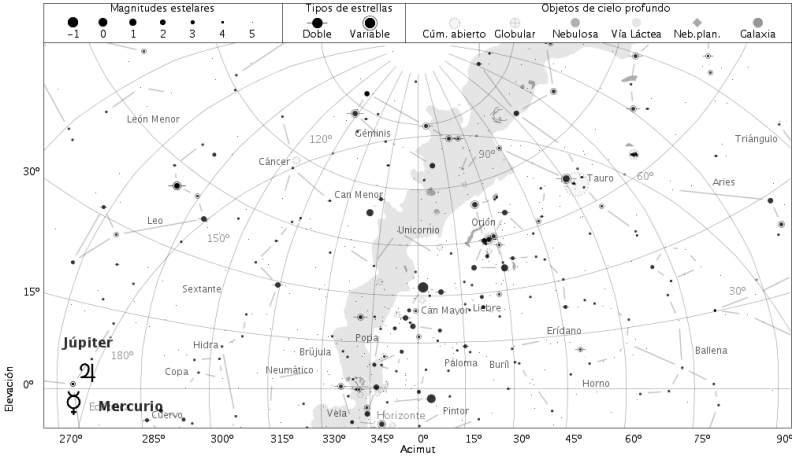
15 de setiembre de 2016, a las 5:00 TU



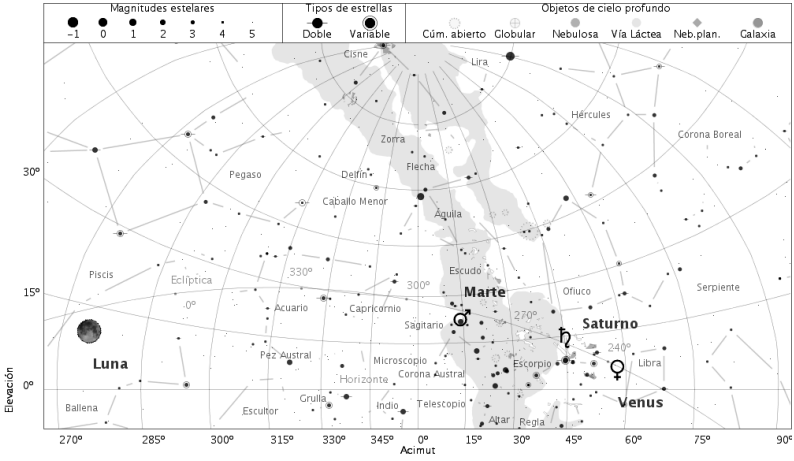
15 de setiembre de 2016, a las 19:15 TU



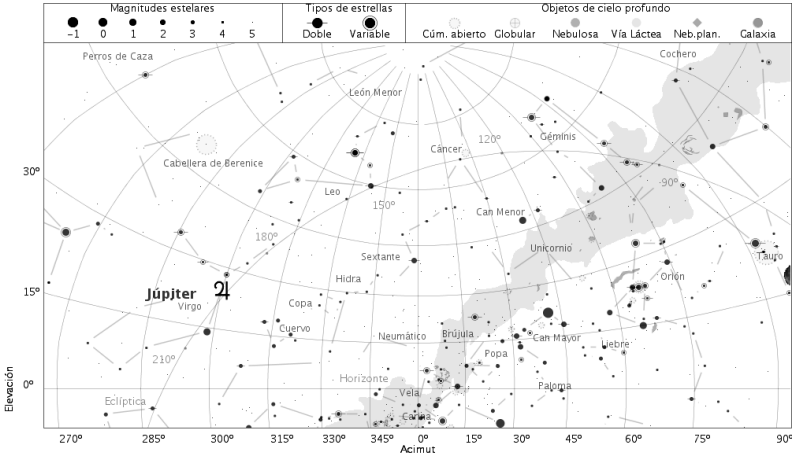
15 de octubre de 2016, a las 5:30 TU



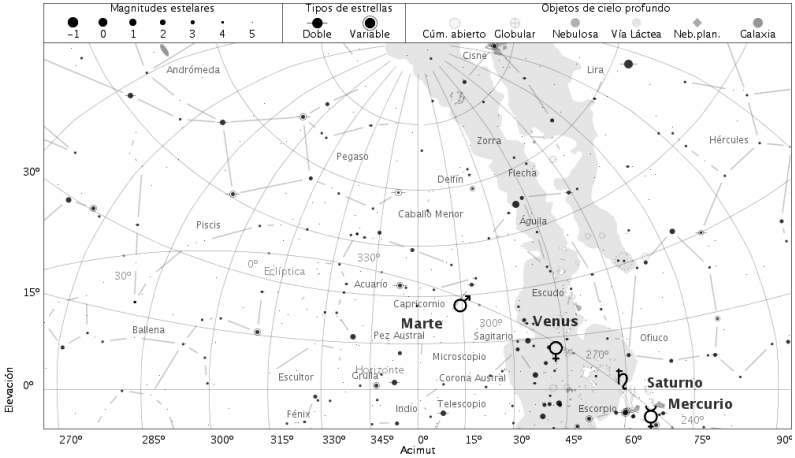
15 de octubre de 2016, a las 18:30 TU



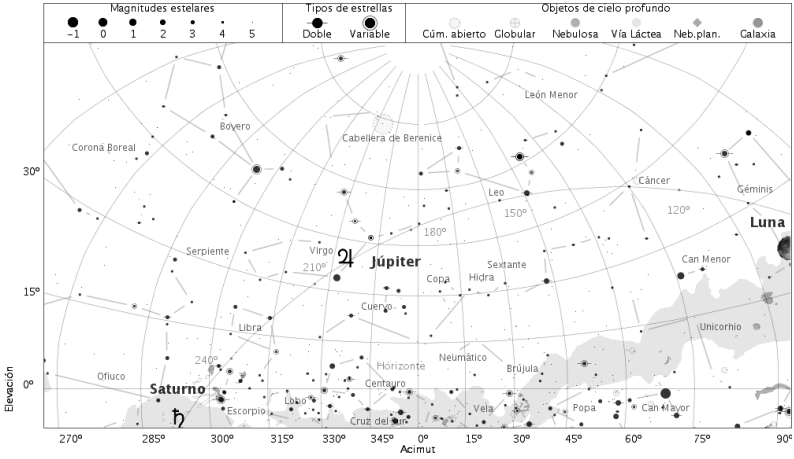
15 de noviembre de 2016, a las 6:00 TU



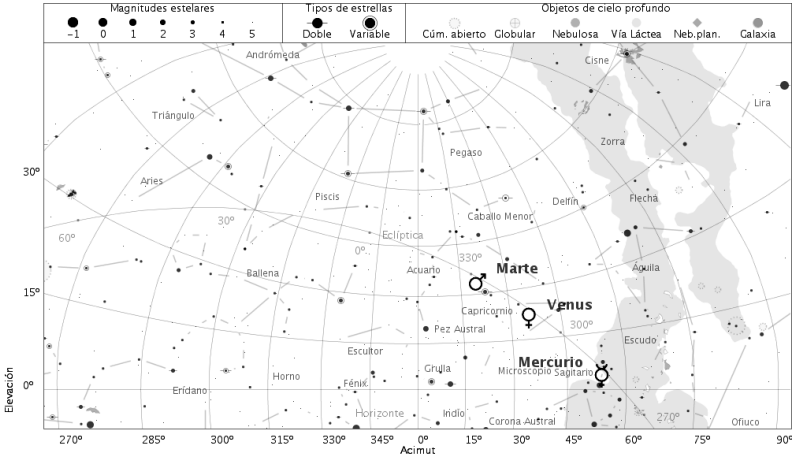
15 de noviembre de 2016, a las 18:00 TU



15 de diciembre de 2016, a las 6:30 TU



15 de diciembre de 2016, a las 17:45 TU



Ocultaciones relevantes por la Luna o el Sol en 2016

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:	Jun 3, Ago 4, Set 29
Venus es ocultado por la Luna:	Abr 6*, Set 3
Júpiter es ocultado por la Luna:	Jul 9, Ago 6, Set 2, Set 30*
Neptuno es ocultado por la Luna:	Jun 26, Jul 23, Ago 19, Set 15*
	Oct 13, Nov 9, Dic 6

En el año 2016 se producirán una serie de ocultaciones de Júpiter que comenzarán el 9 de julio y terminarán el 30 de setiembre. La serie de ocultaciones de Neptuno que comienza el 25 de junio de 2016 terminará el 27 de noviembre de 2017.

La ocultación de Venus del 6 de abril y la de Júpiter del 30 de setiembre se producirán durante el día.

Ocultación de **Neptuno** en Madrid

Fase	TU	A.P.	borde (|	altura	*A*	*B*
15 de setiembre:						
Inmersión	$19^h00^m,1$	143°	oscuro	12°	$0,7^m/°$	$-0,8^m/°$
Emersión	$19^h22^m,2$	183°	iluminado	16°	$0,7^m/°$	$4,0^m/°$

Ocultación de planetas por el Sol

Durante los días 5, 6 y 7 de junio Venus será ocultado por el Sol, fenómeno conocido popularmente como antitránsito y que se repetirá dentro de 8 años. El primer contacto se producirá el día 5 a las $22^h49^m,5$ TU, la distancia mínima de 19′.5 el día 6 a las $21^h54^m,5$ y el último contacto el día 7 a las $20^h54^m,8$.

Ocultación de grandes asteroides por la Luna

Metis es ocultado por la Luna:	Feb 12, Mar 11
Flora es ocultado por la Luna:	Ene 6, Feb 3, Mar 2, Mar 30
	Abr 26, May 23, Jun 19
Astraea es ocultado por la Luna:	Set 4, Oct 2, Oct 31, Nov 28
	Dic 27
Vesta es ocultado por la Luna:	Abr 9, May 7

No hay ninguna ocultación de los cuatro mayores asteroides por la Luna que sea visible desde Madrid.

Ocultación de estrellas brillantes por la Luna

• Serie de ocultaciones de Aldebarán (α Tau, V=+0,85), NZC 692:

Ene 20*	Feb 16	Mar 14	Abr 10
May 8*	Jul 2	Jul 29*	Ago 25
Set 21	Oct 19*	Nov 15	Dic 13*

Esta serie de ocultaciones sucesivas de Aldebarán comenzó el 29 de enero de 2015 y finalizará el 3 de setiembre del 2018. La siguiente serie de ocultaciones de Aldebarán se iniciará en agosto de 2033.

Las ocultaciones de Aldebarán del 8 de mayo, 29 de julio y 19 de octubre se producirán durante el día.

En la ocultación de Aldebarán del 20 de enero la emersión que tiene lugar en el borde iluminado de la Luna estará por debajo del horizonte.

Ocultación de **Aldebarán** en Madrid

Fase	TU	A.P.	borde (|	altura	*A*	*B*
20 de enero:						
Inmersión	$3^h29\overset{m}{,}5$	74°	oscuro	4°	$-0{,}1^m/°$	$-0{,}7^m/°$
13 diciembre:						
Inmersión	$5^h25\overset{m}{,}7$	70°	oscuro	10°	$0{,}1^m/°$	$-0{,}6^m/°$
Emersión	$6^h14\overset{m}{,}7$	283°	iluminado	1°	$-0{,}4^m/°$	$-1{,}3^m/°$

• Serie de ocultaciones de Régulo (α Leo, V=1,36), NZC 1487:

Dic 18

Esta serie de ocultaciones de Régulo terminará el 24 de abril de 2018.

En 2016 no se producirán ocultaciones de Espiga (α Vir) y Antares (α Sco); sus próximas series comenzarán el 16 de junio de 2024, y 25 de agosto de 2023, respectivamente.

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

θ^2 Tau, NZC 671 ($V = 3,4$)	Abr 10*
η Vir, NZC 1772 ($V = 3,8$)	Jul 10*
λ Aqr, NZC 3353, ($V = 3,74$)	Jul 23*
γ Tau, NZC 635 ($V = 3,7$)	Jul 29*, Ago 25*, Oct 18*, Dic 12*

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
Abril 10: θ^2 Tau, ($V = 3,4$)						
Inmersión	$20^h41^m,0$	167°	oscuro	19°	$3,5^m$/°	$-3,7^m$/°
Julio 29: γ Tau, ($V = 3,7$)						
Emersión	$3^h57^m,4$	267°	oscuro	31°	$0,7^m$/°	$1,3^m$/°
Octubre 18: γ Tau, ($V = 3,7$)						
Emersión	$23^h54^m,2$	248°	oscuro	46°	$1,0^m$/°	$1,6^m$/°
Diciembre 12: γ Tau, ($V = 3,7$)						
Inmersión	$21^h37^m,8$	137°	oscuro	58°	$2,9^m$/°	-2.0^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.

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 2016

Nombre del cometa	mes	día	distancia a		elongación
			Sol (ua)	Tierra (ua)	(°)
83D/Russell 1	Ene	1	1,61	2,37	31
116P/Wild 4	Ene	11	2,19	2,29	71
211P/Hill	Ene	31	2,36	1,40	164
50P/Arend	Feb	8	1,92	2,25	58
225P/LINEAR	Feb	13	1,19	1,96	29
147P/Kushida-Muramatsu	Feb	27	2,76	2,72	82
194P/LINEAR	Mar	9	1,71	1,25	98
252P/LINEAR	Mar	17	1,00	0,07	93
127P/Holt-Olmstead	Mar	17	2,21	3,15	16
104P/Kowal 2	Mar	25	1,18	1,78	38
190P/Mueller	Mar	29	2,03	3,00	11
100P/Hartley 1	Mar	30	1,99	1,23	126
321P/SOHO	Abr	10	0,05	1,04	2
302P/Lemmon-PANSTARRS	Abr	28	3,28	3,78	54
53P/Van Biesbroeck	Abr	29	2,43	2,17	92
315P/LONEOS	May	4	2,38	2,61	65
77P/Longmore	May	13	2,34	1,47	139
216P/LINEAR	May	30	2,15	2,50	59
136P/Mueller 3	May	31	2,98	3,48	53
202P/Scotti	Jun	6	2,53	3,52	10
157P/Tritton	Jun	12	1,36	2,37	4
118P/Shoemaker-Levy 4	Jun	16	1,98	2,98	7
146P/Shoemaker-LINEAR	Jun	19	1,42	1,93	46
208P/McMillan	Jun	21	2,53	2,49	80
207P/NEAT	Jul	3	0,94	1,95	7
279P/La Sagra	Jul	15	2,15	1,85	93
56P/Slaughter-Burnham	Jul	18	2,51	2,77	65
167P/CINEOS	Jul	18	1,78	0,87	143
81P/Wild 2	Jul	20	1,59	2,28	37
150P/LONEOS	Jul	28	1,76	2,66	23
9P/Tempel 1	Ago	2	1,54	1,40	77
43P/Wolf-Harrington	Ago	17	1,36	2,02	37
33P/Daniel	Ago	24	2,17	2,72	48
144P/Kushida	Set	3	1,44	2,13	36
212P/NEAT	Set	14	1,65	2,33	38
314P/Montani	Oct	6	4,22	4,62	60
238P/Read	Oct	22	2,36	1,41	158
94P/Russell 4	Oct	27	2,23	2,96	36
323P/SOHO	Nov	7	0,05	0,99	3
128P/Shoemaker-Holt 1-A	Nov	26	3,05	2,06	177
45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova	Dic	29	0,53	0,69	31

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.

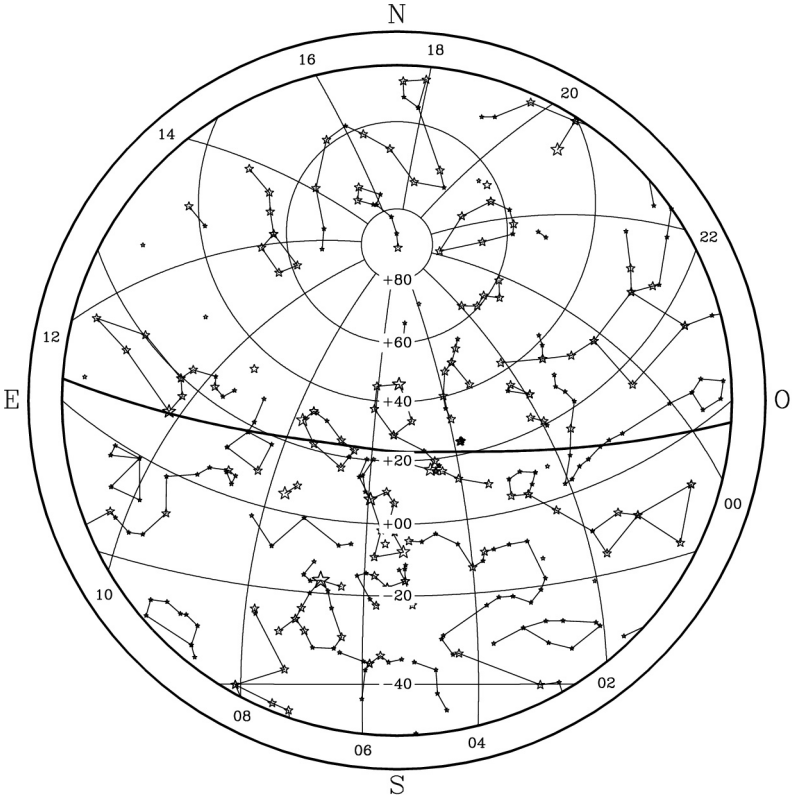
Se incluye para cada mes un mapa celeste que representa el aspecto del cielo, proyectado sobre un plano, tal como lo vería tras anochecer a mediados de mes un observador situado en la península. En tales mapas se han representado las estrellas más significativas de las constelaciones, así como trazos 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 2016

1 Venus 1°,0 al N de Graffias
2 Cuarto menguante
2 Luna en apogeo
2 Tierra en el perihelio
3 La Luna 2° al N de Marte
3 Máximo de las Cuadrántidas
4 Juno 3° al N de la Luna
4 Partenope en conjunción con el Sol
5 Mercurio estacionario en ascensión recta
6 Flora 0°,3 al S de la Luna (Ocultación)
6 La Luna 3° al N de Venus
6 Venus 6° al N de Antares
7 La Luna 3° al N de Saturno
8 Júpiter estacionario en ascensión recta
8 Mercurio en perihelio
9 Venus 0°,1 al N de Saturno
10 Luna nueva
13 La Luna 2° al N de Neptuno
13 Victoria en oposición
14 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
15 Luna en perigeo
16 Cuarto creciente
16 La Luna 1° al S de Urano
16 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
19 Palas en conjunción con el Sol
20 El Sol entra en Acuario
20 La Luna 0°,4 al N de Aldebarán (Ocultación)
22 Mercurio 2° al N de Plutón
24 Luna llena
25 Mercurio estacionario en ascensión recta
26 Astraea 2° al N de la Luna
28 La Luna 1°,4 al S de Júpiter
30 Luna en apogeo
30 Mercurio 0°,5 al N de Plutón
31 Marte 1°,2 al N de Zuben el Genubi

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	19	38,3	−18	22	4,6
Venus	17	13,3	−21	31	−3,9
Marte	14	17,5	−12	10	1,1
Júpiter	11	37,0	3	55	−2,1
Saturno	16	45,5	−20	41	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

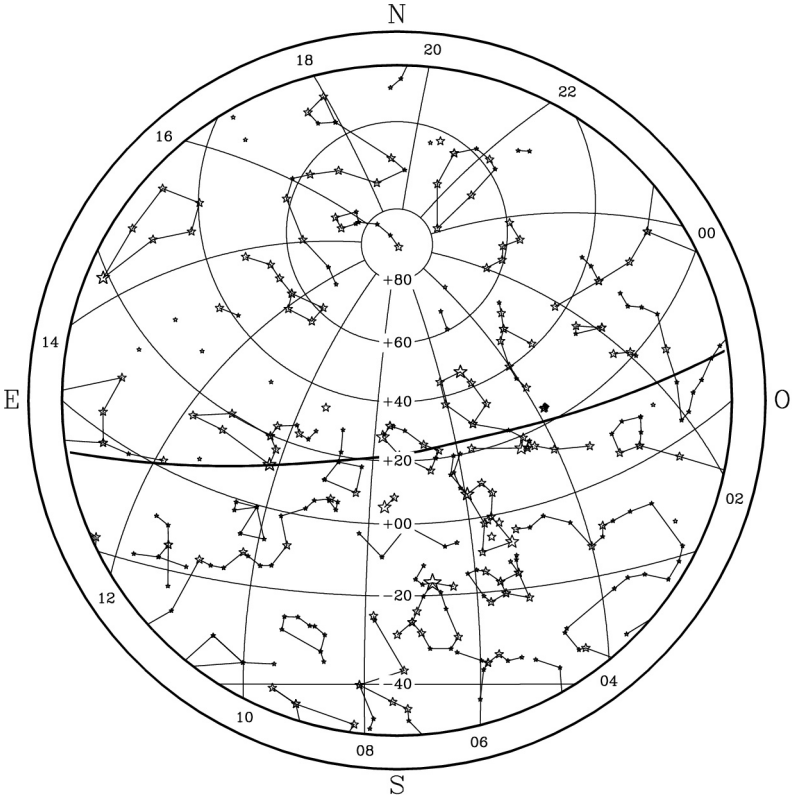
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Febrero 2016

1 Cuarto menguante
1 La Luna 3° al N de Marte
3 Flora 0°,6 al S de la Luna (Ocultación)
3 La Luna 4° al N de Saturno
3 Venus 4° al N de Nunki
5 Harmonia en oposición
5 Venus 1°,1 al S de Plutón
6 La Luna 4° al N de Mercurio
6 La Luna 4° al N de Venus
7 Máxima elongación Oeste de Mercurio (25°,6)
8 Luna nueva
10 La Luna 2° al N de Neptuno
11 Luna en perigeo
12 La Luna 2° al S de Urano
12 Metis 1°,1 al S de la Luna (Ocultación)
15 Astrea en oposición
15 Cuarto creciente
16 La Luna 0°,2 al N de Aldebarán (Ocultación)
19 El Sol entra en Piscis
21 Mercurio en afelio
22 Luna llena
24 La Luna 2° al S de Júpiter
24 Metis 2° al S de Urano
27 Luna en apogeo
28 Neptuno en conjunción con el Sol
29 La Luna 4° al N de Marte

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	20	14,8	−20	22	−0,0
Venus	19	57,5	−20	42	−3,8
Marte	15	18,4	−16	48	0,6
Júpiter	11	29,4	4	51	−2,3
Saturno	16	56,3	−20	56	0,5



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

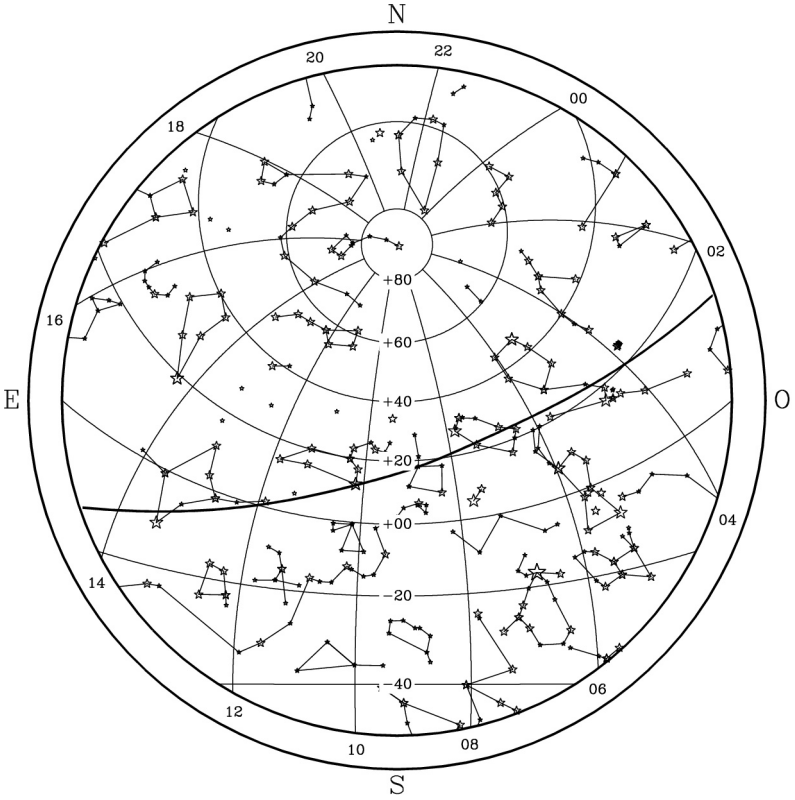
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Marzo 2016

1 Cuarto menguante
2 Flora 0°,5 al S de la Luna (Ocultación)
2 La Luna 4° al N de Saturno
3 Ceres en conjunción con el Sol
6 Juno estacionario en ascensión recta
7 La Luna 4° al N de Venus
8 Eclipse total de Sol
8 Júpiter en oposición
8 La Luna 4° al N de Mercurio
9 Luna nueva
10 Luna en perigeo
11 La Luna 2° al S de Urano
11 Metis 1°,0 al N de la Luna (Ocultación)
11 Vesta 1°,4 al S de la Luna
14 La Luna 0°,2 al N de Aldebarán (Ocultación)
15 Cuarto creciente
15 Hygiea en oposición
16 Marte 0°,2 al N de Graffias
17 Hebe en oposición
18 Máximo de las Virgínidas
20 El Sol entra en Aries
20 Inicio de la Primavera en el hemisferio boreal
20 Máximo de las Líridas
20 Venus en afelio y 0°,5 al S de Neptuno
22 La Luna 2° al S de Júpiter
23 Eclipse penumbral de Luna
23 Luna llena
23 Mercurio en conjunción superior con el Sol
24 Brillo máximo de Mercurio
25 Luna en apogeo
25 Saturno estacionario en ascensión recta
28 La Luna 4° al N de Marte
29 La Luna 4° al N de Saturno
30 Flora 0°,1 al S de la Luna (Ocultación)
31 Cuarto menguante

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	23	14,1	− 7	9	−1,0
Venus	22	22,1	−11	24	−3,8
Marte	16	5,0	−19	37	−0,1
Júpiter	11	16,2	6	19	−2,3
Saturno	17	1,3	−21	0	0,4



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

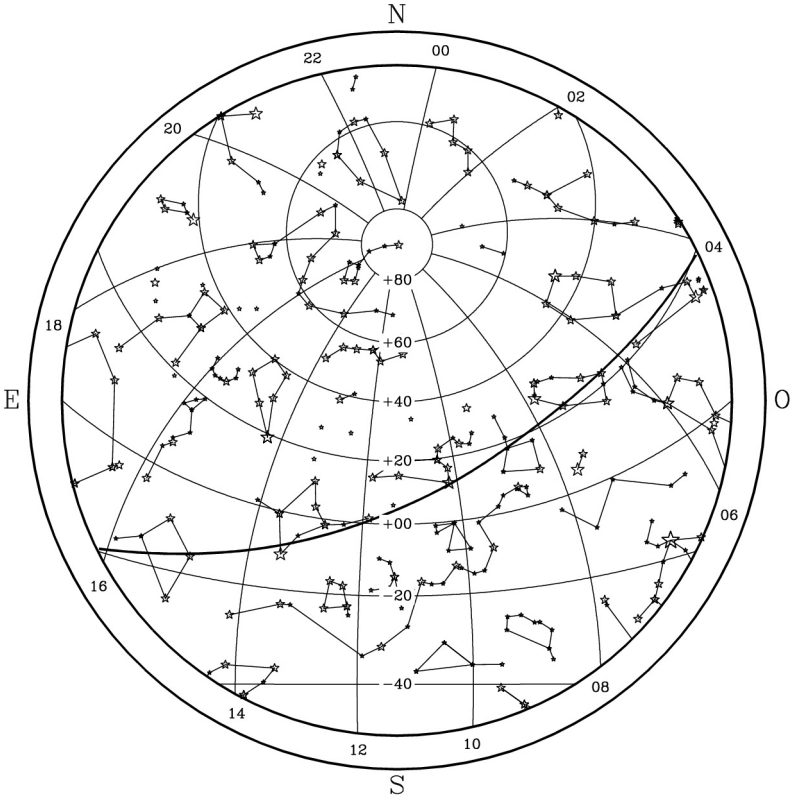
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Abril 2016

5 La Luna 2° al N de Neptuno
5 Mercurio en perihelio
6 La Luna 0°,6 al N de Venus (Ocultación)
7 Luna en perigeo
7 Luna nueva
8 La Luna 5° al S de Mercurio
8 Metis 3° al N de la Luna
9 Urano en conjunción con el Sol
9 Vesta 0°,1 al N de la Luna (Ocultación)
10 La Luna 0°,3 al N de Aldebarán (Ocultación)
14 Cuarto creciente
17 Marte estacionario en ascensión recta
18 La Luna 2° al S de Júpiter
18 Máxima elongación Este de Mercurio (19°,9)
18 Plutón estacionario en ascensión recta
19 El Sol entra en Tauro
21 Luna en apogeo
22 Luna llena
25 La Luna 3° al N de Saturno
25 La Luna 5° al N de Marte
26 Flora 0°,4 al N de la Luna (Ocultación)
27 Juno en oposición
28 Marte en nodo descendente
29 Mercurio estacionario en ascensión recta
30 Cuarto menguante

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (^{h} ^{m})		Declin. ($^\circ$ $'$)		Magnitud
Mercurio	2	45,8	18	33	−0,2
Venus	0	44,5	3	11	−3,8
Marte	16	28,9	−21	16	−1,0
Júpiter	11	3,9	7	33	−2,2
Saturno	17	0,2	−20	56	0,3



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

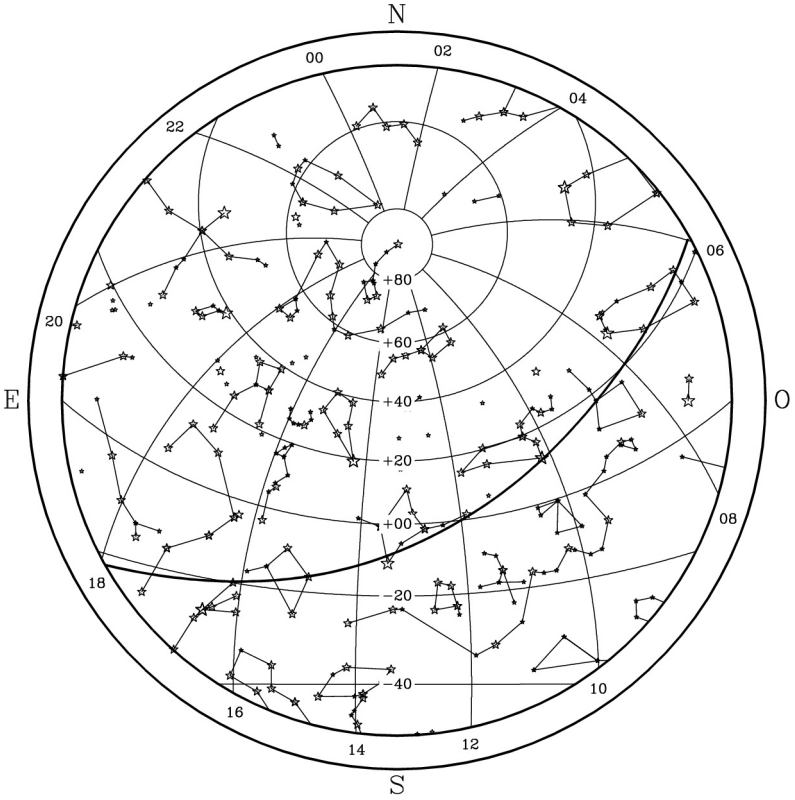
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Mayo 2016

1 Metis 3° al S de Mercurio
2 Egeria en conjunción con el Sol (Ocultación)
2 La Luna 2° al N de Neptuno
5 La Luna 2° al S de Urano
5 Máximo de las η Acuáridas
6 Luna en perigeo
6 Luna nueva
8 La Luna 0°,3 al N de Aldebarán (Ocultación)
9 Júpiter estacionario en ascensión recta
9 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
9 Tránsito de Mercurio por delante del Sol
12 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
13 Cuarto creciente
15 La Luna 2° al S de Júpiter
16 Marte 2° al S de Graffias
18 Luna en apogeo
19 Mercurio en afelio
20 El Sol entra en Géminis
21 La Luna 6° al N de Marte
21 Luna llena
21 Mercurio estacionario en ascensión recta
22 La Luna 3° al N de Saturno
22 Marte en oposición
23 Brillo máximo de Marte
23 Flora 0°,5 al N de la Luna (Ocultación)
23 Vesta en conjunción con el Sol
26 Metis en conjunción con el Sol (Ocultación)
29 Cuarto menguante
29 Iris en oposición
29 La Luna 1° al N de Neptuno
30 Máximo acercamiento de Marte a la Tierra

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	2	57,4	15	10	3,9
Venus	3	4,9	16	29	−3,8
Marte	16	8,6	−21	45	−1,9
Júpiter	11	0,5	7	48	−2,0
Saturno	16	53,6	−20	44	0,1



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

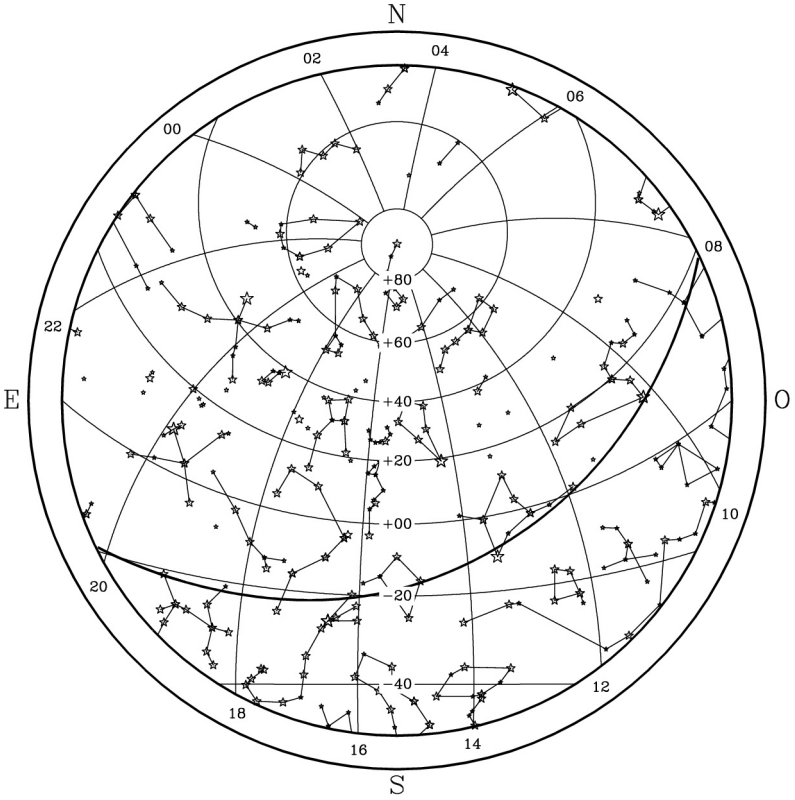
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Junio 2016

1 La Luna 2° al S de Urano
3 La Luna en perigeo y 0°,9 al S de Mercurio (Ocultación)
3 Saturno en oposición
5 Luna nueva
5 Máxima elongación Oeste de Mercurio (24°,2)
6 Venus en conjunción superior con el Sol (Ocultación, Antitránsito)
8 Máximo de las Ariétidas (diurnas)
9 Brillo máximo de Venus
11 Flora en oposición
11 La Luna 2° al S de Júpiter
11 Mercurio 7° al S de Alcíone
12 Cuarto creciente
12 Irene en conjunción con el Sol
13 Máximo de las ζ Perséidas (diurnas)
14 Neptuno estacionario en ascensión recta
15 Luna en apogeo
17 La Luna 7° al N de Marte
18 Máximo de las Escorpiónidas-Sagitáridas
18 Palas estacionario en ascensión recta
19 Flora 0°,4 al S de la Luna (Ocultación)
19 La Luna 3° al N de Saturno
19 Mercurio 4° al N de Aldebarán
20 El Sol entra en Cáncer
20 Inicio del Verano en el hemisferio boreal
20 Luna llena
23 Vesta 2° al S de Mercurio
25 Astraea 3° al N de Júpiter
25 Juno estacionario en ascensión recta
26 La Luna 1°,1 al N de Neptuno (Ocultación)
26 Mercurio 6° al S de Elnath y Metis 0°,8 al N de Mercurio
27 Cuarto menguante
28 Eunomia en conjunción con el Sol
28 La Luna 3° al S de Urano
30 Marte estacionario en ascensión recta
30 Máximo de las β Táuridas (diurnas)

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	4	5,2	18	21	−0,1
Venus	5	44,9	23	42	−3,8
Marte	15	26,6	−21	3	−1,7
Júpiter	11	7,3	6	59	−1,8
Saturno	16	44,1	−20	29	0,1



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

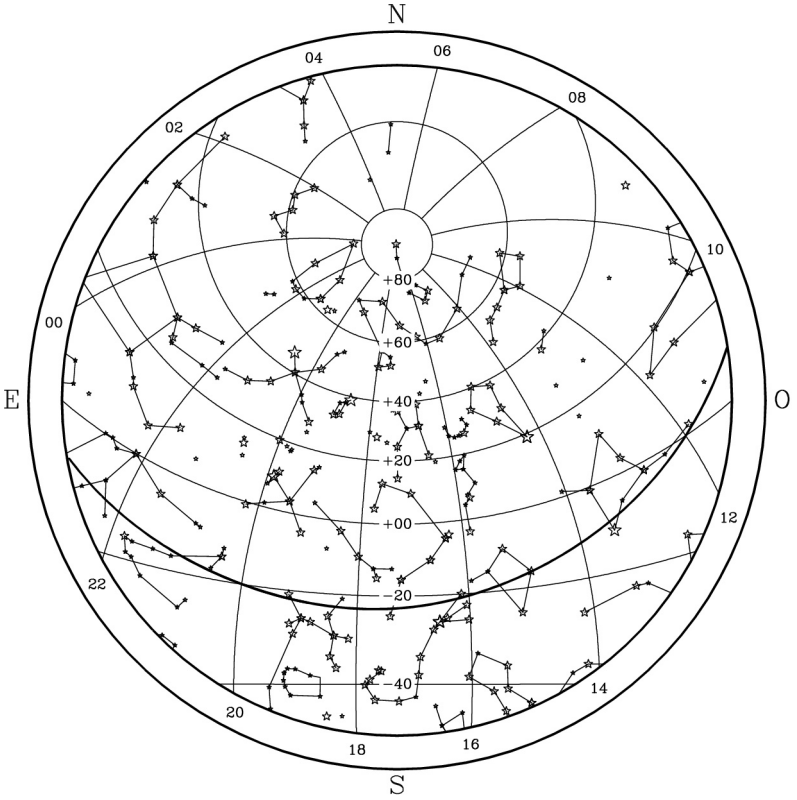
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Julio 2016

1 Luna en perigeo
2 La Luna 0°,3 al N de Aldebarán (Ocultación)
2 Mercurio en perihelio
2 Vesta 2° al N de la Luna
3 Amphitrite en conjunción con el Sol
3 Laetitia en conjunción con el Sol
4 Luna nueva
4 Tierra en el afelio
6 Brillo máximo de Mercurio
7 Mercurio en conjunción superior con el Sol
9 La Luna 0°,9 al S de Júpiter (Ocultación)
11 Venus en perihelio
12 Cuarto creciente
13 Luna en apogeo
14 La Luna 8° al N de Marte
16 Flora 2° al S de la Luna
16 La Luna 3° al N de Saturno
16 Mercurio 0°,5 al N de Venus
19 Luna llena
22 El Sol entra en Leo
23 La Luna 1°,1 al N de Neptuno (Ocultación)
26 Cuarto menguante
26 La Luna 3° al S de Urano
27 Luna en perigeo
27 Psyche en conjunción con el Sol
29 La Luna 0°,2 al N de Aldebarán (Ocultación)
30 Máximo de las δ Acuáridas
30 Mercurio 0°,3 al N de Régulo
30 Urano estacionario en ascensión recta
31 Vesta 3° al N de la Luna

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	8	18,6	21	30	−1,1
Venus	8	24,1	20	37	−3,8
Marte	15	25,8	−21	37	−1,1
Júpiter	11	21,9	5	22	−1,7
Saturno	16	36,4	−20	19	0,2



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

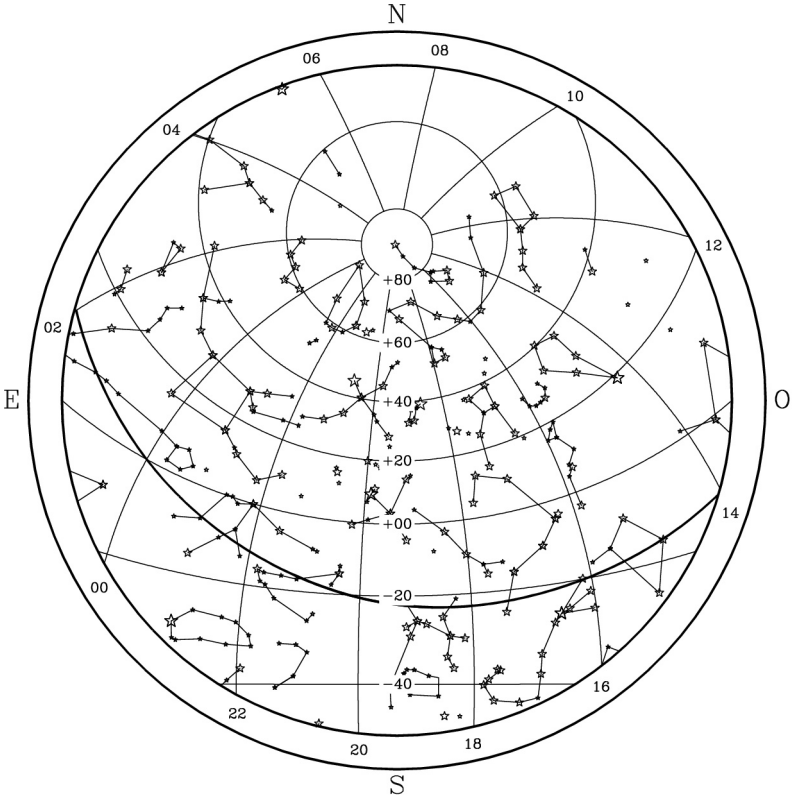
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Agosto 2016

1 Masalia en oposición
2 Luna nueva
4 La Luna 0°,6 al S de Mercurio (Ocultación)
4 La Luna 3° al S de Venus
5 Venus 1°,1 al N de Régulo
6 La Luna 0°,2 al S de Júpiter (Ocultación)
7 Astraea 2° al N de la Luna
10 Cuarto creciente
10 Fortuna en oposición
10 Luna en apogeo
11 La Luna 8° al N de Marte
12 La Luna 4° al N de Saturno
12 Marte 4° al S de Graffias
12 Máximo de las Perséidas
13 Saturno estacionario en ascensión recta
15 Mercurio en afelio
16 Máxima elongación Este de Mercurio (27°,6)
18 Luna llena
19 La Luna 1°,1 al N de Neptuno (Ocultación)
20 Palas en oposición
22 El Sol entra en Virgo
22 Eros en oposición
22 La Luna 3° al S de Urano
22 Luna en perigeo
24 Marte 2° al N de Antares
25 Cuarto menguante
25 La Luna 0°,1 al N de Aldebarán (Ocultación)
25 Marte 4° al S de Saturno
27 Mercurio 5° al S de Venus
27 Venus 0°,1 al N de Júpiter
28 Vesta 3° al N de la Luna
28 Victoria en conjunción con el Sol
30 Mercurio estacionario en ascensión recta

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)	Declin. (° ′)	Magnitud
Mercurio	11 20,4	2 31	0,4
Venus	10 53,9	8 34	−3,8
Marte	16 10,8	−23 57	−0,5
Júpiter	11 42,5	3 7	−1,6
Saturno	16 33,5	−20 20	0,4



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

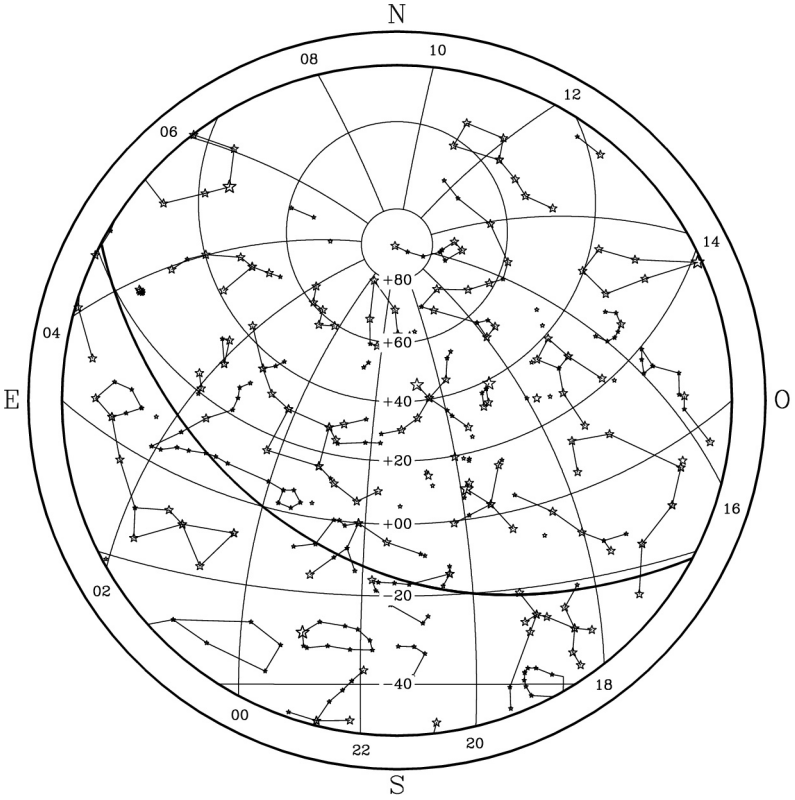
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Setiembre 2016

1 Eclipse anular de Sol
1 Luna nueva
2 Ceres estacionario en ascensión recta
2 La Luna 0°,4 al N de Júpiter (Ocultación)
2 La Luna 6° al N de Mercurio
2 Neptuno en oposición
3 La Luna 1°,1 al N de Venus (Ocultación)
4 Astraea 0°,8 al N de la Luna (Ocultación)
6 Luna en apogeo
8 La Luna 4° al N de Saturno
9 Cuarto creciente
9 La Luna 8° al N de Marte
11 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
12 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
15 La Luna 1°,2 al N de Neptuno (Ocultación)
16 Eclipse penumbral de Luna
16 Luna llena
17 Venus 3° al N de Espiga
18 La Luna 3° al S de Urano
18 Luna en perigeo
21 La Luna 0°,2 al N de Aldebarán (Ocultación)
21 Mercurio estacionario en ascensión recta
22 El Sol entra en Libra
22 Inicio del Otoño en el hemisferio boreal
23 Cuarto menguante
25 Vesta 3° al N de la Luna
26 Iris 0°,4 al S de Saturno
26 Júpiter en conjunción con el Sol
26 Plutón estacionario en ascensión recta
28 Máxima elongación Oeste de Mercurio (17°,8)
28 Mercurio en perihelio
29 La Luna 0°,7 al S de Mercurio (Ocultación)
29 Partenope en oposición
30 La Luna 0°,9 al N de Júpiter (Ocultación)

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)	Declin. (° ′)	Magnitud
Mercurio	11 13,8	1 52	4,3
Venus	13 12,7	− 7 8	−3,8
Marte	17 25,2	−25 48	−0,1
Júpiter	12 6,1	0 32	−1,5
Saturno	16 37,0	−20 34	0,5



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

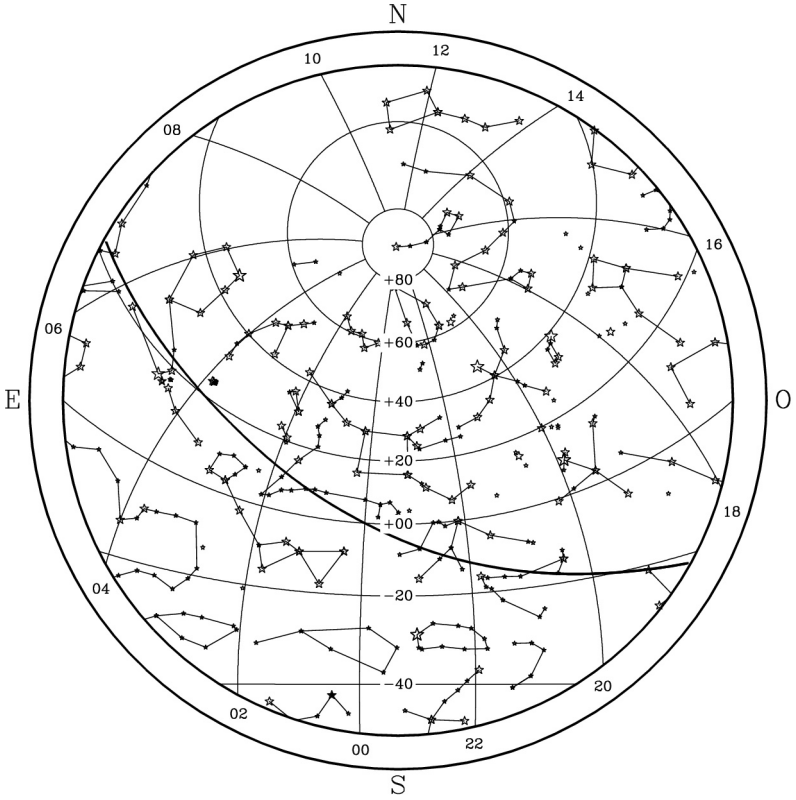
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Octubre 2016

1 Luna nueva
2 Astraea 0°,1 al S de la Luna (Ocultación)
2 Euterpe en conjunción con el Sol
3 La Luna 5° al N de Venus
4 Luna en apogeo
6 La Luna 4° al N de Saturno
6 Venus 0°,9 al S de Zuben el Genubi
7 Palas estacionario en ascensión recta
8 La Luna 7° al N de Marte
9 Cuarto creciente
9 Máximo de las Dracónidas
11 Mercurio 0°,9 al N de Júpiter
13 La Luna 1°,2 al N de Neptuno (Ocultación)
15 Urano en oposición
16 Harmonia en conjunción con el Sol
16 Luna llena, en perigeo y 3° al S de Urano
16 Marte 1°,3 al N de Nunki
18 Marte 3° al S de Plutón
19 La Luna 0°,2 al N de Aldebarán (Ocultación)
21 Máximo de las Oriónidas y Ceres en oposición
21 Venus 2° al S de Graffias
22 Cuarto menguante
22 El Sol entra en Escorpio
22 Vesta 3° al N de la Luna
23 Melpomene en oposición
26 Brillo máximo de Mercurio
26 Venus 3° al N de Antares
27 Mercurio en conjunción superior con el Sol
28 La Luna 1°,4 al N de Júpiter
29 Marte en perihelio
30 Luna nueva
30 Venus 3° al S de Saturno
31 Hebe en conjunción con el Sol
31 Luna en apogeo y Venus en afelio
31 Astraea 0°,8 al S de la Luna (Ocultación)

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	12	50,9	− 3	36	−1,1
Venus	15	33,8	−20	9	−3,8
Marte	18	52,7	−25	6	0,2
Júpiter	12	29,8	− 2	1	−1,5
Saturno	16	46,0	−20	56	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

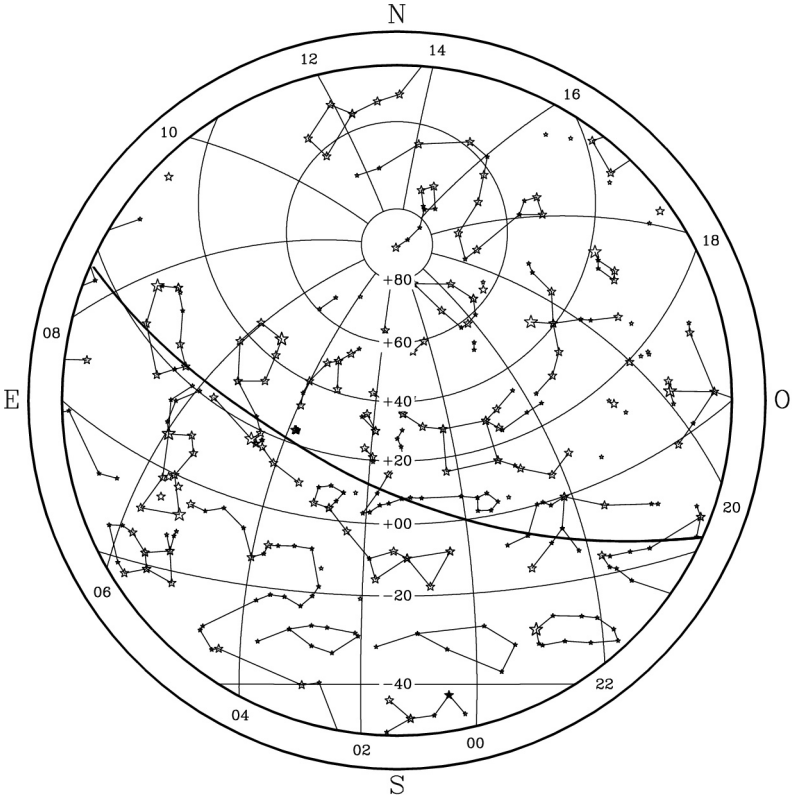
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Noviembre 2016

2 La Luna 4° al N de Saturno
3 La Luna 7° al N de Venus
4 Máximo de las Táuridas
6 La Luna 5° al N de Marte
7 Cuarto creciente
9 Hygiea en conjunción con el Sol
9 La Luna 1°,1 al N de Neptuno (Ocultación)
11 Mercurio en afelio
12 Astrea en conjunción con el Sol
12 La Luna 3° al S de Urano
14 Luna en perigeo
14 Luna llena
14 Máximo de las Andromédidas
15 La Luna 0°,3 al N de Aldebarán (Ocultación)
15 Mercurio 3° al S de Graffias
17 Máximo de las Leónidas
18 Mercurio 3° al N de Antares
20 Neptuno estacionario en ascensión recta
21 Cuarto menguante
21 El Sol entra en Sagitario
22 Venus 1°,1 al N de Nunki
25 La Luna 2° al N de Júpiter
25 Venus 3° al S de Plutón
27 Luna en apogeo
28 Astraea 1°,1 al S de la Luna (Ocultación)
29 Flora 1°,1 al N de Venus
29 Juno en conjunción con el Sol
29 Luna nueva

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	16	5,4	−22	18	−0,5
Venus	18	14,8	−25	35	−4,0
Marte	20	28,0	−20	51	0,5
Júpiter	12	53,1	− 4	27	−1,6
Saturno	16	59,3	−21	22	0,5



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

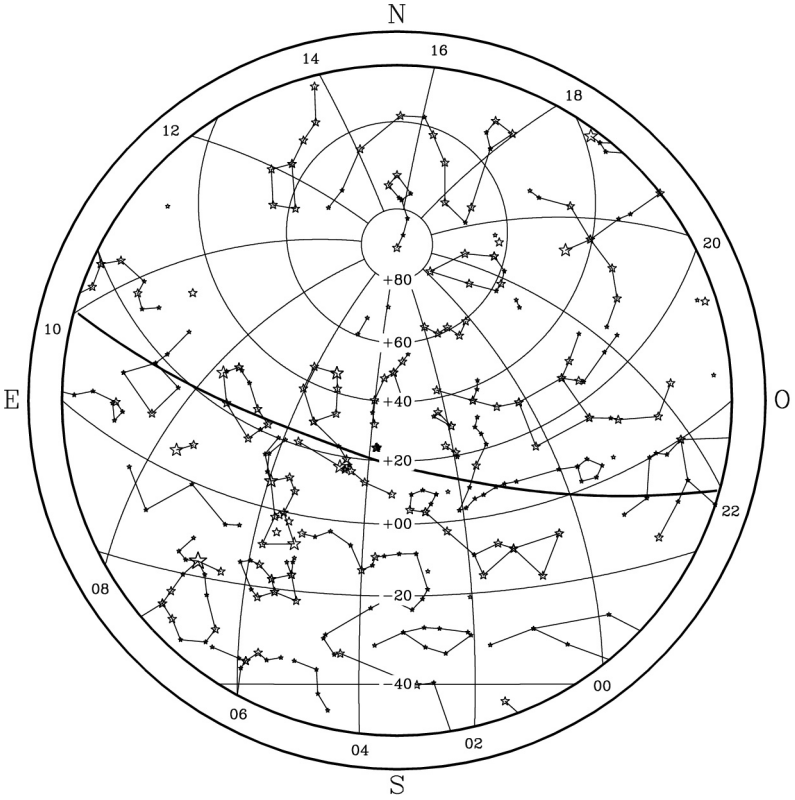
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Diciembre 2016

1 Iris 3° al S de la Luna
1 La Luna 7° al N de Mercurio
2 Vesta estacionario en ascensión recta
3 La Luna 6° al N de Venus
5 La Luna 3° al N de Marte
6 La Luna 0°,7 al N de Neptuno (Ocultación)
7 Cuarto creciente
9 La Luna 3° al S de Urano
10 Saturno en conjunción con el Sol
11 Máxima elongación Este de Mercurio (20°,8)
12 Luna en perigeo
13 La Luna 0°,4 al N de Aldebarán (Ocultación)
13 Máximo de las Gemínidas
13 Mercurio 2° al N de Nunki
14 Luna llena
15 Ceres estacionario en ascensión recta
18 La Luna 1°,1 al S de Régulo (Ocultación)
19 Mercurio estacionario en ascensión recta
21 Cuarto menguante
21 El Sol entra en Capricornio
21 Inicio del Invierno en el hemisferio boreal
21 Iris 2° al N de Mercurio
22 La Luna 2° al N de Júpiter
22 Máximo de las Úrsidas
24 Mercurio 4° al N de Nunki
25 Luna en apogeo
25 Mercurio en perihelio
27 Astraea 1°,1 al S de la Luna (Ocultación)
28 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
29 Luna nueva
29 Urano estacionario en ascensión recta
30 Flora 1°,3 al N de Marte, 1°,3 al N de Neptuno
30 Flora 2° al N de Venus
30 Hygiea 0°,9 al N de Saturno
30 Ceres, Palas y Vesta estacionarios en ascensión recta

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	18	59,4	−24	11	−0,2
Venus	20	46,2	−20	17	−4,1
Marte	21	57,3	−13	43	0,8
Júpiter	13	12,1	− 6	19	−1,7
Saturno	17	14,3	−21	43	0,4



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:

Marzo 8/9	total de Sol
Marzo 23	penumbral de Luna
Setiembre 1	anular de Sol
Setiembre 16	penumbral de Luna

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 $+90^\circ$. 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 $+180^\circ$.

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 2016

Se producirán dos eclipses de Sol, uno total el 8/9 de marzo y otro anular el 1 de setiembre. Ninguno será visible desde España.

Se describen en detalle en páginas siguientes.

Eclipses de Sol durante el año próximo

En 2017 habrá dos eclipses de Sol, uno de ellos anular el 26 de febrero y otro total el 21 de agosto, el segundo de ellos será visible como parcial en el noroeste de España.

El eclipse anular del 26 de febrero será visible como parcial en el Pacífico, sur de Sudamérica, Atlántico, África y la Antártida; la anularidad se verá en Chile, Argentina y África, alcanzando una magnitud de 0,99. El eclipse total del 21 de agosto se verá como parcial en Norteamérica, norte de Sudamérica, Atlántico y oeste de Europa, la totalidad se verá en el Pacífico, Estados Unidos y Atlántico, 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 2016

Se producirán dos eclipses penumbrales de Luna, uno el 23 de marzo y otro el 16 de setiembre. El último será visible desde España.

Se describen en detalle en páginas siguientes.

Eclipses de Luna durante el año próximo

En 2017 habrá dos eclipses de Luna, uno penumbral el 10/11 de febrero visible en América, Europa, África y Asia y otro parcial el 7 de agosto visible en el este de Europa, África, Asia y Australia.

El primero será visible en 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 total de Sol del día 8/9 de marzo (Saros 130)

Este eclipse no será visible desde España.

El eclipse parcial será visible en el este de Asia, Australia y el Océano Pacífico. El eclipse se iniciará el día 8 de marzo a las 23^h19^m TU (Tiempo Universal) a una latitud de $-8°$ en el Océano Índico, frente a la costa de la isla de Sumatra (Indonesia), y el fin del eclipse será el día 9 a las 4^h34^m TU a una latitud de $+27°$ en el Océano Pacífico, al norte de Hawái (Estados Unidos). La duración total del fenómeno será de 315 minutos (5 horas y un cuarto).

El eclipse total se iniciará el día 9 a las 0^h16^m TU a una latitud de $-3°$ en un punto del Océano Índico al oeste de Indonesia; cruzará Indonesia de oeste a este comenzado por la isla de Sumatra, continuando por la isla de Borneo, la isla de Célebes y terminando en las Molucas septentrionales, atravesará el Océano Pacífico de suroeste a noreste sin volver a tocar tierra. El eclipse terminará a las 3^h38^m TU en un punto del Pacífico (latitud $+32°$). La duración total del fenómeno será de 202 minutos (algo menos de 2 horas y media).

El máximo del eclipse se dará a la 1^h57^m TU a una latitud de $+10°$ y una longitud de $+149°$ en un punto del Océano Pacífico al sur de las Islas Marianas, siendo la duración máxima de la totalidad de 4 min 10 s y la anchura de la sombra de unos 155 km. En Palembang (isla de Sumatra, Indonesia) la duración de la totalidad será de 1 min 52 s, en Palangkaraya y Balikpapan (isla de Borneo, Indonesia) 2 min 30 s y 54 s respectivamente y en Palu (isla de Célebes, Indonesia) 2 min y 6 s.

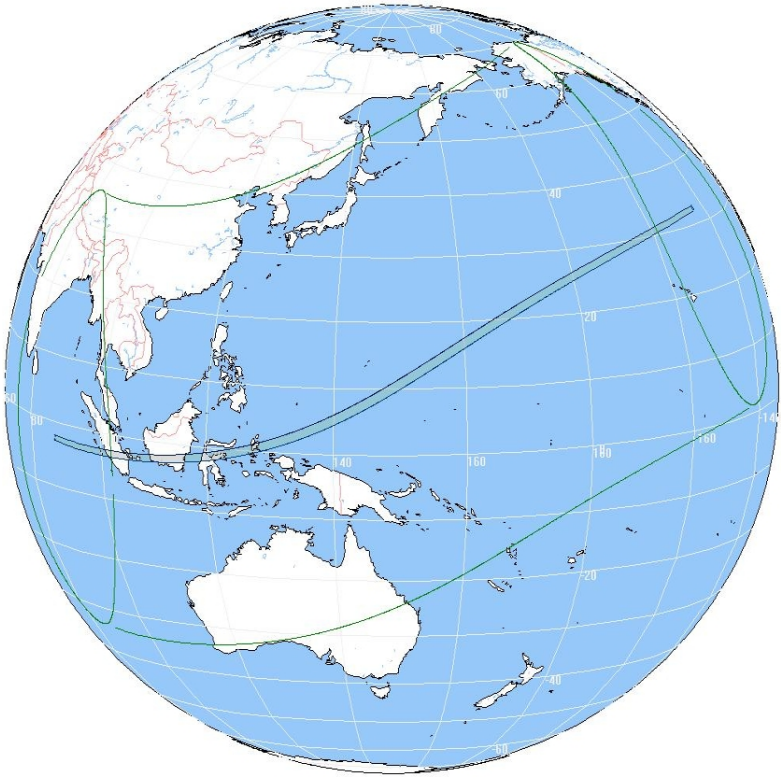
Características generales del eclipse

Fases	TU	Latitud	Longitud
Inicio del eclipse general	23^h19^m	–7°38′	102°13′
Inicio del eclipse total	0^h16^m	–2°42′	88°20′
Máximo del eclipse	1^h57^m	10°07′	148°48′
Conjunción en Asc. Recta	2^h06^m	11°34′	151°15′
Fin del eclipse total	3^h38^m	32°08′	–144°30′
Fin del eclipse general	4^h34^m	27°13′	–158°18′

Características del eclipse en el máximo

Duración de la fase total	$4^m\ 10^s$
Anchura de la sombra	155 km
Razón entre el radio topocéntrico de la Luna y el del Sol	104,5 %
Distancia mínima entre el eje de sombra de la Luna y el centro de la Tierra (en radio terrestres)	0,26
Altura del Sol	75°

Eclipse total de 8/9 de marzo de 2016



Eclipse anular de Sol del día 1 de setiembre (Saros 135)

Este eclipse anular es el número 39 de los 71 eclipses del ciclo Saros 135 y no será visible desde España.

El eclipse será visible como parcial en África y el océano Índico. El eclipse se iniciará como parcial a las 6^h13^m TU (Tiempo Universal) a una latitud de $+4°$ en el golfo de Guinea y terminará a las 12^h01^m TU a una latitud de $-28,5°$ en el Océano Índico. La duración total del fenómeno será de 347 minutos (algo menos de 6 horas).

El eclipse anular se iniciará a las 7^h18^m a una latitud $-2°$ en el Océano Atlántico, al noroeste de la Isla Ascensión (Reino Unido), atravesará África de oeste a este, comenzando por Gabón y continuando por Congo, República Democrática del Congo, Tanzania y Mozambique, cruzará el canal de Mozambique para adentrarse en Madagascar y posteriormente en la isla Reunión (Francia) y finalizará a las 10^h56^m a una latitud $-35°$ en el Océano Índico.

El máximo del eclipse anular se dará a las 9^h07^m en un punto al sur de Tanzania en el distrito de Tunduru (región de Ruvuma), con una magnitud máxima de 0,97 y una duración máxima de 3 min 6 s. En Franceville (Gabón) la duración de la anularidad será de 2 min 32 s, en Kalemie (República Democrática del Congo) 2 min 42 s, en Toamasina (Madagascar) 2 min 56 s y en San Pedro (isla Reunión-Francia) 2 min 52 s.

Características generales del eclipse

Fases	TU	Latitud	Longitud
Inicio del eclipse general	06^h13^m	$4°00'$	$-3°50'$
Inicio del eclipse anular	07^h18^m	$-2°23'$	$-19°21'$
Máximo del eclipse	09^h07^m	$-10°41'$	$37°46'$
Conjunción en Asc. Recta	09^h18^m	$-12°20'$	$40°30'$
Fin del eclipse anular	10^h56^m	$-34°56'$	$100°38'$
Fin del eclipse general	12^h01^m	$-28°35'$	$85°26'$

Características del eclipse en el máximo

Duración de la fase anular	$3^m\ 6^s$
Anchura de la sombra	100 km
Razón entre el radio topocéntrico de la Luna y el del Sol	97,4 %
Magnitud del eclipse anular	0,974
Distancia mínima entre el eje de sombra de la Luna y el centro de la Tierra (en radio terrestres)	0,333
Altura del Sol	71°

Eclipse anular de 1 de setiembre de 2016



Eclipse penumbral de Luna del día 23 de marzo (Saros 142)

Este eclipse es el número 18 de los 74 eclipses del ciclo Saros 142 y no será visible en España.

El inicio del eclipse tendrá lugar a las 9^h41^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 a Australia, Pacífico y la mayor parte de América. El eclipse terminará a las 13^h54^m TU. Habrá sido visible en sus últimas fases en Asia, Australia, el océano Pacífico y Alaska según delimita la curva **fP**.

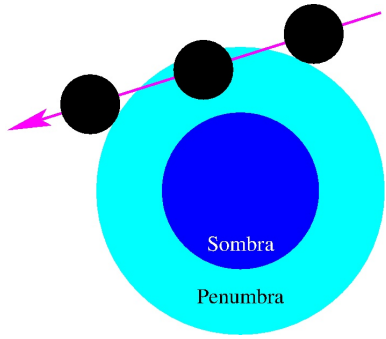
Características generales del eclipse

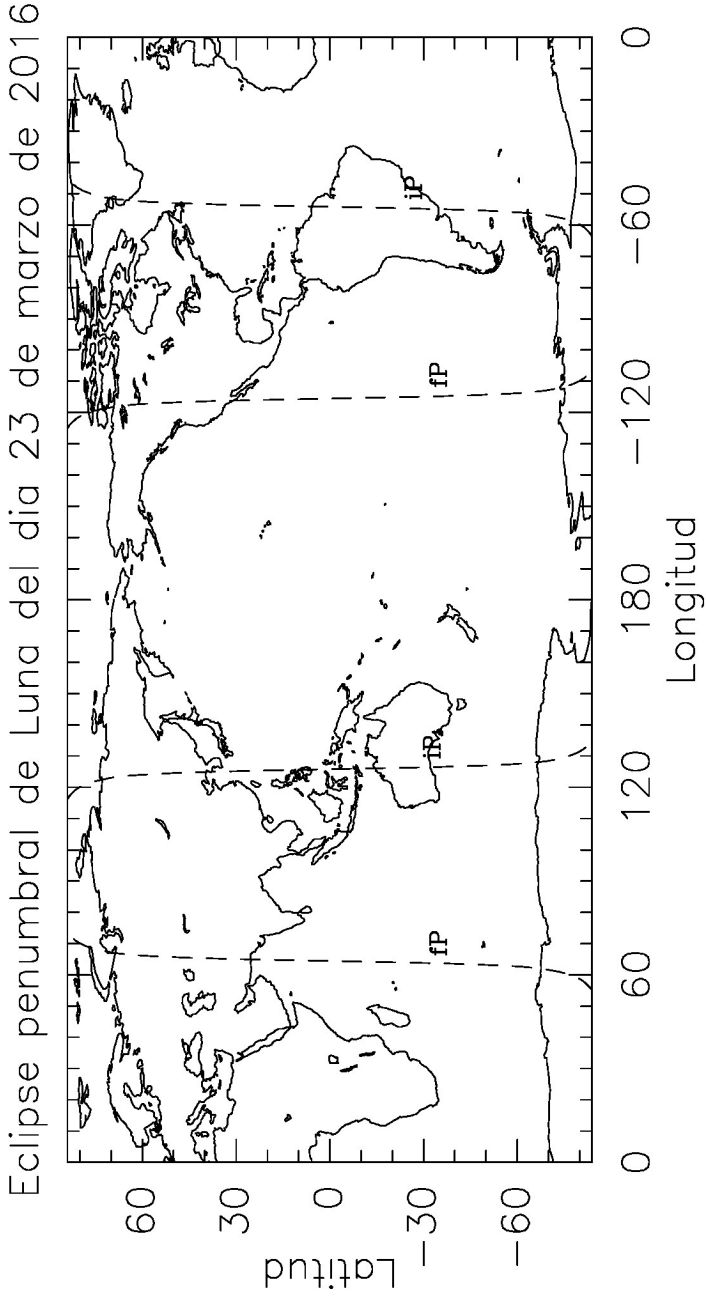
Fases	TU	Latitud	Long.(+E)	A.P.
Primer contacto con la penumbra	9^h41^m	0°01′	–144°13′	155°
Máximo del eclipse	11^h47^m	–0°18′	–174°54′	197°
Ultimo contacto con la penumbra	13^h54^m	–0°38′	154°25′	240°
Duración del eclipse penumbral	4^h13^m			
Magnitud del eclipse de penumbra	0,77			

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	77 %
Distancia mínima entre el eje de la sombra de la Tierra y el centro de la Luna (en radios terrestres)	1,16




Eclipse penumbral de Luna del dia 23 de marzo de 2016
Latitud
60
30
0
−30
−60
0
60
120
180
−120
−60
0
Longitud
fP
iP
fP
iP
fP

Eclipse penumbral de Luna del día 16 de setiembre (Saros 147)

Este eclipse es el número 9 de los 71 eclipses del ciclo Saros 147 y será visible en España.

El inicio del eclipse tendrá lugar a las 16^h53^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 al oeste del océano Pacífico, Australia, Asia, Rusia y el este de África. El eclipse terminará a las 20^h50^m TU. Habrá sido visible en sus últimas fases en Europa, África y Asia según delimita la curva **fP**.

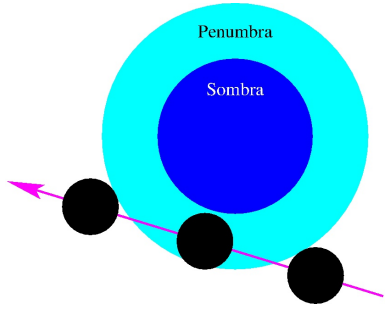
Características generales del eclipse

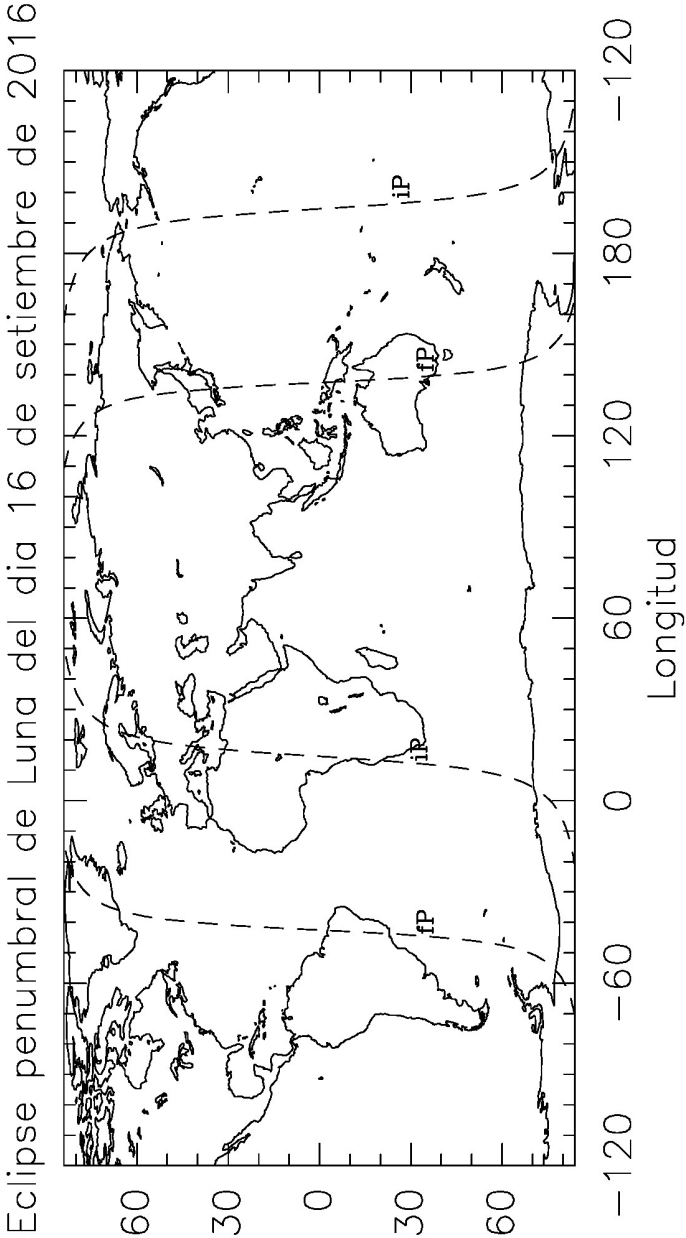
Fases	TU	Latitud	Long.(+E)	A.P.
Primer contacto con la penumbra	16^h53^m	$-3°39'$	$104°35'$	30°
Máximo del eclipse	18^h52^m	$-3°16'$	$76°01'$	344°
Ultimo contacto con la penumbra	20^h50^m	$-2°53'$	$47°28'$	296°
Duración del eclipse penumbral	3^h57^m			
Magnitud del eclipse de penumbra	0,91			

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	91 %
Distancia mínima entre el eje de la sombra de la Tierra y el centro de la Luna (en radios terrestres)	1,05




Eclipse penumbral de Luna del dia 16 de setiembre de 2016
Latitud
60
30
0
−30
−60
Longitud
−120
−60
0
60
120
180
−120
iP
fP
iP
fP
iP
fP

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
2016 marzo 8/9	total	4 09	1,05	Sumatra, Borneo, Pacífico
2016 setiembre 1	anular	3 06	0,97	Atlántico, África e Índico
2017 febrero 26	anular	0 44	0,99	S. Sudamérica y África
2017 agosto 21	total	2 40	1,03	Noteamérica y N. Sudamérica
2018 febrero 15	parcial		0,60	Antártida y S. Sudamérica
2018 julio 13	parcial		0,34	S. Australia
2018 agosto 11	parcial		0,74	N. Europa y Asia, Ártico
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

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
2016 marzo 23	penumbral			
2016 setiembre 16	penumbral			
2017 febrero 10/11	penumbral			
2017 agosto 7	parcial	116		0,25
2018 enero 31	total	204	76	1,32
2018 julio 27	total	236	104	1,61
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

Duración se refiere a la de contacto con la sombra.

El próximo eclipse **total** de Luna visible en España en alguna de sus fases será el de 27 de julio de 2018.

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.

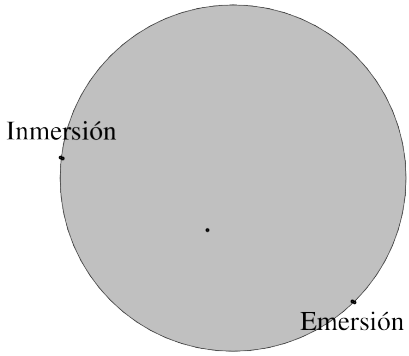
Tránsito de Mercurio del día 9 de mayo 2016

Será visible en su totalidad en toda España.

Será visible en su totalidad en el este de América, oeste de Europa y el extremo más occidental de África. Al inicio será visible desde el este de Asia, Europa y África y al final será visible desde el oeste de América y el océano Pacífico. La duración total del fenómeno será de 7 horas y media.

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 11^h12^m (o sea las 13^h12^m de hora oficial), con una altura aproximada del Sol de 64°; el instante de máximo acercamiento se producirá a las 14^h57^m (16^h57^m de hora oficial), con una altura del Sol de 48°; el contacto exterior de la emersión será a las 18^h42^m (20^h42^m de hora oficial), con una altura aproximada del Sol de 6°sobre el horizonte.



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.

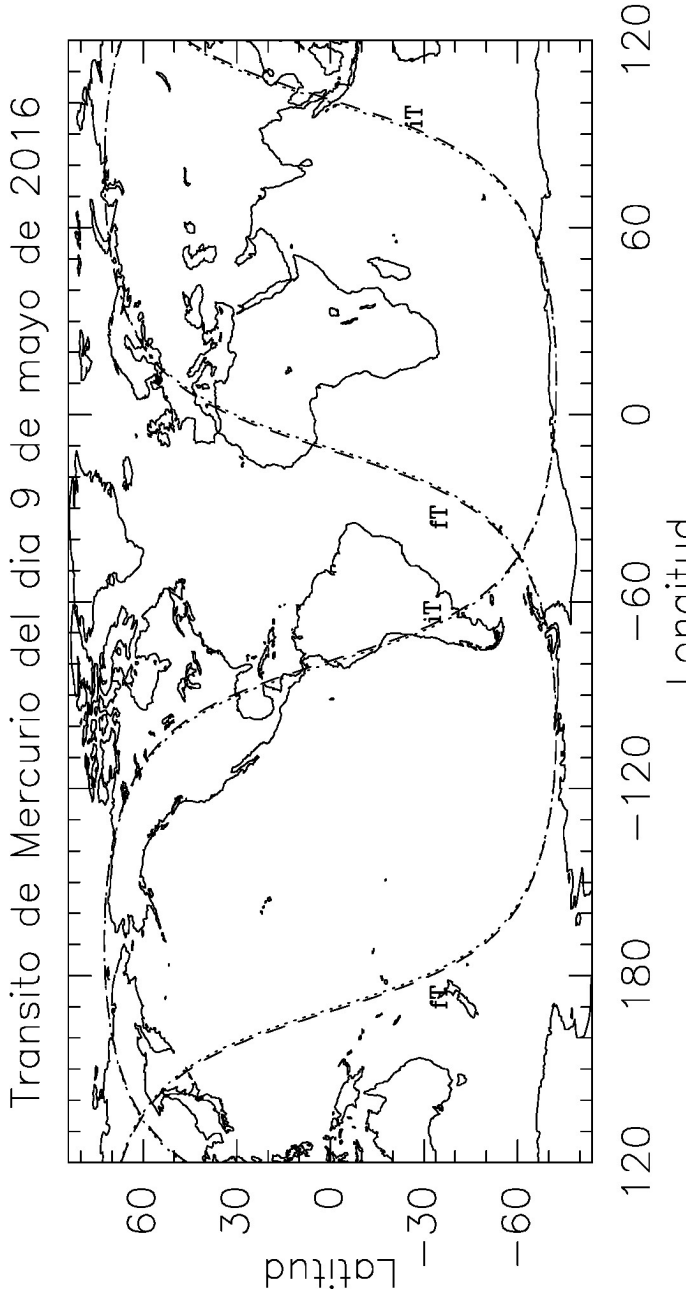
Características geocéntricas (TU):

Immersión:	
Contacto exterior	$11^h12^m,3$
Angulo de posición	$83°,2$
Contacto interior	$11^h15^m,5$
Angulo de posición	$83°,5$
Mínima distancia:	
Instante medio	$14^h57^m,4$
Angulo de posición	$153°,8$
Distancia mínima	$5'18'',5$
Emersión:	
Contacto interior	$18^h39^m,2$
Angulo de posición	$224°,1$
Contacto exterior	$18^h42^m,4$
Angulo de posición	$224°,4$
Duración total del fenómeno:	7 h 30 min

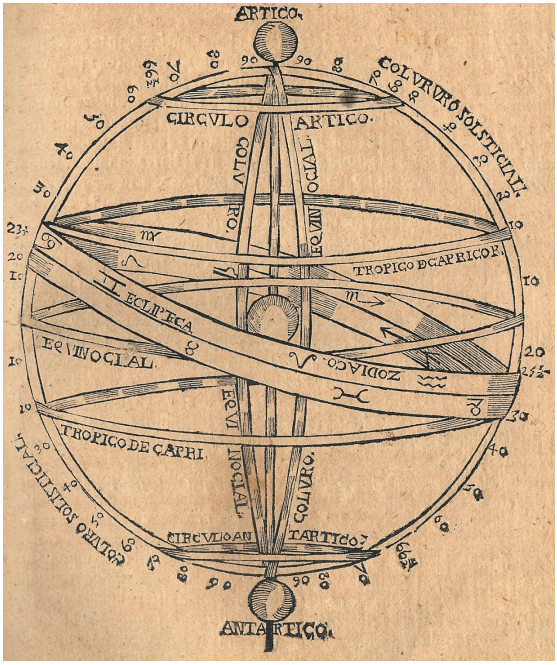
Condiciones a mitad del tránsito:

Sol:	
Diámetro	$31'40'',8$
Paralaje	$8'',710$
Ascensión recta	$3^h7^m,8$
Declinación	$17°34.6'$
Mercurio:	
Diámetro	$12'',07$
Paralaje	$15'',778$

El siguiente tránsito de Mercurio se producirá el 11 de noviembre de 2019.


Transito de Mercurio del dia 9 de mayo de 2016
Latitud
60
30
0
−30
−60
120
180
−120
−60
0
60
120
Longitud
iT
fT
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 2016 se escribe como 2016-02-28 o bien 20160228.

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 30 de marzo de 2016 es 2 457 477,5.

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
2016 Ene 0	2 457 387,5	2016 Jul 0	2 457 569,5
2016 Feb 0	2 457 418,5	2016 Ago 0	2 457 600,5
2016 Mar 0	2 457 447,5	2016 Set 0	2 457 631,5
2016 Abr 0	2 457 478,5	2016 Oct 0	2 457 661,5
2016 May 0	2 457 508,5	2016 Nov 0	2 457 692,5
2016 Jun 0	2 457 539,5	2016 Dic 0	2 457 722,5

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

2006	2453735,5	2011	2455561,5	2016	2457387,5
2007	2454100,5	2012	2455926,5	2017	2457753,5
2008	2454465,5	2013	2456292,5	2018	2458118,5
2009	2454831,5	2014	2456657,5	2019	2458483,5
2010	2455196,5	2015	2457022,5	2020	2458848,5

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 30 de marzo de 2016 a las 0^h TU son:

$DJC(2000)$=2 451 544,5
$DJF(16) = 365 * 16 + int[16/4] = 5\,844$
$DJM(\text{marzo}) = 59$

Por consiguiente, el día juliano es: $DJC + DJF + DJM + día = 2451544{,}5 + 5\,844 + 59 + 30 = 2457477{,}5$. Tal día será miércoles.

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 30 de marzo de 2016 a las 0^{h} TU es 2 457 477,5; el día juliano modificado correspondiente es 57 477.

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 2016

Cómputo eclesiástico		
Número áureo	3	(ciclo lunar de 19 años)
Epacta	21	(edad de la Luna al 1 de enero)
Ciclo solar	9	(ciclo de 28 años)
Letra dominical	C y B	(ciclo de 28 años)
Indicción romana	9	(ciclo de 15 años)

Principales fiestas movibles		
Septuagésima	Ene	24
Miércoles de Ceniza	Feb	10
Primer domingo de Cuaresma	Feb	14
Viernes Santo	Mar	25
Pascua	Mar	27
Ascensión	May	5
Pentecostés	May	15
La Santísima Trinidad	May	22
Corpus Christi	May	26
El Sagrado Corazón de Jesús	Jun	3
Primer domingo de Adviento	Nov	27

Témporas	
I	Feb 17, 19, 20
II	May 18, 20, 21
III	Set 21, 23, 24
IV	Dic 14, 16, 17

Velaciones

Se cierran:
Feb 9 y Nov 26
Se abren:
Mar 29 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 2016

Pascua	18 de abril (juliano) 1 de mayo (gregoriano)
Epacta	0
Letra dominical	D y C

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 2016 ($G = 2016{,}00$) corresponde a $M = 1437{,}23$, o sea a principios del año musulmán 1437. Este es un año común pues es el año 27 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		
1437	Rabī‘ al-ṯānī	1	2016	Ene	12
1437	Ŷumādà al-ūlà	1	2016	Feb	10
1437	Ŷumādà al-ājira	1	2016	Mar	11
1437	Raŷab	1	2016	Abr	9
1437	Ša‘bān	1	2016	May	9
1437	Ramaḍān	1	2016	Jun	7
1437	Šawwāl	1	2016	Jul	7
1437	Ḏū-l-qa‘da	1	2016	Ago	5
1437	Ḏū-l-ḥiŷŷa	1	2016	Set	4
1438	Muḥarram	1	2016	Oct	3
1438	Ṣafar	1	2016	Nov	2
1438	Rabī‘ al-awwal	1	2016	Dic	1
1438	Rabī‘ al-ṯānī	1	2016	Dic	31

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	2016	May	5
Primer día del ramadán	2016	Jun	7
Conquista de la Meca	2016	Jun	26
Revelación del Corán	2016	Jul	3
Ultimo día del ramadán	2016	Jul	6
Pascua postayuno	2016	Jul	7
Pascua de Inmolación	2016	Set	13
Primer día del año	2016	Oct	3
‘Āshūrā’	2016	Oct	12
Huida del Profeta (*Hégira*)	2016	Dic	1
Nacimiento del Profeta	2016	Dic	12

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		
1437	Rabīʿ al-ṯānī	2016	Ene	11
1437	Ŷumādà al-ūlà	2016	Feb	9
1437	Ŷumādà al-ājira	2016	Mar	10
1437	Raŷab	2016	Abr	8
1437	Šaʿbān	2016	May	7
1437	Ramaḍān	2016	Jun	6
1437	Šawwāl	2016	Jul	5
1437	Ḏū-l-qaʿda	2016	Ago	4
1437	Ḏū-l-ḥiŷŷa	2016	Set	2
1438	Muḥarram	2016	Oct	2
1438	Ṣafar	2016	Nov	1
1438	Rabīʿ al-awwal	2016	Nov	30
1438	Rabīʿ al-ṯānī	2016	Dic	30

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)
5770	2009 Set 19	355
5771	2010 Set 9	385
5772	2011 Set 29	354
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

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

Inicio del mes			Fecha gregoriana		
5776	Šebāṭ	1	2016	Ene	11
5776	Adār	1	2016	Feb	10
5776	ve-Adār	1	2016	Mar	11
5776	Nisan	1	2016	Abr	9
5776	Iyyār	1	2016	May	9
5776	Siwān	1	2016	Jun	7
5776	Tammūz	1	2016	Jul	7
5776	Ab	1	2016	Ago	5
5776	Elūl	1	2016	Set	4
5777	Tišrī	1	2016	Oct	3
5777	Ḥešwān	1	2016	Nov	2
5777	Kislew	1	2016	Dic	1
5777	Ṭebēt	1	2016	Dic	30

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	2016	Ene	25
Ayuno de Ester	2016	Mar	23
Suertes (*Purim*)	2016	Mar	24
Pascua (*Pesaḥ*)	2016	Abr	23
Lag B'Omer	2016	May	26
Pentecostés (*Shavuot*)	2016	Jun	12
Ayuno del mes de tammūz	2016	Jul	24
Ayuno. Destrucción de Jerusalén	2016	Ago	14
Año nuevo (*Rosh-hashana*)	2016	Oct	3
Ayuno de Guedaliah	2016	Oct	5
Expiación (*Yom Kippur*)	2016	Oct	12
Tabernáculos (*Sukkot*)	2016	Oct	17
Alegría de la Ley	2016	Oct	25
Dedicación del Templo (*Ḥanukka*)	2016	Dic	25

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: 30 de marzo de 2016: a 20␣␣ le corresponde el índice 7; a ␣␣16, el índice 5; a marzo, el índice 3; y al día 30, el índice 2. La suma es: $7+5+3+2=17$. Restándole dos veces 7 se obtiene 3, índice que corresponde a miércoles.

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 2016

Días desde el inicio de siglo = 5 478 + día del año
Días hasta el fin de siglo = 31 046 − día del año
Día juliano = 2 457 387,5 + día del año + $TU/24^{\mathrm{h}}$
Día juliano modificado = 57 387 + día del año + $TU/24^{\mathrm{h}}$
Siglos julianos desde la época J2000 hasta la mitad del año:
$\mathrm{T} = (J2016{,}5 - J2000{,}0)/36525 = 0{,}165$
Tiempo sidéreo local en el día d, instante TU y longitud λ_E:
$\theta_{med} = 6^{\mathrm{h}}{,}607\,024 + 0^{\mathrm{h}}{,}065\,709\,825\ d + 1{,}002\,737\,91\ TU + \lambda_E$
$\theta_{ver} = \theta_{med}$ + ecuación de los equinoccios
Ecuación de los equinoccios $= -0^{\mathrm{s}}{,}04 - 0^{\mathrm{s}}{,}00120\ d$ (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:

$$TT - UT1 = 66^{s},0 + 0^{s},30\,(A - 2010) + 0^{s},004\,(A - 2010)^2$$

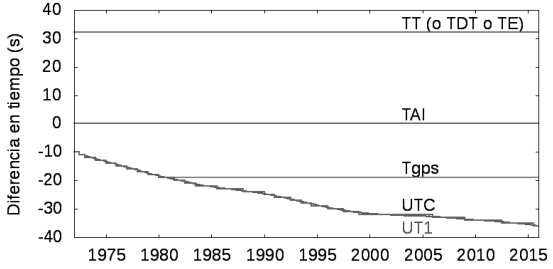
expresión válida entre 2003 y 2016.

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
2008 Ene 1	65^s,46
2009 Ene 1	65^s,78
2010 Ene 1	66^s,07
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 (pred.)	68^s,1
2017 Ene 1 (pred.)	68^s,6

Fecha	TAI–UTC
2009 Ene 1	34^s
2012 Jul 1	35^s
2015 Jul 1	36^s

En las tablas anteriores se indican la diferencia TT–UT1 para el primer día del año y las fechas en que se ha producido un salto de 1^s en la diferencia DTA=TAI–UTC, desde 2006 hasta 2016.

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:

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

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*:

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

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 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.

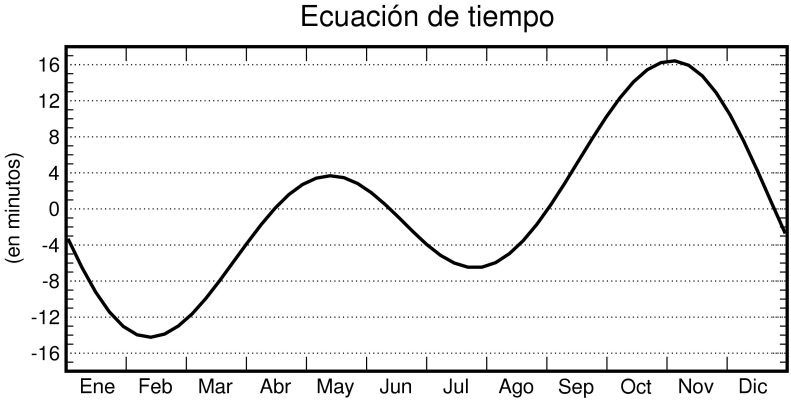
El *tiempo solar (local) verdadero* se define como el ángulo horario del Sol (o sea, la diferencia entre el tiempo sidéreo local verdadero θ_v y la ascensión recta del Sol $\alpha_\odot$). Este tiempo no es uniforme debido a la elipticidad de la órbita de la Tierra, a la inclinación relativa entre el 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:

$$\begin{aligned} Ec.Tiempo &= tiempo\ solar\ verdadero\ -\ tiempo\ solar\ medio \\ &= 595^{\mathrm{s}}\ \mathrm{sen}(198^\circ + 1{,}^\circ 9713\ d) + 442^{\mathrm{s}}\ \mathrm{sen}(175^\circ + 0{,}^\circ 9856\ d) \end{aligned}$$

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, Rusia cambió sus zonas horarias a finales de 2014, en 2015 Mongolia reintrodujo el horario de verano y Corea del Norte cambió su horario de referencia en media hora.

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*; Namibia*; Níger; Nigeria; Túnez*; R.D. Congo: Bajo Zaire, Bandundu, Ecuador
$+2^h$	Botswana; Burundi; Egipto; Lesotho; Malawi; Mozambique; Ruanda; R. Sudáfrica; R.D. Congo: Alto Zaire, Kasai, Kivu, Shaba; Swazilandia; Zambia; Zimbabwe
$+3^h$	Comoras; Eritrea; Etiopía; Kenia; Madagascar; I. Mayotte (Fr.); Somalia; Sudán; 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*; Turquía*
$+3^h$	Arabia Saudí; Bahrein; Iraq; Kuwait; Qatar; Yemen
$+3^h\,30^m$	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; Rusia (hora de Novosibirsk)
$+6^h\,30^m$	Myanmar; I. Cocos (Australia)
$+7^h$	Camboya; Indonesia: Java, Madura y Sumatra; Laos; Mongolia* (Hovd); Rusia (hora de Krasnoyarsk); 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
$+8^h\,30^m$	Corea del Norte
$+9^h$	Corea del Sur; 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; Nueva Caledonia (Fr.); I. Salomón; Vanuatu
$+11^h\,30^m$	I. Banaba (Kiribati); I. Norfolk (Australia)
$+12^h$	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)
$-4^{h}30^{m}$	Venezuela
-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)
$-3^{h}30^{m}$	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.

Los próximos cambios de horario tendrán lugar en las siguientes fechas:

2016 Domingos 27 de marzo y 30 de octubre.

2017 Domingos 26 de marzo y 29 de octubre.

2018 Domingos 25 de marzo y 28 de octubre.

2019 Domingos 31 de marzo y 27 de octubre.

2020 Domingos 29 de marzo y 25 de octubre.

Señales horarias UTC del Observatorio

Diversas cadenas de radiodifusión tienen conexión telefónica con los relojes del gabinete de la hora del Observatorio Astronómico de Madrid, lo que les permite emitir cada media hora las señales horarias de tiempo oficial. Dichos relojes están sincronizados con el sistema GPS. Hay que resaltar, sin embargo, que las señales emitidas por las emisoras sufren un pequeño retraso por propagación, en especial cuando la emisión tiene lugar vía satélite.

Enero 2016

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	1	2457388,5	06	40	21,791	−0,052	−03	04
2	S	2	2457389,5	06	44	18,344	−0,055	−03	32
3	D	3	2457390,5	06	48	14,896	−0,058	−04	01
4	L	4	2457391,5	06	52	11,450	−0,060	−04	28
5	M	5	2457392,5	06	56	08,005	−0,060	−04	56
6	M	6	2457393,5	07	00	04,562	−0,058	−05	23
7	J	7	2457394,5	07	04	01,122	−0,054	−05	49
8	V	8	2457395,5	07	07	57,683	−0,048	−06	15
9	S	9	2457396,5	07	11	54,245	−0,041	−06	41
10	D	10	2457397,5	07	15	50,807	−0,035	−07	06
11	L	11	2457398,5	07	19	47,368	−0,029	−07	31
12	M	12	2457399,5	07	23	43,926	−0,026	−07	55
13	M	13	2457400,5	07	27	40,482	−0,026	−08	18
14	J	14	2457401,5	07	31	37,035	−0,028	−08	41
15	V	15	2457402,5	07	35	33,586	−0,032	−09	03
16	S	16	2457403,5	07	39	30,138	−0,036	−09	24
17	D	17	2457404,5	07	43	26,690	−0,039	−09	45
18	L	18	2457405,5	07	47	23,244	−0,040	−10	05
19	M	19	2457406,5	07	51	19,801	−0,038	−10	24
20	M	20	2457407,5	07	55	16,361	−0,034	−10	43
21	J	21	2457408,5	07	59	12,922	−0,029	−11	01
22	V	22	2457409,5	08	03	09,484	−0,022	−11	18
23	S	23	2457410,5	08	07	06,044	−0,017	−11	34
24	D	24	2457411,5	08	11	02,603	−0,013	−11	49
25	L	25	2457412,5	08	14	59,160	−0,012	−12	04
26	M	26	2457413,5	08	18	55,714	−0,013	−12	18
27	M	27	2457414,5	08	22	52,266	−0,017	−12	31
28	J	28	2457415,5	08	26	48,817	−0,021	−12	43
29	V	29	2457416,5	08	30	45,367	−0,027	−12	55
30	S	30	2457417,5	08	34	41,917	−0,032	−13	06
31	D	31	2457418,5	08	38	38,468	−0,036	−13	16

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

Febrero 2016

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	32	2457419,5	08	42	35,021	−0,039	−13	25
2	M	33	2457420,5	08	46	31,575	−0,040	−13	33
3	M	34	2457421,5	08	50	28,131	−0,040	−13	41
4	J	35	2457422,5	08	54	24,689	−0,037	−13	47
5	V	36	2457423,5	08	58	21,248	−0,033	−13	53
6	S	37	2457424,5	09	02	17,807	−0,029	−13	58
7	D	38	2457425,5	09	06	14,366	−0,025	−14	03
8	L	39	2457426,5	09	10	10,923	−0,024	−14	06
9	M	40	2457427,5	09	14	07,478	−0,025	−14	09
10	M	41	2457428,5	09	18	04,029	−0,029	−14	11
11	J	42	2457429,5	09	22	00,579	−0,035	−14	12
12	V	43	2457430,5	09	25	57,127	−0,042	−14	13
13	S	44	2457431,5	09	29	53,676	−0,048	−14	12
14	D	45	2457432,5	09	33	50,227	−0,052	−14	11
15	L	46	2457433,5	09	37	46,781	−0,054	−14	09
16	M	47	2457434,5	09	41	43,337	−0,053	−14	07
17	M	48	2457435,5	09	45	39,895	−0,050	−14	03
18	J	49	2457436,5	09	49	36,454	−0,047	−13	59
19	V	50	2457437,5	09	53	33,012	−0,044	−13	54
20	S	51	2457438,5	09	57	29,569	−0,043	−13	49
21	D	52	2457439,5	10	01	26,123	−0,044	−13	43
22	L	53	2457440,5	10	05	22,675	−0,047	−13	36
23	M	54	2457441,5	10	09	19,225	−0,052	−13	28
24	M	55	2457442,5	10	13	15,774	−0,059	−13	20
25	J	56	2457443,5	10	17	12,321	−0,067	−13	11
26	V	57	2457444,5	10	21	08,869	−0,075	−13	02
27	S	58	2457445,5	10	25	05,417	−0,083	−12	52
28	D	59	2457446,5	10	29	01,966	−0,089	−12	42
29	L	60	2457447,5	10	32	58,517	−0,093	−12	31

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 2016

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	61	2457448,5	10	36	55,070	−0,095	−12	19
2	M	62	2457449,5	10	40	51,624	−0,096	−12	07
3	J	63	2457450,5	10	44	48,180	−0,096	−11	55
4	V	64	2457451,5	10	48	44,737	−0,094	−11	42
5	S	65	2457452,5	10	52	41,294	−0,093	−11	29
6	D	66	2457453,5	10	56	37,850	−0,093	−11	15
7	L	67	2457454,5	11	00	34,403	−0,094	−11	01
8	M	68	2457455,5	11	04	30,954	−0,099	−10	47
9	M	69	2457456,5	11	08	27,502	−0,107	−10	32
10	J	70	2457457,5	11	12	24,048	−0,115	−10	17
11	V	71	2457458,5	11	16	20,595	−0,124	−10	01
12	S	72	2457459,5	11	20	17,144	−0,131	−09	45
13	D	73	2457460,5	11	24	13,695	−0,135	−09	29
14	L	74	2457461,5	11	28	10,249	−0,136	−09	13
15	M	75	2457462,5	11	32	06,805	−0,135	−08	56
16	M	76	2457463,5	11	36	03,362	−0,133	−08	39
17	J	77	2457464,5	11	39	59,919	−0,132	−08	22
18	V	78	2457465,5	11	43	56,475	−0,132	−08	04
19	S	79	2457466,5	11	47	53,029	−0,133	−07	47
20	D	80	2457467,5	11	51	49,580	−0,137	−07	29
21	L	81	2457468,5	11	55	46,129	−0,143	−07	11
22	M	82	2457469,5	11	59	42,677	−0,151	−06	53
23	M	83	2457470,5	12	03	39,224	−0,160	−06	35
24	J	84	2457471,5	12	07	35,770	−0,169	−06	17
25	V	85	2457472,5	12	11	32,317	−0,177	−05	59
26	S	86	2457473,5	12	15	28,865	−0,184	−05	41
27	D	87	2457474,5	12	19	25,415	−0,190	−05	22
28	L	88	2457475,5	12	23	21,967	−0,194	−05	04
29	M	89	2457476,5	12	27	18,520	−0,195	−04	46
30	M	90	2457477,5	12	31	15,075	−0,196	−04	28
31	J	91	2457478,5	12	35	11,631	−0,195	−04	10

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 2016

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	92	2457479,5	12	39	08,188	−0,194	−03	52
2	S	93	2457480,5	12	43	04,743	−0,194	−03	35
3	D	94	2457481,5	12	47	01,297	−0,195	−03	17
4	L	95	2457482,5	12	50	57,849	−0,199	−03	00
5	M	96	2457483,5	12	54	54,398	−0,205	−02	42
6	M	97	2457484,5	12	58	50,946	−0,213	−02	25
7	J	98	2457485,5	13	02	47,492	−0,222	−02	08
8	V	99	2457486,5	13	06	44,040	−0,229	−01	52
9	S	100	2457487,5	13	10	40,591	−0,234	−01	35
10	D	101	2457488,5	13	14	37,145	−0,235	−01	19
11	L	102	2457489,5	13	18	33,702	−0,234	−01	04
12	M	103	2457490,5	13	22	30,260	−0,231	−00	48
13	M	104	2457491,5	13	26	26,818	−0,228	−00	33
14	J	105	2457492,5	13	30	23,376	−0,226	−00	18
15	V	106	2457493,5	13	34	19,931	−0,226	−00	03
16	S	107	2457494,5	13	38	16,484	−0,228	+00	11
17	D	108	2457495,5	13	42	13,035	−0,233	+00	25
18	L	109	2457496,5	13	46	09,584	−0,239	+00	39
19	M	110	2457497,5	13	50	06,132	−0,246	+00	52
20	M	111	2457498,5	13	54	02,680	−0,254	+01	05
21	J	112	2457499,5	13	57	59,228	−0,261	+01	17
22	V	113	2457500,5	14	01	55,777	−0,267	+01	29
23	S	114	2457501,5	14	05	52,328	−0,271	+01	41
24	D	115	2457502,5	14	09	48,881	−0,274	+01	52
25	L	116	2457503,5	14	13	45,436	−0,275	+02	02
26	M	117	2457504,5	14	17	41,992	−0,274	+02	12
27	M	118	2457505,5	14	21	38,550	−0,271	+02	22
28	J	119	2457506,5	14	25	35,108	−0,269	+02	31
29	V	120	2457507,5	14	29	31,665	−0,267	+02	39
30	S	121	2457508,5	14	33	28,222	−0,266	+02	47

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 2016

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	122	2457509,5	14	37	24,776	−0,267	+02	55
2	L	123	2457510,5	14	41	21,328	−0,270	+03	02
3	M	124	2457511,5	14	45	17,878	−0,275	+03	08
4	M	125	2457512,5	14	49	14,427	−0,282	+03	14
5	J	126	2457513,5	14	53	10,976	−0,288	+03	19
6	V	127	2457514,5	14	57	07,528	−0,292	+03	23
7	S	128	2457515,5	15	01	04,082	−0,293	+03	27
8	D	129	2457516,5	15	05	00,640	−0,290	+03	31
9	L	130	2457517,5	15	08	57,201	−0,285	+03	34
10	M	131	2457518,5	15	12	53,762	−0,279	+03	36
11	M	132	2457519,5	15	16	50,323	−0,273	+03	38
12	J	133	2457520,5	15	20	46,882	−0,270	+03	39
13	V	134	2457521,5	15	24	43,438	−0,269	+03	40
14	S	135	2457522,5	15	28	39,992	−0,270	+03	40
15	D	136	2457523,5	15	32	36,544	−0,274	+03	39
16	L	137	2457524,5	15	36	33,095	−0,278	+03	38
17	M	138	2457525,5	15	40	29,645	−0,284	+03	37
18	M	139	2457526,5	15	44	26,195	−0,289	+03	35
19	J	140	2457527,5	15	48	22,747	−0,293	+03	32
20	V	141	2457528,5	15	52	19,299	−0,295	+03	29
21	S	142	2457529,5	15	56	15,854	−0,296	+03	25
22	D	143	2457530,5	16	00	12,411	−0,295	+03	21
23	L	144	2457531,5	16	04	08,969	−0,292	+03	16
24	M	145	2457532,5	16	08	05,529	−0,287	+03	11
25	M	146	2457533,5	16	12	02,089	−0,282	+03	05
26	J	147	2457534,5	16	15	58,649	−0,278	+02	59
27	V	148	2457535,5	16	19	55,208	−0,274	+02	52
28	S	149	2457536,5	16	23	51,765	−0,273	+02	45
29	D	150	2457537,5	16	27	48,320	−0,273	+02	37
30	L	151	2457538,5	16	31	44,872	−0,276	+02	29
31	M	152	2457539,5	16	35	41,424	−0,280	+02	21

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 2016

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	153	2457540,5	16	39	37,975	−0,285	+02	12
2	J	154	2457541,5	16	43	34,527	−0,287	+02	02
3	V	155	2457542,5	16	47	31,082	−0,288	+01	52
4	S	156	2457543,5	16	51	27,641	−0,285	+01	42
5	D	157	2457544,5	16	55	24,202	−0,278	+01	31
6	L	158	2457545,5	16	59	20,766	−0,270	+01	21
7	M	159	2457546,5	17	03	17,329	−0,263	+01	09
8	M	160	2457547,5	17	07	13,891	−0,256	+00	58
9	J	161	2457548,5	17	11	10,450	−0,252	+00	46
10	V	162	2457549,5	17	15	07,007	−0,251	+00	34
11	S	163	2457550,5	17	19	03,561	−0,252	+00	22
12	D	164	2457551,5	17	23	00,114	−0,254	+00	10
13	L	165	2457552,5	17	26	56,666	−0,258	−00	03
14	M	166	2457553,5	17	30	53,217	−0,262	−00	15
15	M	167	2457554,5	17	34	49,770	−0,265	−00	28
16	J	168	2457555,5	17	38	46,323	−0,267	−00	41
17	V	169	2457556,5	17	42	42,878	−0,267	−00	54
18	S	170	2457557,5	17	46	39,436	−0,265	−01	07
19	D	171	2457558,5	17	50	35,995	−0,261	−01	20
20	L	172	2457559,5	17	54	32,556	−0,256	−01	33
21	M	173	2457560,5	17	58	29,117	−0,250	−01	45
22	M	174	2457561,5	18	02	25,678	−0,244	−01	58
23	J	175	2457562,5	18	06	22,238	−0,239	−02	11
24	V	176	2457563,5	18	10	18,797	−0,236	−02	24
25	S	177	2457564,5	18	14	15,353	−0,235	−02	37
26	D	178	2457565,5	18	18	11,907	−0,237	−02	49
27	L	179	2457566,5	18	22	08,459	−0,240	−03	02
28	M	180	2457567,5	18	26	05,010	−0,244	−03	14
29	M	181	2457568,5	18	30	01,562	−0,247	−03	26
30	J	182	2457569,5	18	33	58,117	−0,248	−03	38

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:

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

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

Julio 2016

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	183	2457570,5	18	37	54,674	−0,246	−03	50
2	S	184	2457571,5	18	41	51,235	−0,241	−04	02
3	D	185	2457572,5	18	45	47,797	−0,234	−04	13
4	L	186	2457573,5	18	49	44,360	−0,226	−04	24
5	M	187	2457574,5	18	53	40,923	−0,219	−04	34
6	M	188	2457575,5	18	57	37,483	−0,214	−04	44
7	J	189	2457576,5	19	01	34,041	−0,211	−04	54
8	V	190	2457577,5	19	05	30,596	−0,212	−05	04
9	S	191	2457578,5	19	09	27,149	−0,214	−05	13
10	D	192	2457579,5	19	13	23,701	−0,218	−05	22
11	L	193	2457580,5	19	17	20,252	−0,222	−05	30
12	M	194	2457581,5	19	21	16,803	−0,226	−05	37
13	M	195	2457582,5	19	25	13,356	−0,229	−05	45
14	J	196	2457583,5	19	29	09,910	−0,230	−05	51
15	V	197	2457584,5	19	33	06,466	−0,230	−05	58
16	S	198	2457585,5	19	37	03,023	−0,227	−06	03
17	D	199	2457586,5	19	40	59,583	−0,223	−06	09
18	L	200	2457587,5	19	44	56,143	−0,219	−06	13
19	M	201	2457588,5	19	48	52,704	−0,213	−06	17
20	M	202	2457589,5	19	52	49,263	−0,209	−06	21
21	J	203	2457590,5	19	56	45,821	−0,206	−06	24
22	V	204	2457591,5	20	00	42,377	−0,206	−06	26
23	S	205	2457592,5	20	04	38,930	−0,208	−06	28
24	D	206	2457593,5	20	08	35,481	−0,213	−06	29
25	L	207	2457594,5	20	12	32,031	−0,218	−06	30
26	M	208	2457595,5	20	16	28,582	−0,223	−06	30
27	M	209	2457596,5	20	20	25,134	−0,226	−06	30
28	J	210	2457597,5	20	24	21,689	−0,227	−06	29
29	V	211	2457598,5	20	28	18,246	−0,224	−06	27
30	S	212	2457599,5	20	32	14,806	−0,220	−06	25
31	D	213	2457600,5	20	36	11,367	−0,214	−06	22

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 2016

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	214	2457601,5	20	40	07,928	−0,209	−06	19
2	M	215	2457602,5	20	44	04,487	−0,205	−06	15
3	M	216	2457603,5	20	48	01,044	−0,203	−06	10
4	J	217	2457604,5	20	51	57,598	−0,205	−06	05
5	V	218	2457605,5	20	55	54,150	−0,208	−05	59
6	S	219	2457606,5	20	59	50,700	−0,214	−05	53
7	D	220	2457607,5	21	03	47,249	−0,220	−05	46
8	L	221	2457608,5	21	07	43,798	−0,226	−05	38
9	M	222	2457609,5	21	11	40,348	−0,232	−05	30
10	M	223	2457610,5	21	15	36,899	−0,236	−05	21
11	J	224	2457611,5	21	19	33,452	−0,238	−05	12
12	V	225	2457612,5	21	23	30,007	−0,239	−05	02
13	S	226	2457613,5	21	27	26,564	−0,238	−04	51
14	D	227	2457614,5	21	31	23,121	−0,235	−04	40
15	L	228	2457615,5	21	35	19,680	−0,232	−04	28
16	M	229	2457616,5	21	39	16,237	−0,230	−04	16
17	M	230	2457617,5	21	43	12,794	−0,229	−04	03
18	J	231	2457618,5	21	47	09,348	−0,230	−03	50
19	V	232	2457619,5	21	51	05,900	−0,233	−03	36
20	S	233	2457620,5	21	55	02,449	−0,239	−03	22
21	D	234	2457621,5	21	58	58,997	−0,247	−03	07
22	L	235	2457622,5	22	02	55,545	−0,254	−02	52
23	M	236	2457623,5	22	06	52,095	−0,260	−02	37
24	M	237	2457624,5	22	10	48,646	−0,264	−02	21
25	J	238	2457625,5	22	14	45,201	−0,264	−02	04
26	V	239	2457626,5	22	18	41,758	−0,263	−01	47
27	S	240	2457627,5	22	22	38,317	−0,260	−01	30
28	D	241	2457628,5	22	26	34,875	−0,257	−01	13
29	L	242	2457629,5	22	30	31,432	−0,255	−00	55
30	M	243	2457630,5	22	34	27,988	−0,255	−00	37
31	M	244	2457631,5	22	38	24,540	−0,258	−00	18

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 2016

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	245	2457632,5	22	42	21,090	−0,263	+00	01
2	V	246	2457633,5	22	46	17,639	−0,270	+00	20
3	S	247	2457634,5	22	50	14,186	−0,278	+00	39
4	D	248	2457635,5	22	54	10,733	−0,287	+00	59
5	L	249	2457636,5	22	58	07,280	−0,294	+01	19
6	M	250	2457637,5	23	02	03,829	−0,301	+01	39
7	M	251	2457638,5	23	06	00,379	−0,306	+01	59
8	J	252	2457639,5	23	09	56,932	−0,309	+02	20
9	V	253	2457640,5	23	13	53,486	−0,311	+02	40
10	S	254	2457641,5	23	17	50,041	−0,311	+03	01
11	D	255	2457642,5	23	21	46,597	−0,310	+03	22
12	L	256	2457643,5	23	25	43,153	−0,309	+03	44
13	M	257	2457644,5	23	29	39,709	−0,309	+04	05
14	M	258	2457645,5	23	33	36,262	−0,311	+04	26
15	J	259	2457646,5	23	37	32,813	−0,315	+04	48
16	V	260	2457647,5	23	41	29,362	−0,322	+05	09
17	S	261	2457648,5	23	45	25,909	−0,330	+05	31
18	D	262	2457649,5	23	49	22,455	−0,339	+05	52
19	L	263	2457650,5	23	53	19,003	−0,347	+06	14
20	M	264	2457651,5	23	57	15,553	−0,353	+06	35
21	M	265	2457652,5	00	01	12,106	−0,355	+06	57
22	J	266	2457653,5	00	05	08,661	−0,355	+07	18
23	V	267	2457654,5	00	09	05,219	−0,353	+07	39
24	S	268	2457655,5	00	13	01,776	−0,350	+08	00
25	D	269	2457656,5	00	16	58,333	−0,349	+08	21
26	L	270	2457657,5	00	20	54,888	−0,350	+08	41
27	M	271	2457658,5	00	24	51,440	−0,352	+09	02
28	M	272	2457659,5	00	28	47,990	−0,358	+09	22
29	J	273	2457660,5	00	32	44,538	−0,365	+09	42
30	V	274	2457661,5	00	36	41,085	−0,374	+10	01

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 2016

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	275	2457662,5	00	40	37,632	−0,383	+10	21
2	D	276	2457663,5	00	44	34,179	−0,391	+10	40
3	L	277	2457664,5	00	48	30,727	−0,398	+10	59
4	M	278	2457665,5	00	52	27,276	−0,404	+11	17
5	M	279	2457666,5	00	56	23,828	−0,408	+11	35
6	J	280	2457667,5	01	00	20,381	−0,410	+11	53
7	V	281	2457668,5	01	04	16,936	−0,410	+12	10
8	S	282	2457669,5	01	08	13,492	−0,410	+12	27
9	D	283	2457670,5	01	12	10,048	−0,409	+12	44
10	L	284	2457671,5	01	16	06,604	−0,409	+13	00
11	M	285	2457672,5	01	20	03,158	−0,409	+13	16
12	M	286	2457673,5	01	23	59,711	−0,412	+13	31
13	J	287	2457674,5	01	27	56,261	−0,417	+13	46
14	V	288	2457675,5	01	31	52,809	−0,425	+14	00
15	S	289	2457676,5	01	35	49,357	−0,433	+14	14
16	D	290	2457677,5	01	39	45,904	−0,441	+14	27
17	L	291	2457678,5	01	43	42,454	−0,446	+14	39
18	M	292	2457679,5	01	47	39,007	−0,449	+14	51
19	M	293	2457680,5	01	51	35,563	−0,448	+15	02
20	J	294	2457681,5	01	55	32,122	−0,445	+15	13
21	V	295	2457682,5	01	59	28,681	−0,440	+15	23
22	S	296	2457683,5	02	03	25,240	−0,437	+15	32
23	D	297	2457684,5	02	07	21,797	−0,435	+15	41
24	L	298	2457685,5	02	11	18,352	−0,436	+15	49
25	M	299	2457686,5	02	15	14,904	−0,439	+15	56
26	M	300	2457687,5	02	19	11,454	−0,445	+16	03
27	J	301	2457688,5	02	23	08,003	−0,451	+16	08
28	V	302	2457689,5	02	27	04,551	−0,458	+16	13
29	S	303	2457690,5	02	31	01,099	−0,465	+16	17
30	D	304	2457691,5	02	34	57,649	−0,471	+16	21
31	L	305	2457692,5	02	38	54,200	−0,475	+16	24

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 2016

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	306	2457693,5	02	42	50,753	−0,478	+16	25
2	M	307	2457694,5	02	46	47,308	−0,478	+16	26
3	J	308	2457695,5	02	50	43,864	−0,477	+16	27
4	V	309	2457696,5	02	54	40,422	−0,474	+16	26
5	S	310	2457697,5	02	58	36,981	−0,472	+16	25
6	D	311	2457698,5	03	02	33,539	−0,469	+16	23
7	L	312	2457699,5	03	06	30,096	−0,467	+16	20
8	M	313	2457700,5	03	10	26,651	−0,467	+16	16
9	M	314	2457701,5	03	14	23,205	−0,469	+16	11
10	J	315	2457702,5	03	18	19,756	−0,473	+16	06
11	V	316	2457703,5	03	22	16,306	−0,479	+15	59
12	S	317	2457704,5	03	26	12,855	−0,484	+15	52
13	D	318	2457705,5	03	30	09,406	−0,489	+15	44
14	L	319	2457706,5	03	34	05,960	−0,490	+15	35
15	M	320	2457707,5	03	38	02,518	−0,488	+15	26
16	M	321	2457708,5	03	41	59,079	−0,482	+15	15
17	J	322	2457709,5	03	45	55,641	−0,475	+15	04
18	V	323	2457710,5	03	49	52,204	−0,468	+14	52
19	S	324	2457711,5	03	53	48,765	−0,462	+14	39
20	D	325	2457712,5	03	57	45,324	−0,459	+14	25
21	L	326	2457713,5	04	01	41,879	−0,459	+14	10
22	M	327	2457714,5	04	05	38,433	−0,461	+13	54
23	M	328	2457715,5	04	09	34,984	−0,464	+13	38
24	J	329	2457716,5	04	13	31,535	−0,469	+13	21
25	V	330	2457717,5	04	17	28,086	−0,473	+13	03
26	S	331	2457718,5	04	21	24,638	−0,477	+12	44
27	D	332	2457719,5	04	25	21,191	−0,479	+12	25
28	L	333	2457720,5	04	29	17,747	−0,479	+12	05
29	M	334	2457721,5	04	33	14,304	−0,477	+11	44
30	M	335	2457722,5	04	37	10,862	−0,474	+11	22

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:

$$595^{s}\,\mathrm{sen}(198^{\circ} + 1,^{\circ}9713\,d) + 442^{s}\,\mathrm{sen}(175^{\circ} + 0,^{\circ}9856\,d)$$

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

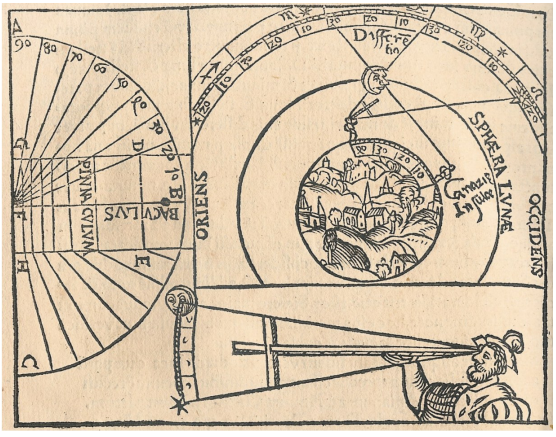
Diciembre 2016

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	336	2457723,5	04	41	07,423	−0,469	+11	00
2	V	337	2457724,5	04	45	03,983	−0,464	+10	37
3	S	338	2457725,5	04	49	00,544	−0,458	+10	14
4	D	339	2457726,5	04	52	57,104	−0,454	+09	50
5	L	340	2457727,5	04	56	53,662	−0,451	+09	25
6	M	341	2457728,5	05	00	50,219	−0,450	+09	00
7	M	342	2457729,5	05	04	46,773	−0,451	+08	34
8	J	343	2457730,5	05	08	43,325	−0,454	+08	08
9	V	344	2457731,5	05	12	39,877	−0,458	+07	42
10	S	345	2457732,5	05	16	36,429	−0,461	+07	15
11	D	346	2457733,5	05	20	32,984	−0,462	+06	47
12	L	347	2457734,5	05	24	29,542	−0,459	+06	20
13	M	348	2457735,5	05	28	26,103	−0,453	+05	51
14	M	349	2457736,5	05	32	22,667	−0,445	+05	23
15	J	350	2457737,5	05	36	19,232	−0,435	+04	54
16	V	351	2457738,5	05	40	15,796	−0,426	+04	26
17	S	352	2457739,5	05	44	12,358	−0,420	+03	56
18	D	353	2457740,5	05	48	08,917	−0,416	+03	27
19	L	354	2457741,5	05	52	05,472	−0,416	+02	57
20	M	355	2457742,5	05	56	02,026	−0,418	+02	28
21	M	356	2457743,5	05	59	58,579	−0,420	+01	58
22	J	357	2457744,5	06	03	55,131	−0,424	+01	28
23	V	358	2457745,5	06	07	51,684	−0,426	+00	58
24	S	359	2457746,5	06	11	48,238	−0,428	+00	28
25	D	360	2457747,5	06	15	44,793	−0,427	−00	01
26	L	361	2457748,5	06	19	41,351	−0,425	−00	31
27	M	362	2457749,5	06	23	37,910	−0,421	−01	01
28	M	363	2457750,5	06	27	34,471	−0,416	−01	30
29	J	364	2457751,5	06	31	31,032	−0,410	−02	00
30	V	365	2457752,5	06	35	27,594	−0,404	−02	29
31	S	366	2457753,5	06	39	24,154	−0,398	−02	58

La ecuación de tiempo se anula en las siguientes cuatro fechas: 15 de abril, 12 de junio, 31 de agosto y 24 de diciembre. En estas fechas, el tiempo solar medio y el verdadero prácticamente coinciden.

Su valor es mínimo el día 12 de febrero, con un mínimo secundario el 25 de julio. Su valor es máximo el día 2 de noviembre, con un máximo secundario el 13 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

Unidades prácticas

$\mathcal{R}_\odot$	= 696 000 km	= 6,960 10^{10} cm
$\mathcal{L}_\odot$	= 3,846 10^{26} W	= 3,846 10^{33} erg s^{-1}
$\mathcal{M}_\odot$	= 1,9885 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 2016

Longitud media	$L_\odot =$	$279^\circ,111\,551 + 0^\circ,985\,647\,36\ d$
Anomalía media	$M_\odot =$	$355^\circ,898\,136 + 0^\circ,985\,600\,28\ d$
Longitud media del perigeo	$\varpi_\odot =$	$283^\circ,213\,415 + 0^\circ,000\,047\,08\ d$
Excentricidad promedio	$e_\odot =$	$0{,}016\,702\,17$
Oblicuidad media de la eclíptica	$\varepsilon =$	$23^\circ,437\,211 - 0^\circ,000\,000\,36\ d$

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

Longitud verdadera (error $< 30''$)

$$\begin{aligned}\odot &= L_\odot + 1^\circ,914\ \mathrm{sen}(M_\odot) + 0^\circ,020\ \mathrm{sen}(2\,M_\odot)\\ &= 279^\circ,109 + 0^\circ,98563\ d + 1^\circ,914\ \mathrm{sen}(0^\circ,9856\ d - 4^\circ,0)\\ &\quad + 0^\circ,020\ \mathrm{sen}(2^\circ d - 15^\circ)\end{aligned}$$

Duración de los años

año trópico:	$365^d,242\,189$	$365^d\ 05^h48^m45^s,10$	(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	$\mathcal{R}_\odot$	$= 696\,000$ km	$109\ \mathcal{R}_\oplus$
Superficie		$6,087\ 10^{12}$ km^2	11 900
Volumen		$1,4122\ 10^{18}$ km^3	1 300 000
Masa	$\mathcal{M}_\odot$	$= 1,9885\ 10^{30}$ kg	$333\,000\ \mathcal{M}_\oplus$
Densidad media		$1{,}408$ g cm^{-3}	0,255
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	$75\overset{\circ}{,}*$
Orientación del Polo Norte solar	$\alpha_{PN} = 286\overset{\circ}{,}16$
	$\delta_{PN} = 63\overset{\circ}{,}90$

Luminosidad

Tipo estelar	G2 V	
Temperatura efectiva	$T_{eff} = 5\,780$ K	
Magnitudes absolutas	$M_{bol} = 4{,}75$	$M_U = 5{,}67$
	$M_V = 4{,}83$	$M_B = 5{,}48$

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	$m_{bol} = -26{,}82$	$m_U = -25{,}96$
	$V = m_V = -26{,}75$	$B = m_B = -26{,}09$
Constante solar	1 370 W m^{-2}	1,96 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	11,4 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	$\mathrm{N} = 9{,}''205\,2331$
Constante de aberración	$k = 20{,}''495\,51$
Oblicuidad de la eclíptica	$\varepsilon_\circ = 23^\circ 26' 21{,}''406$
	$= 23{,}^\circ 439\,2794$
	$= 84\,382{,}''406$

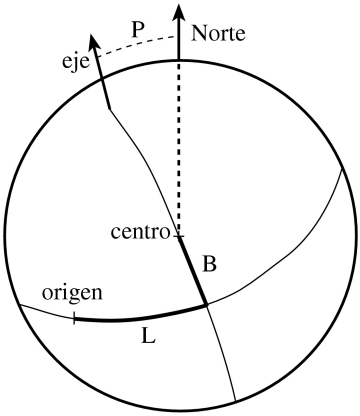
Efemérides del Sol para 2016

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:

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

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 2016

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	7 38	12 18 04	16 58	18 43 26,2	−23 03 33	02,2	−2,9	274,3
2 S	7 38	12 18 32	16 59	18 47 51,2	−22 58 44	01,8	−3,1	261,2
3 D	7 38	12 19 00	17 00	18 52 15,8	−22 53 28	01,3	−3,2	248,0
4 L	7 38	12 19 28	17 01	18 56 40,1	−22 47 44	00,9	−3,2	234,8
5 M	7 38	12 19 55	17 02	19 01 04,0	−22 41 33	00,4	−3,4	221,6
6 M	7 38	12 20 22	17 03	19 05 27,6	−22 34 55	−00,1	−3,5	208,5
7 J	7 38	12 20 48	17 04	19 09 50,7	−22 27 50	−00,6	−3,6	195,3
8 V	7 38	12 21 14	17 05	19 14 13,4	−22 20 19	−01,1	−3,7	182,1
9 S	7 38	12 21 39	17 06	19 18 35,5	−22 12 21	−01,5	−3,9	169,0
10 D	7 38	12 22 04	17 07	19 22 57,2	−22 03 58	−02,0	−4,0	155,8
11 L	7 37	12 22 28	17 08	19 27 18,3	−21 55 08	−02,5	−4,0	142,6
12 M	7 37	12 22 52	17 09	19 31 38,8	−21 45 53	−03,0	−4,2	129,5
13 M	7 37	12 23 15	17 10	19 35 58,8	−21 36 12	−03,5	−4,3	116,3
14 J	7 36	12 23 38	17 11	19 40 18,1	−21 26 06	−03,9	−4,4	103,0
15 V	7 36	12 23 59	17 12	19 44 36,7	−21 15 36	−04,4	−4,5	90,0
16 S	7 36	12 24 20	17 13	19 48 54,7	−21 04 41	−04,9	−4,5	76,8
17 D	7 35	12 24 41	17 14	19 53 12,0	−20 53 22	−05,3	−4,7	63,6
18 L	7 35	12 25 00	17 16	19 57 28,5	−20 41 39	−05,8	−4,8	50,5
19 M	7 34	12 25 19	17 17	20 01 44,4	−20 29 32	−06,3	−4,9	37,2
20 M	7 34	12 25 37	17 18	20 05 59,5	−20 17 02	−06,7	−5,0	24,1
21 J	7 33	12 25 55	17 19	20 10 13,8	−20 04 10	−07,2	−5,0	11,0
22 V	7 33	12 26 11	17 20	20 14 27,4	−19 50 55	−07,5	−5,2	357,8
23 S	7 32	12 26 27	17 21	20 18 40,2	−19 37 17	−08,1	−5,3	344,6
24 D	7 31	12 26 42	17 23	20 22 52,2	−19 23 18	−08,5	−5,3	331,5
25 L	7 31	12 26 57	17 24	20 27 03,5	−19 08 58	−09,0	−5,4	318,3
26 M	7 30	12 27 10	17 25	20 31 14,0	−18 54 16	−09,4	−5,5	305,1
27 M	7 29	12 27 23	17 26	20 35 23,6	−18 39 13	−09,8	−5,5	292,0
28 J	7 28	12 27 35	17 27	20 39 32,5	−18 23 51	−10,3	−5,7	278,8
29 V	7 27	12 27 46	17 29	20 43 40,6	−18 08 08	−10,6	−5,8	265,6
30 S	7 27	12 27 56	17 30	20 47 47,9	−17 52 05	−11,1	−5,8	252,5
31 D	7 26	12 28 06	17 31	20 51 54,4	−17 35 43	−11,5	−5,9	239,3

SOL Febrero 2016

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	7 25	12 28 14	17 32	20 56 00,1	−17 19 03	−11,9	−6,0	226,1
2 M	7 24	12 28 22	17 33	21 00 05,0	−17 02 04	−12,3	−6,0	213,0
3 M	7 23	12 28 30	17 35	21 04 09,1	−16 44 47	−12,6	−6,0	199,8
4 J	7 22	12 28 36	17 36	21 08 12,4	−16 27 12	−13,1	−6,2	186,6
5 V	7 21	12 28 41	17 37	21 12 14,9	−16 09 20	−13,5	−6,3	173,5
6 S	7 20	12 28 46	17 38	21 16 16,6	−15 51 12	−13,9	−6,3	160,3
7 D	7 19	12 28 50	17 40	21 20 17,5	−15 32 47	−14,3	−6,4	147,1
8 L	7 17	12 28 53	17 41	21 24 17,6	−15 14 06	−14,6	−6,4	134,0
9 M	7 16	12 28 56	17 42	21 28 17,0	−14 55 10	−15,1	−6,5	120,8
10 M	7 15	12 28 57	17 43	21 32 15,5	−14 35 58	−15,4	−6,5	107,5
11 J	7 14	12 28 58	17 44	21 36 13,3	−14 16 32	−15,8	−6,5	94,5
12 V	7 13	12 28 58	17 46	21 40 10,2	−13 56 52	−16,2	−6,7	81,3
13 S	7 12	12 28 57	17 47	21 44 06,4	−13 36 58	−16,5	−6,7	68,0
14 D	7 10	12 28 56	17 48	21 48 01,8	−13 16 50	−16,8	−6,8	55,0
15 L	7 09	12 28 53	17 49	21 51 56,5	−12 56 30	−17,2	−6,8	41,7
16 M	7 08	12 28 50	17 50	21 55 50,4	−12 35 57	−17,5	−6,8	28,6
17 M	7 06	12 28 47	17 52	21 59 43,5	−12 15 12	−17,8	−6,9	15,5
18 J	7 05	12 28 42	17 53	22 03 36,0	−11 54 16	−18,2	−6,9	2,2
19 V	7 04	12 28 37	17 54	22 07 27,7	−11 33 08	−18,5	−7,0	349,1
20 S	7 02	12 28 31	17 55	22 11 18,7	−11 11 49	−18,8	−7,0	335,8
21 D	7 01	12 28 24	17 56	22 15 09,1	−10 50 20	−19,1	−7,0	322,8
22 L	7 00	12 28 17	17 57	22 18 58,8	−10 28 40	−19,3	−7,0	309,6
23 M	6 58	12 28 09	17 59	22 22 47,8	−10 06 51	−19,7	−7,0	296,3
24 M	6 57	12 28 01	18 00	22 26 36,2	−09 44 53	−20,0	−7,0	283,3
25 J	6 55	12 27 52	18 01	22 30 24,0	−09 22 46	−20,3	−7,0	270,1
26 V	6 54	12 27 42	18 02	22 34 11,3	−09 00 30	−20,6	−7,2	256,8
27 S	6 52	12 27 32	18 03	22 37 57,9	−08 38 06	−20,8	−7,2	243,8
28 D	6 51	12 27 21	18 04	22 41 44,0	−08 15 35	−21,1	−7,2	230,6
29 L	6 49	12 27 10	18 05	22 45 29,6	−07 52 56	−21,3	−7,2	217,4

SOL Marzo 2016

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	6 48	12 26 59	18 07	22 49 14,7	−07 30 10	−21,6	−7,2	204,1
2 M	6 46	12 26 46	18 08	22 52 59,4	−07 07 18	−21,8	−7,2	191,1
3 J	6 45	12 26 34	18 09	22 56 43,5	−06 44 19	−22,1	−7,2	177,9
4 V	6 43	12 26 21	18 10	23 00 27,2	−06 21 15	−22,3	−7,2	164,6
5 S	6 42	12 26 07	18 11	23 04 10,5	−05 58 05	−22,6	−7,3	151,5
6 D	6 40	12 25 53	18 12	23 07 53,3	−05 34 51	−22,8	−7,3	138,4
7 L	6 39	12 25 39	18 13	23 11 35,8	−05 11 31	−23,0	−7,3	125,2
8 M	6 37	12 25 24	18 14	23 15 17,9	−04 48 08	−23,2	−7,3	112,0
9 M	6 36	12 25 09	18 15	23 18 59,6	−04 24 41	−23,3	−7,2	98,8
10 J	6 34	12 24 54	18 17	23 22 40,9	−04 01 11	−23,6	−7,2	85,7
11 V	6 32	12 24 38	18 18	23 26 22,0	−03 37 37	−23,8	−7,2	72,5
12 S	6 31	12 24 22	18 19	23 30 02,7	−03 14 01	−24,0	−7,2	59,2
13 D	6 29	12 24 06	18 20	23 33 43,1	−02 50 23	−24,2	−7,2	46,1
14 L	6 27	12 23 49	18 21	23 37 23,2	−02 26 43	−24,3	−7,2	33,0
15 M	6 26	12 23 33	18 22	23 41 03,0	−02 03 02	−24,5	−7,2	19,8
16 M	6 24	12 23 15	18 23	23 44 42,6	−01 39 20	−24,6	−7,0	6,5
17 J	6 23	12 22 58	18 24	23 48 22,0	−01 15 37	−24,8	−7,0	353,3
18 V	6 21	12 22 41	18 25	23 52 01,2	−00 51 53	−24,8	−7,0	340,2
19 S	6 19	12 22 23	18 26	23 55 40,2	−00 28 10	−25,1	−7,0	327,0
20 D	6 18	12 22 05	18 27	23 59 19,0	−00 04 27	−25,2	−7,0	313,8
21 L	6 16	12 21 47	18 28	00 02 57,7	+00 19 15	−25,3	−7,0	300,7
22 M	6 14	12 21 29	18 29	00 06 36,2	+00 42 55	−25,3	−7,0	287,5
23 M	6 13	12 21 11	18 30	00 10 14,7	+01 06 35	−25,5	−6,9	274,3
24 J	6 11	12 20 53	18 31	00 13 53,1	+01 30 12	−25,6	−6,9	261,1
25 V	6 09	12 20 35	18 32	00 17 31,5	+01 53 47	−25,7	−6,9	247,9
26 S	6 08	12 20 17	18 33	00 21 09,8	+02 17 20	−25,8	−6,8	234,6
27 D	6 06	12 19 58	18 34	00 24 48,1	+02 40 50	−25,8	−6,8	221,6
28 L	6 05	12 19 40	18 35	00 28 26,5	+03 04 17	−26,0	−6,7	208,4
29 M	6 03	12 19 22	18 37	00 32 04,9	+03 27 40	−26,0	−6,7	195,1
30 M	6 01	12 19 04	18 38	00 35 43,4	+03 50 59	−26,1	−6,5	182,0
31 J	6 00	12 18 46	18 39	00 39 22,0	+04 14 15	−26,1	−6,5	168,8

Inicio de la primavera el día 20 a las 4^h30^m de TU.

SOL Abril 2016

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	5 58	12 18 28	18 40	00 43 00,7	+04 37 25	−26,2	−6,5	155,6
2 S	5 56	12 18 11	18 41	00 46 39,5	+05 00 31	−26,2	−6,5	142,4
3 D	5 55	12 17 53	18 42	00 50 18,5	+05 23 31	−26,2	−6,4	129,1
4 L	5 53	12 17 36	18 43	00 53 57,6	+05 46 26	−26,3	−6,4	116,0
5 M	5 52	12 17 19	18 44	00 57 36,9	+06 09 15	−26,3	−6,3	102,8
6 M	5 50	12 17 02	18 45	01 01 16,5	+06 31 57	−26,3	−6,2	89,5
7 J	5 48	12 16 45	18 46	01 04 56,2	+06 54 33	−26,3	−6,2	76,4
8 V	5 47	12 16 29	18 47	01 08 36,1	+07 17 02	−26,3	−6,0	63,2
9 S	5 45	12 16 13	18 48	01 12 16,3	+07 39 23	−26,2	−6,0	50,0
10 D	5 44	12 15 57	18 49	01 15 56,8	+08 01 37	−26,2	−6,0	36,7
11 L	5 42	12 15 41	18 50	01 19 37,5	+08 23 43	−26,2	−5,9	23,6
12 M	5 41	12 15 25	18 51	01 23 18,5	+08 45 40	−26,2	−5,8	10,4
13 M	5 39	12 15 10	18 52	01 26 59,8	+09 07 28	−26,1	−5,7	357,2
14 J	5 37	12 14 55	18 53	01 30 41,3	+09 29 07	−26,1	−5,7	344,0
15 V	5 36	12 14 41	18 54	01 34 23,2	+09 50 36	−26,0	−5,5	330,8
16 S	5 34	12 14 27	18 55	01 38 05,5	+10 11 56	−25,8	−5,5	317,6
17 D	5 33	12 14 13	18 56	01 41 48,1	+10 33 05	−25,8	−5,4	304,3
18 L	5 31	12 14 00	18 57	01 45 31,0	+10 54 04	−25,8	−5,4	291,2
19 M	5 30	12 13 47	18 58	01 49 14,4	+11 14 52	−25,7	−5,3	278,0
20 M	5 29	12 13 34	18 59	01 52 58,1	+11 35 29	−25,6	−5,2	264,8
21 J	5 27	12 13 22	19 00	01 56 42,3	+11 55 54	−25,5	−5,0	251,6
22 V	5 26	12 13 10	19 01	02 00 26,9	+12 16 07	−25,3	−5,0	238,4
23 S	5 24	12 12 59	19 02	02 04 11,9	+12 36 09	−25,3	−4,9	225,1
24 D	5 23	12 12 48	19 03	02 07 57,5	+12 55 58	−25,1	−4,8	212,0
25 L	5 22	12 12 38	19 04	02 11 43,5	+13 15 34	−25,0	−4,7	198,6
26 M	5 20	12 12 28	19 05	02 15 30,0	+13 34 57	−24,8	−4,5	185,5
27 M	5 19	12 12 19	19 06	02 19 17,0	+13 54 07	−24,7	−4,5	172,3
28 J	5 17	12 12 10	19 08	02 23 04,5	+14 13 03	−24,6	−4,4	159,1
29 V	5 16	12 12 02	19 09	02 26 52,5	+14 31 45	−24,3	−4,3	145,9
30 S	5 15	12 11 54	19 10	02 30 41,1	+14 50 13	−24,2	−4,2	132,6

SOL Mayo 2016

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 D	5 14	12 11 47	19 11	02 34 30,3	+15 08 26	−24,1	−4,0	119,5
2 L	5 12	12 11 40	19 12	02 38 20,0	+15 26 24	−23,8	−4,0	106,2
3 M	5 11	12 11 34	19 13	02 42 10,2	+15 44 07	−23,7	−3,9	93,0
4 M	5 10	12 11 29	19 14	02 46 01,1	+16 01 34	−23,5	−3,7	79,8
5 J	5 09	12 11 24	19 15	02 49 52,5	+16 18 46	−23,3	−3,7	66,5
6 V	5 08	12 11 20	19 16	02 53 44,4	+16 35 41	−23,1	−3,6	53,4
7 S	5 06	12 11 16	19 17	02 57 37,0	+16 52 20	−22,8	−3,5	40,2
8 D	5 05	12 11 13	19 18	03 01 30,1	+17 08 41	−22,6	−3,4	26,8
9 L	5 04	12 11 10	19 19	03 05 23,8	+17 24 46	−22,3	−3,2	13,6
10 M	5 03	12 11 08	19 20	03 09 18,0	+17 40 33	−22,2	−3,2	0,5
11 M	5 02	12 11 07	19 21	03 13 12,8	+17 56 03	−21,8	−3,1	347,3
12 J	5 01	12 11 06	19 22	03 17 08,1	+18 11 14	−21,7	−3,0	334,0
13 V	5 00	12 11 06	19 23	03 21 04,0	+18 26 07	−21,3	−2,9	320,8
14 S	4 59	12 11 06	19 24	03 25 00,5	+18 40 41	−21,1	−2,7	307,6
15 D	4 58	12 11 06	19 25	03 28 57,5	+18 54 56	−20,8	−2,6	294,3
16 L	4 57	12 11 08	19 26	03 32 55,0	+19 08 52	−20,6	−2,5	281,1
17 M	4 56	12 11 09	19 26	03 36 53,1	+19 22 28	−20,3	−2,4	267,8
18 M	4 56	12 11 12	19 27	03 40 51,7	+19 35 44	−20,0	−2,2	254,6
19 J	4 55	12 11 15	19 28	03 44 50,9	+19 48 41	−19,7	−2,2	241,5
20 V	4 54	12 11 18	19 29	03 48 50,6	+20 01 17	−19,3	−2,1	228,1
21 S	4 53	12 11 22	19 30	03 52 50,8	+20 13 33	−19,1	−2,0	215,0
22 D	4 52	12 11 27	19 31	03 56 51,6	+20 25 28	−18,8	−1,8	201,8
23 L	4 52	12 11 32	19 32	04 00 52,9	+20 37 02	−18,3	−1,7	188,5
24 M	4 51	12 11 37	19 33	04 04 54,7	+20 48 14	−18,1	−1,6	175,3
25 M	4 50	12 11 43	19 34	04 08 57,0	+20 59 05	−17,8	−1,5	162,1
26 J	4 50	12 11 50	19 34	04 12 59,8	+21 09 35	−17,3	−1,3	148,8
27 V	4 49	12 11 57	19 35	04 17 03,1	+21 19 42	−17,1	−1,2	135,6
28 S	4 49	12 12 04	19 36	04 21 06,9	+21 29 28	−16,7	−1,1	122,4
29 D	4 48	12 12 12	19 37	04 25 11,2	+21 38 51	−16,3	−1,0	109,2
30 L	4 48	12 12 20	19 38	04 29 15,9	+21 47 52	−16,0	−0,9	95,9
31 M	4 47	12 12 29	19 38	04 33 21,1	+21 56 30	−15,6	−0,8	82,7

SOL Junio 2016

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	4 47	12 12 39	19 39	04 37 26,7	+22 04 45	−15,3	−0,6	69,5
2 J	4 46	12 12 48	19 40	04 41 32,7	+22 12 37	−14,9	−0,5	56,2
3 V	4 46	12 12 58	19 40	04 45 39,1	+22 20 06	−14,5	−0,4	43,0
4 S	4 46	12 13 09	19 41	04 49 45,9	+22 27 11	−14,1	−0,3	29,8
5 D	4 45	12 13 19	19 42	04 53 53,0	+22 33 53	−13,6	−0,2	16,5
6 L	4 45	12 13 30	19 42	04 58 00,5	+22 40 11	−13,4	+0,0	3,2
7 M	4 45	12 13 42	19 43	05 02 08,2	+22 46 06	−13,0	+0,1	350,0
8 M	4 45	12 13 53	19 44	05 06 16,2	+22 51 36	−12,6	+0,2	336,8
9 J	4 44	12 14 05	19 44	05 10 24,5	+22 56 42	−12,1	+0,3	323,6
10 V	4 44	12 14 17	19 45	05 14 33,0	+23 01 24	−11,6	+0,5	310,3
11 S	4 44	12 14 29	19 45	05 18 41,7	+23 05 42	−11,3	+0,6	297,1
12 D	4 44	12 14 42	19 46	05 22 50,6	+23 09 35	−10,9	+0,6	283,8
13 L	4 44	12 14 54	19 46	05 26 59,6	+23 13 04	−10,5	+0,8	270,6
14 M	4 44	12 15 07	19 46	05 31 08,7	+23 16 08	−10,1	+0,9	257,3
15 M	4 44	12 15 20	19 47	05 35 18,0	+23 18 48	−09,6	+1,1	244,1
16 J	4 44	12 15 33	19 47	05 39 27,4	+23 21 02	−09,1	+1,2	230,9
17 V	4 44	12 15 46	19 47	05 43 36,8	+23 22 52	−08,8	+1,3	217,6
18 S	4 44	12 15 59	19 48	05 47 46,3	+23 24 18	−08,3	+1,3	204,5
19 D	4 44	12 16 12	19 48	05 51 55,8	+23 25 18	−07,9	+1,5	191,1
20 L	4 45	12 16 24	19 48	05 56 05,4	+23 25 54	−07,5	+1,6	178,0
21 M	4 45	12 16 37	19 48	06 00 14,9	+23 26 05	−07,0	+1,8	164,6
22 M	4 45	12 16 50	19 49	06 04 24,4	+23 25 51	−06,5	+1,8	151,5
23 J	4 45	12 17 03	19 49	06 08 33,8	+23 25 12	−06,0	+2,0	138,3
24 V	4 46	12 17 16	19 49	06 12 43,2	+23 24 09	−05,7	+2,1	125,0
25 S	4 46	12 17 29	19 49	06 16 52,4	+23 22 40	−05,2	+2,2	111,8
26 D	4 46	12 17 41	19 49	06 21 01,6	+23 20 48	−04,8	+2,2	98,5
27 L	4 47	12 17 54	19 49	06 25 10,6	+23 18 30	−04,3	+2,5	85,3
28 M	4 47	12 18 06	19 49	06 29 19,5	+23 15 48	−03,9	+2,6	72,0
29 M	4 47	12 18 18	19 49	06 33 28,2	+23 12 42	−03,4	+2,7	58,7
30 J	4 48	12 18 30	19 49	06 37 36,7	+23 09 11	−03,0	+2,7	45,6

Inicio del verano el día 20 a las 22^h34^m de TU.

SOL Julio 2016

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	4 48	12 18 41	19 49	06 41 45,0	+23 05 15	−02,5	+2,9	32,4
2 S	4 49	12 18 53	19 49	06 45 53,0	+23 00 56	−02,1	+3,0	19,1
3 D	4 49	12 19 04	19 48	06 50 00,8	+22 56 12	−01,6	+3,1	5,9
4 L	4 50	12 19 14	19 48	06 54 08,3	+22 51 04	−01,2	+3,2	352,7
5 M	4 51	12 19 25	19 48	06 58 15,4	+22 45 33	−00,6	+3,2	339,3
6 M	4 51	12 19 35	19 48	07 02 22,2	+22 39 38	−00,3	+3,4	326,2
7 J	4 52	12 19 45	19 47	07 06 28,7	+22 33 19	00,2	+3,5	313,0
8 V	4 53	12 19 54	19 47	07 10 34,7	+22 26 37	00,6	+3,7	299,7
9 S	4 53	12 20 03	19 47	07 14 40,4	+22 19 32	01,1	+3,7	286,5
10 D	4 54	12 20 11	19 46	07 18 45,5	+22 12 04	01,6	+3,9	273,3
11 L	4 55	12 20 19	19 46	07 22 50,3	+22 04 12	02,0	+4,0	260,0
12 M	4 55	12 20 27	19 45	07 26 54,5	+21 55 58	02,5	+4,0	246,8
13 M	4 56	12 20 34	19 45	07 30 58,3	+21 47 22	02,9	+4,2	233,6
14 J	4 57	12 20 40	19 44	07 35 01,6	+21 38 23	03,4	+4,3	220,3
15 V	4 58	12 20 46	19 44	07 39 04,4	+21 29 02	03,7	+4,4	207,1
16 S	4 58	12 20 51	19 43	07 43 06,7	+21 19 19	04,2	+4,5	193,9
17 D	4 59	12 20 56	19 42	07 47 08,4	+21 09 14	04,7	+4,5	180,6
18 L	5 00	12 21 01	19 42	07 51 09,6	+20 58 48	05,0	+4,5	167,4
19 M	5 01	12 21 04	19 41	07 55 10,2	+20 48 01	05,5	+4,7	154,1
20 M	5 02	12 21 08	19 40	07 59 10,3	+20 36 53	06,0	+4,8	140,9
21 J	5 02	12 21 10	19 39	08 03 09,9	+20 25 24	06,4	+4,9	127,7
22 V	5 03	12 21 12	19 39	08 07 08,8	+20 13 34	06,8	+5,0	114,5
23 S	5 04	12 21 14	19 38	08 11 07,2	+20 01 24	07,3	+5,0	101,2
24 D	5 05	12 21 15	19 37	08 15 05,0	+19 48 54	07,7	+5,2	88,0
25 L	5 06	12 21 15	19 36	08 19 02,3	+19 36 04	08,1	+5,3	74,8
26 M	5 07	12 21 15	19 35	08 22 59,0	+19 22 55	08,5	+5,3	61,5
27 M	5 08	12 21 15	19 34	08 26 55,1	+19 09 26	08,9	+5,4	48,2
28 J	5 09	12 21 13	19 33	08 30 50,6	+18 55 38	09,4	+5,5	35,1
29 V	5 10	12 21 11	19 32	08 34 45,5	+18 41 32	09,8	+5,5	21,8
30 S	5 11	12 21 09	19 31	08 38 39,9	+18 27 07	10,1	+5,7	8,6
31 D	5 11	12 21 06	19 30	08 42 33,7	+18 12 24	10,6	+5,7	355,3

SOL Agosto 2016

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 12	12 21 02	19 29	08 46 26,8	+17 57 23	11,0	+5,8	342,2
2 M	5 13	12 20 58	19 28	08 50 19,4	+17 42 04	11,4	+5,9	329,0
3 M	5 14	12 20 53	19 27	08 54 11,4	+17 26 28	11,6	+5,9	315,7
4 J	5 15	12 20 47	19 26	08 58 02,8	+17 10 36	12,1	+6,0	302,5
5 V	5 16	12 20 41	19 25	09 01 53,5	+16 54 26	12,5	+6,0	289,3
6 S	5 17	12 20 34	19 23	09 05 43,7	+16 38 00	12,9	+6,0	276,1
7 D	5 18	12 20 27	19 22	09 09 33,2	+16 21 18	13,3	+6,2	262,8
8 L	5 19	12 20 19	19 21	09 13 22,1	+16 04 21	13,6	+6,3	249,6
9 M	5 20	12 20 11	19 20	09 17 10,5	+15 47 08	14,0	+6,3	236,4
10 M	5 21	12 20 02	19 18	09 20 58,2	+15 29 40	14,4	+6,4	223,1
11 J	5 22	12 19 52	19 17	09 24 45,3	+15 11 57	14,6	+6,4	210,0
12 V	5 23	12 19 42	19 16	09 28 31,9	+14 53 59	15,1	+6,5	196,6
13 S	5 24	12 19 31	19 14	09 32 17,9	+14 35 47	15,4	+6,5	183,5
14 D	5 25	12 19 19	19 13	09 36 03,4	+14 17 22	15,8	+6,5	170,3
15 L	5 26	12 19 07	19 12	09 39 48,2	+13 58 43	16,1	+6,7	157,1
16 M	5 27	12 18 55	19 10	09 43 32,6	+13 39 50	16,5	+6,7	143,9
17 M	5 28	12 18 42	19 09	09 47 16,4	+13 20 45	16,8	+6,7	130,6
18 J	5 29	12 18 28	19 07	09 50 59,7	+13 01 27	17,1	+6,8	117,4
19 V	5 30	12 18 14	19 06	09 54 42,5	+12 41 56	17,3	+6,8	104,2
20 S	5 31	12 18 00	19 05	09 58 24,8	+12 22 14	17,7	+6,9	91,0
21 D	5 32	12 17 45	19 03	10 02 06,6	+12 02 20	18,1	+6,9	77,8
22 L	5 33	12 17 30	19 02	10 05 48,0	+11 42 14	18,3	+6,9	64,5
23 M	5 34	12 17 14	19 00	10 09 29,0	+11 21 57	18,7	+7,0	51,2
24 M	5 35	12 16 58	18 59	10 13 09,5	+11 01 29	19,0	+7,0	38,1
25 J	5 36	12 16 41	18 57	10 16 49,7	+10 40 51	19,3	+7,0	24,8
26 V	5 37	12 16 24	18 56	10 20 29,5	+10 20 03	19,5	+7,0	11,6
27 S	5 38	12 16 07	18 54	10 24 08,9	+09 59 04	19,8	+7,0	358,5
28 D	5 38	12 15 49	18 52	10 27 47,9	+09 37 56	20,1	+7,0	345,3
29 L	5 39	12 15 31	18 51	10 31 26,6	+09 16 39	20,3	+7,0	332,1
30 M	5 40	12 15 13	18 49	10 35 05,0	+08 55 13	20,6	+7,2	318,8
31 M	5 41	12 14 54	18 48	10 38 43,0	+08 33 38	20,8	+7,2	305,7

SOL Setiembre 2016

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 42	12 14 35	18 46	10 42 20,7	+08 11 55	21,2	+7,2	292,3
2 V	5 43	12 14 16	18 45	10 45 58,2	+07 50 04	21,3	+7,2	279,2
3 S	5 44	12 13 56	18 43	10 49 35,3	+07 28 06	21,6	+7,2	266,0
4 D	5 45	12 13 36	18 41	10 53 12,2	+07 05 60	21,8	+7,2	252,8
5 L	5 46	12 13 16	18 40	10 56 48,9	+06 43 47	22,1	+7,2	239,6
6 M	5 47	12 12 56	18 38	11 00 25,3	+06 21 28	22,3	+7,2	226,4
7 M	5 48	12 12 36	18 36	11 04 01,5	+05 59 03	22,6	+7,3	213,1
8 J	5 49	12 12 15	18 35	11 07 37,4	+05 36 32	22,8	+7,3	200,0
9 V	5 50	12 11 54	18 33	11 11 13,2	+05 13 55	23,0	+7,3	186,8
10 S	5 51	12 11 33	18 31	11 14 48,9	+04 51 13	23,2	+7,3	173,6
11 D	5 52	12 11 12	18 30	11 18 24,4	+04 28 26	23,3	+7,2	160,4
12 L	5 53	12 10 51	18 28	11 21 59,7	+04 05 34	23,6	+7,2	147,1
13 M	5 54	12 10 29	18 26	11 25 35,0	+03 42 38	23,8	+7,2	134,0
14 M	5 55	12 10 08	18 25	11 29 10,2	+03 19 38	23,8	+7,2	120,8
15 J	5 56	12 09 47	18 23	11 32 45,3	+02 56 35	24,1	+7,2	107,5
16 V	5 57	12 09 25	18 21	11 36 20,3	+02 33 29	24,3	+7,2	94,4
17 S	5 58	12 09 04	18 20	11 39 55,4	+02 10 19	24,3	+7,2	81,2
18 D	5 59	12 08 42	18 18	11 43 30,4	+01 47 07	24,6	+7,2	68,0
19 L	6 00	12 08 21	18 16	11 47 05,5	+01 23 52	24,7	+7,0	54,7
20 M	6 01	12 07 59	18 15	11 50 40,6	+01 00 36	24,8	+7,0	41,6
21 M	6 02	12 07 38	18 13	11 54 15,8	+00 37 17	25,0	+7,0	28,3
22 J	6 03	12 07 17	18 11	11 57 51,2	+00 13 57	25,1	+7,0	15,1
23 V	6 04	12 06 56	18 10	12 01 26,6	−00 09 24	25,3	+7,0	2,0
24 S	6 04	12 06 35	18 08	12 05 02,2	−00 32 45	25,3	+7,0	348,8
25 D	6 05	12 06 14	18 06	12 08 38,0	−00 56 07	25,5	+7,0	335,6
26 L	6 06	12 05 54	18 05	12 12 14,0	−01 19 29	25,6	+6,9	322,3
27 M	6 07	12 05 34	18 03	12 15 50,1	−01 42 51	25,7	+6,9	309,2
28 M	6 08	12 05 13	18 01	12 19 26,5	−02 06 12	25,8	+6,8	296,0
29 J	6 09	12 04 54	18 00	12 23 03,2	−02 29 32	25,8	+6,8	282,8
30 V	6 10	12 04 34	17 58	12 26 40,0	−02 52 51	25,8	+6,8	269,6

Inicio del otoño el día 22 a las 14^h21^m de TU.

SOL Octubre 2016

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	6 11	12 04 15	17 56	12 30 17,2	−03 16 07	26,0	+6,7	256,3
2 D	6 12	12 03 56	17 55	12 33 54,6	−03 39 22	26,0	+6,7	243,1
3 L	6 13	12 03 37	17 53	12 37 32,4	−04 02 34	26,1	+6,5	230,0
4 M	6 14	12 03 19	17 52	12 41 10,5	−04 25 44	26,1	+6,5	216,8
5 M	6 15	12 03 01	17 50	12 44 48,9	−04 48 50	26,2	+6,5	203,6
6 J	6 17	12 02 44	17 48	12 48 27,7	−05 11 53	26,2	+6,5	190,4
7 V	6 18	12 02 26	17 47	12 52 06,9	−05 34 51	26,2	+6,4	177,1
8 S	6 19	12 02 10	17 45	12 55 46,5	−05 57 45	26,3	+6,3	164,0
9 D	6 20	12 01 53	17 44	12 59 26,4	−06 20 35	26,3	+6,3	150,8
10 L	6 21	12 01 37	17 42	13 03 06,9	−06 43 19	26,3	+6,2	137,6
11 M	6 22	12 01 22	17 40	13 06 47,7	−07 05 58	26,3	+6,0	124,4
12 M	6 23	12 01 07	17 39	13 10 29,1	−07 28 31	26,3	+6,0	111,3
13 J	6 24	12 00 52	17 37	13 14 10,9	−07 50 58	26,2	+6,0	98,0
14 V	6 25	12 00 39	17 36	13 17 53,2	−08 13 18	26,2	+5,9	84,9
15 S	6 26	12 00 25	17 34	13 21 36,1	−08 35 32	26,2	+5,9	71,7
16 D	6 27	12 00 12	17 33	13 25 19,5	−08 57 38	26,1	+5,8	58,5
17 L	6 28	12 00 00	17 31	13 29 03,6	−09 19 36	26,1	+5,7	45,2
18 M	6 29	11 59 48	17 30	13 32 48,2	−09 41 26	26,0	+5,5	32,1
19 M	6 30	11 59 37	17 28	13 36 33,4	−10 03 08	26,0	+5,5	18,8
20 J	6 31	11 59 27	17 27	13 40 19,3	−10 24 41	25,8	+5,5	5,7
21 V	6 32	11 59 17	17 26	13 44 05,9	−10 46 05	25,8	+5,4	352,5
22 S	6 34	11 59 08	17 24	13 47 53,1	−11 07 20	25,7	+5,3	339,3
23 D	6 35	11 59 00	17 23	13 51 41,0	−11 28 24	25,6	+5,2	326,2
24 L	6 36	11 58 53	17 21	13 55 29,7	−11 49 19	25,5	+5,0	313,0
25 M	6 37	11 58 46	17 20	13 59 19,0	−12 10 02	25,3	+5,0	299,8
26 M	6 38	11 58 40	17 19	14 03 09,1	−12 30 35	25,3	+4,9	286,6
27 J	6 39	11 58 34	17 17	14 06 60,0	−12 50 56	25,2	+4,8	273,3
28 V	6 40	11 58 30	17 16	14 10 51,5	−13 11 05	25,0	+4,8	260,2
29 S	6 41	11 58 26	17 15	14 14 43,9	−13 31 01	24,8	+4,7	247,0
30 D	6 43	11 58 23	17 14	14 18 37,1	−13 50 45	24,7	+4,5	233,8
31 L	6 44	11 58 21	17 12	14 22 31,0	−14 10 16	24,6	+4,5	220,6

SOL Noviembre 2016

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 45	11 58 19	17 11	14 26 25,7	−14 29 33	24,3	+4,4	207,5
2 M	6 46	11 58 19	17 10	14 30 21,2	−14 48 36	24,3	+4,3	194,3
3 J	6 47	11 58 19	17 09	14 34 17,5	−15 07 25	24,1	+4,2	181,1
4 V	6 48	11 58 20	17 08	14 38 14,6	−15 25 59	23,8	+4,0	167,9
5 S	6 50	11 58 22	17 07	14 42 12,6	−15 44 17	23,7	+3,9	154,6
6 D	6 51	11 58 24	17 06	14 46 11,3	−16 02 20	23,5	+3,7	141,5
7 L	6 52	11 58 28	17 05	14 50 10,9	−16 20 07	23,3	+3,7	128,4
8 M	6 53	11 58 32	17 04	14 54 11,3	−16 37 38	23,0	+3,6	115,2
9 M	6 54	11 58 37	17 03	14 58 12,5	−16 54 51	22,8	+3,5	102,0
10 J	6 55	11 58 43	17 02	15 02 14,5	−17 11 47	22,6	+3,4	88,8
11 V	6 57	11 58 50	17 01	15 06 17,4	−17 28 26	22,3	+3,2	75,5
12 S	6 58	11 58 57	17 00	15 10 21,1	−17 44 46	22,1	+3,2	62,4
13 D	6 59	11 59 05	16 59	15 14 25,6	−18 00 48	21,8	+3,1	49,2
14 L	7 00	11 59 15	16 58	15 18 31,0	−18 16 31	21,6	+2,9	36,1
15 M	7 01	11 59 25	16 57	15 22 37,2	−18 31 55	21,3	+2,7	22,8
16 M	7 02	11 59 36	16 56	15 26 44,3	−18 46 59	21,0	+2,7	9,6
17 J	7 03	11 59 48	16 56	15 30 52,2	−19 01 43	20,7	+2,6	356,5
18 V	7 05	12 00 00	16 55	15 35 01,0	−19 16 07	20,3	+2,5	343,3
19 S	7 06	12 00 14	16 54	15 39 10,6	−19 30 10	20,1	+2,2	330,2
20 D	7 07	12 00 28	16 54	15 43 21,0	−19 43 52	19,8	+2,2	317,0
21 L	7 08	12 00 43	16 53	15 47 32,3	−19 57 13	19,5	+2,1	303,8
22 M	7 09	12 00 59	16 52	15 51 44,4	−20 10 11	19,2	+2,0	290,6
23 M	7 10	12 01 16	16 52	15 55 57,3	−20 22 48	18,8	+1,8	277,3
24 J	7 11	12 01 33	16 51	16 00 10,9	−20 35 02	18,5	+1,7	264,3
25 V	7 12	12 01 52	16 51	16 04 25,4	−20 46 53	18,2	+1,6	251,1
26 S	7 14	12 02 11	16 50	16 08 40,7	−20 58 22	17,8	+1,5	237,9
27 D	7 15	12 02 30	16 50	16 12 56,7	−21 09 26	17,3	+1,3	224,6
28 L	7 16	12 02 51	16 50	16 17 13,4	−21 20 07	17,1	+1,2	211,5
29 M	7 17	12 03 12	16 49	16 21 30,8	−21 30 23	16,7	+1,1	198,4
30 M	7 18	12 03 34	16 49	16 25 48,9	−21 40 16	16,3	+1,0	185,1

SOL Diciembre 2016

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 J	7 19	12 03 57	16 49	16 30 07,7	−21 49 43	15,9	+0,9	172,0
2 V	7 20	12 04 20	16 49	16 34 27,1	−21 58 45	15,6	+0,6	158,8
3 S	7 21	12 04 44	16 48	16 38 47,1	−22 07 22	15,1	+0,6	145,6
4 D	7 22	12 05 08	16 48	16 43 07,8	−22 15 33	14,8	+0,5	132,5
5 L	7 23	12 05 33	16 48	16 47 28,9	−22 23 19	14,4	+0,3	119,3
6 M	7 24	12 05 58	16 48	16 51 50,6	−22 30 38	13,9	+0,2	106,0
7 M	7 25	12 06 24	16 48	16 56 12,8	−22 37 31	13,5	+0,1	92,9
8 J	7 25	12 06 50	16 48	17 00 35,5	−22 43 57	13,1	+0,0	79,8
9 V	7 26	12 07 17	16 48	17 04 58,6	−22 49 56	12,6	−0,2	66,5
10 S	7 27	12 07 44	16 48	17 09 22,1	−22 55 29	12,1	−0,3	53,4
11 D	7 28	12 08 12	16 48	17 13 46,0	−23 00 34	11,8	−0,4	40,2
12 L	7 29	12 08 40	16 49	17 18 10,3	−23 05 12	11,4	−0,6	27,1
13 M	7 29	12 09 08	16 49	17 22 35,0	−23 09 22	10,9	−0,6	13,9
14 M	7 30	12 09 37	16 49	17 26 59,9	−23 13 05	10,5	−0,8	0,6
15 J	7 31	12 10 06	16 49	17 31 25,1	−23 16 20	10,0	−0,9	347,5
16 V	7 32	12 10 35	16 50	17 35 50,6	−23 19 07	09,6	−1,1	334,3
17 S	7 32	12 11 04	16 50	17 40 16,3	−23 21 26	09,1	−1,2	321,2
18 D	7 33	12 11 33	16 50	17 44 42,2	−23 23 17	08,6	−1,3	308,0
19 L	7 33	12 12 03	16 51	17 49 08,3	−23 24 40	08,1	−1,3	294,8
20 M	7 34	12 12 33	16 51	17 53 34,5	−23 25 35	07,7	−1,6	281,7
21 M	7 34	12 13 02	16 52	17 58 00,8	−23 26 02	07,2	−1,7	268,5
22 J	7 35	12 13 32	16 52	18 02 27,2	−23 25 60	06,8	−1,8	255,3
23 V	7 35	12 14 02	16 53	18 06 53,7	−23 25 30	06,3	−1,8	242,1
24 S	7 36	12 14 32	16 53	18 11 20,1	−23 24 32	05,8	−2,1	229,0
25 D	7 36	12 15 02	16 54	18 15 46,5	−23 23 06	05,3	−2,2	215,8
26 L	7 37	12 15 32	16 55	18 20 12,8	−23 21 11	04,9	−2,2	202,6
27 M	7 37	12 16 01	16 55	18 24 39,0	−23 18 49	04,4	−2,4	189,4
28 M	7 37	12 16 31	16 56	18 29 05,1	−23 15 58	03,9	−2,6	176,3
29 J	7 37	12 17 00	16 57	18 33 31,0	−23 12 39	03,4	−2,7	163,1
30 V	7 38	12 17 29	16 57	18 37 56,7	−23 08 53	02,9	−2,7	149,9
31 S	7 38	12 17 58	16 58	18 42 22,1	−23 04 38	02,5	−2,9	136,8

Inicio del invierno el día 21 a las $10^{h}44^{m}$ 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 **2016**

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	0,98345	16′17″	61	8″,94	70^{s},0
Ene	21	0,98399	16′17″	61	8″,94	69^{s},1
Ene	31	0,98510	16′16″	61	8″,93	68^{s},0
Feb	10	0,98667	16′14″	61	8″,91	66^{s},9
Feb	20	0,98855	16′12″	60	8″,90	65^{s},9
Mar	1	0,99086	16′10″	60	8″,88	65^{s},0
Mar	11	0,99344	16′08″	60	8″,85	64^{s},4
Mar	21	0,99613	16′05″	60	8″,83	64^{s},1
Mar	31	0,99900	16′02″	59	8″,80	64^{s},1
Abr	10	1,00190	15′59″	59	8″,78	64^{s},4
Abr	20	1,00466	15′57″	59	8″,75	64^{s},9
Abr	30	1,00735	15′54″	58	8″,73	65^{s},6
May	10	1,00982	15′52″	58	8″,71	66^{s},4
May	20	1,01192	15′50″	58	8″,69	67^{s},2
May	30	1,01376	15′48″	58	8″,67	67^{s},9
Jun	9	1,01518	15′47″	57	8″,66	68^{s},4
Jun	19	1,01610	15′46″	57	8″,65	68^{s},5
Jun	29	1,01665	15′45″	57	8″,65	68^{s},4
Jul	9	1,01670	15′45″	57	8″,65	67^{s},9
Jul	19	1,01620	15′46″	57	8″,65	67^{s},3
Jul	29	1,01534	15′47″	57	8″,66	66^{s},4
Ago	8	1,01399	15′48″	58	8″,67	65^{s},6
Ago	18	1,01219	15′50″	58	8″,69	64^{s},8
Ago	28	1,01013	15′52″	58	8″,71	64^{s},2
Set	7	1,00772	15′54″	58	8″,73	63^{s},8
Set	17	1,00505	15′56″	58	8″,75	63^{s},6
Set	27	1,00231	15′59″	59	8″,77	63^{s},8
Oct	7	0,99943	16′02″	59	8″,80	64^{s},3
Oct	17	0,99653	16′05″	59	8″,82	65^{s},0
Oct	27	0,99383	16′07″	60	8″,85	66^{s},0
Nov	6	0,99123	16′10″	60	8″,87	67^{s},1
Nov	16	0,98887	16′12″	60	8″,89	68^{s},3
Nov	26	0,98693	16′14″	61	8″,91	69^{s},4
Dic	6	0,98531	16′16″	61	8″,93	70^{s},2
Dic	16	0,98412	16′17″	61	8″,94	70^{s},7
Dic	26	0,98350	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 152. 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 30 de marzo en Oviedo. En las dos tablas siguientes se encuentra que las correcciones a aplicar son de $+9^m$ en longitud y de -2^m en latitud (para la latitud de 43°5).

$$\text{orto} = 6^h01^m + (9^m) + (-2^m) = 6^h08^m \text{ TU}$$
$$\text{ocaso} = 18^h38^m + (9^m) - (-2^m) = 18^h49^m \text{ TU}$$

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:

$$\begin{aligned}\text{orto} &= 5^{\text{h}}58^{\text{m}} - 15^{\text{m}} - (-1^{\text{h}}2^{\text{m}}) + 6^{\text{m}} = 6^{\text{h}}51^{\text{m}}\ \text{TU} = 7^{\text{h}}51^{\text{m}}\ \text{TO}\\ \text{ocaso} &= 18^{\text{h}}40^{\text{m}} - 15^{\text{m}} - (-1^{\text{h}}2^{\text{m}}) - 6^{\text{m}} = 19^{\text{h}}21^{\text{m}}\ \text{TU} = 20^{\text{h}}21^{\text{m}}\ \text{TO}\end{aligned}$$

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	-7^{m}	39°	Alicante / Alacant	-13^{m}	38°4
Almería	-5^{m}	37°	Avila	$+4^{\text{m}}$	40°5
Badajoz	$+13^{\text{m}}$	39°	Barcelona	-23^{m}	41°5
Bilbao	-3^{m}	43°	Burgos	0^{m}	42°5
Cáceres	$+11^{\text{m}}$	39°5	Cádiz	$+10^{\text{m}}$	36°5
Castellón de la Plana	-15^{m}	40°	Ceuta	$+6^{\text{m}}$	36°
Ciudad Real	$+1^{\text{m}}$	39°	Córdoba	$+4^{\text{m}}$	38°
Coruña, A (La Coruña)	$+19^{\text{m}}$	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	$+13^{\text{m}}$	37°	Huesca	-13^{m}	42°
Jaén	0^{m}	38°	León	$+8^{\text{m}}$	42°5
Logroño	-5^{m}	42°5	Lugo	$+15^{\text{m}}$	43°
Lleida (Lérida)	-17^{m}	41°5	Madrid	0^{m}	40°5
Málaga	$+3^{\text{m}}$	36°5	Melilla	-3^{m}	35°5
Murcia	-10^{m}	38°	Ourense (Orense)	$+17^{\text{m}}$	42°5
Oviedo	$+9^{\text{m}}$	43°5	Palencia	$+3^{\text{m}}$	42°
Palma de Mallorca	-25^{m}	39°5	Palmas de G. C., Las	$+47^{\text{m}}$	28°
Pamplona / Iruña	-8^{m}	43°	Pontevedra	$+20^{\text{m}}$	42°5
Salamanca	$+8^{\text{m}}$	41°	Santa Cruz de Tenerife	$+50^{\text{m}}$	28°5
Santander	0^{m}	43°5	Segovia	$+2^{\text{m}}$	41°
Sevilla	$+9^{\text{m}}$	37°5	Soria	-5^{m}	42°
Tarragona	-20^{m}	41°	Teruel	-10^{m}	40°5
Toledo	$+1^{\text{m}}$	40°	Valencia	-13^{m}	39°5
Valladolid	$+4^{\text{m}}$	41°5	Vitoria-Gasteiz	-4^{m}	43°
Zamora	$+8^{\text{m}}$	41°5	Zaragoza	-11^{m}	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 22
Dic 26	−32	−13	−10	−7	−4	−1	2	5	8	12	Dic 17
Dic 31	−32	−13	−10	−7	−4	−1	2	5	8	12	Dic 12
Ene 5	−31	−12	−10	−7	−4	−1	2	5	8	11	Dic 7
Ene 10	−30	−12	−9	−7	−4	−1	2	5	8	11	Dic 2
Ene 15	−29	−11	−9	−6	−4	−1	2	4	7	10	Nov 27
Ene 20	−27	−11	−8	−6	−4	−1	2	4	7	10	Nov 22
Ene 25	−25	−10	−8	−6	−3	−1	1	4	7	9	Nov 17
Ene 30	−23	−9	−7	−5	−3	−1	1	4	6	8	Nov 12
Feb 4	−21	−8	−7	−5	−3	−1	1	3	5	8	Nov 7
Feb 9	−19	−7	−6	−4	−2	−1	1	3	5	7	Nov 2
Feb 14	−17	−7	−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
Feb 29	−9	−4	−3	−2	−1	0	1	1	2	3	Oct 13
Mar 5	−7	−3	−2	−2	−1	0	0	1	2	2	Oct 8
Mar 10	−4	−2	−1	−1	−1	0	0	1	1	2	Oct 3
Mar 15	−2	−1	−1	0	0	0	0	0	0	1	Set 28
Mar 20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Set 23
Mar 25	3	1	1	1	0	0	0	0	−1	−1	Set 17
Mar 30	6	2	2	1	1	0	0	−1	−1	−2	Set 12
Abr 4	8	3	3	2	1	0	0	−1	−2	−3	Set 7
Abr 9	11	4	3	2	1	0	−1	−2	−3	−4	Set 2
Abr 14	13	5	4	3	2	1	−1	−2	−3	−5	Ago 28
Abr 19	15	6	5	3	2	1	−1	−2	−4	−6	Ago 23
Abr 24	18	7	5	4	2	1	−1	−3	−5	−6	Ago 18
Abr 29	20	8	6	4	3	1	−1	−3	−5	−7	Ago 13
May 4	22	9	7	5	3	1	−1	−3	−6	−8	Ago 8
May 9	24	10	8	5	3	1	−1	−4	−6	−9	Ago 3
May 14	26	10	8	6	3	1	−2	−4	−7	−10	Jul 29
May 19	28	11	9	6	4	1	−2	−4	−7	−10	Jul 24
May 24	30	12	9	7	4	1	−2	−5	−8	−11	Jul 19
May 29	31	12	10	7	4	1	−2	−5	−8	−12	Jul 14
Jun 3	32	13	10	7	4	1	−2	−5	−8	−12	Jul 9
Jun 8	33	13	10	7	4	1	−2	−5	−9	−12	Jul 4
Jun 13	34	13	11	8	5	1	−2	−5	−9	−13	Jun 29
Jun 18	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 151 o según de indica en la sección **Paso del Sol por el meridiano**.

(2) se calcula el tiempo auxiliar:

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

(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:

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

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	22
Dic	26	−26	−27	−29	−30	−33	Dic	17
Dic	31	−26	−27	−28	−30	−32	Dic	12
Ene	5	−25	−26	−28	−29	−31	Dic	7
Ene	10	−25	−26	−27	−29	−30	Dic	2
Ene	15	−24	−25	−26	−27	−29	Nov	27
Ene	20	−23	−23	−25	−26	−28	Nov	22
Ene	25	−21	−22	−23	−25	−26	Nov	17
Ene	30	−20	−21	−22	−23	−24	Nov	12
Feb	4	−18	−19	−20	−21	−22	Nov	7
Feb	9	−16	−17	−18	−19	−20	Nov	2
Feb	14	−15	−15	−16	−17	−18	Oct	28
Feb	19	−13	−13	−14	−14	−15	Oct	23
Feb	24	−11	−11	−11	−12	−13	Oct	18
Feb	29	−8	−9	−9	−9	−10	Oct	13
Mar	5	−6	−6	−7	−7	−7	Oct	8
Mar	10	−4	−4	−4	−4	−5	Oct	3
Mar	15	−2	−2	−2	−2	−2	Set	28
Mar	20	0	1	1	1	1	Set	23
Mar	25	3	3	3	3	4	Set	17
Mar	30	5	5	5	6	6	Set	12
Abr	4	7	7	8	8	9	Set	7
Abr	9	9	10	10	11	12	Set	2
Abr	14	11	12	12	13	14	Ago	28
Abr	19	13	14	15	16	17	Ago	23
Abr	24	15	16	17	18	19	Ago	18
Abr	29	17	18	19	20	21	Ago	13
May	4	19	20	21	22	24	Ago	8
May	9	20	21	22	24	26	Ago	3
May	14	22	23	24	26	27	Jul	29
May	19	23	24	26	27	29	Jul	24
May	24	24	25	27	28	31	Jul	19
May	29	25	26	28	30	32	Jul	14
Jun	3	26	27	29	31	33	Jul	9
Jun	8	27	28	29	31	34	Jul	4
Jun	13	27	28	30	32	34	Jun	29
Jun	18	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 32	18 08	6 31	18 09	6 30	18 10	6 30	18 11	6 29	18 11
Mar	30	6 41	17 56	6 40	17 58	6 38	17 59	6 37	18 01	6 36	18 02
Abr	4	6 50	17 44	6 48	17 46	6 46	17 48	6 44	17 50	6 42	17 52
Abr	9	7 00	17 32	6 57	17 35	6 54	17 38	6 51	17 41	6 49	17 43
Abr	14	7 09	17 20	7 05	17 24	7 01	17 28	6 58	17 31	6 55	17 34
Abr	19	7 18	17 09	7 13	17 13	7 09	17 18	7 05	17 22	7 02	17 25
Abr	24	7 27	16 58	7 22	17 03	7 17	17 08	7 12	17 13	7 08	17 17
Abr	29	7 36	16 47	7 30	16 53	7 25	16 59	7 19	17 04	7 15	17 09
May	4	7 45	16 37	7 38	16 44	7 32	16 50	7 26	16 56	7 21	17 01
May	9	7 54	16 28	7 46	16 35	7 39	16 42	7 33	16 49	7 27	16 54
May	14	8 03	16 19	7 54	16 28	7 47	16 35	7 40	16 42	7 33	16 48
May	19	8 11	16 11	8 02	16 20	7 53	16 29	7 46	16 36	7 39	16 43
May	24	8 18	16 05	8 08	16 14	8 00	16 23	7 52	16 31	7 45	16 38
May	29	8 25	15 59	8 15	16 09	8 05	16 19	7 57	16 27	7 50	16 35
Jun	3	8 31	15 55	8 20	16 06	8 10	16 15	8 02	16 24	7 54	16 32
Jun	8	8 36	15 52	8 25	16 03	8 15	16 13	8 06	16 22	7 58	16 30
Jun	13	8 40	15 50	8 28	16 01	8 18	16 12	8 09	16 21	8 00	16 29
Jun	18	8 42	15 50	8 31	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 31
Jun	28	8 43	15 53	8 31	16 05	8 21	16 15	8 12	16 24	8 04	16 33
Jul	3	8 41	15 57	8 30	16 08	8 20	16 18	8 11	16 27	8 03	16 35
Jul	8	8 38	16 02	8 27	16 13	8 18	16 22	8 09	16 31	8 01	16 39
Jul	13	8 34	16 08	8 23	16 18	8 14	16 27	8 06	16 36	7 58	16 43
Jul	18	8 28	16 14	8 18	16 24	8 09	16 33	8 01	16 41	7 54	16 48
Jul	23	8 21	16 22	8 12	16 31	8 04	16 39	7 56	16 47	7 50	16 53
Jul	28	8 13	16 30	8 05	16 38	7 57	16 46	7 50	16 53	7 44	16 59
Ago	2	8 05	16 38	7 57	16 46	7 50	16 53	7 44	16 59	7 38	17 05
Ago	7	7 55	16 46	7 48	16 53	7 42	17 00	7 36	17 05	7 31	17 11
Ago	12	7 45	16 55	7 39	17 01	7 33	17 07	7 28	17 12	7 23	17 17
Ago	17	7 34	17 04	7 29	17 09	7 24	17 14	7 19	17 19	7 15	17 23
Ago	22	7 23	17 13	7 18	17 17	7 14	17 22	7 10	17 25	7 07	17 29
Ago	27	7 12	17 21	7 08	17 25	7 04	17 29	7 01	17 32	6 58	17 35
Set	1	7 00	17 30	6 57	17 33	6 54	17 36	6 51	17 39	6 49	17 41
Set	6	6 48	17 39	6 45	17 41	6 43	17 44	6 41	17 46	6 39	17 48
Set	11	6 35	17 48	6 34	17 50	6 32	17 51	6 31	17 52	6 30	17 54
Set	16	6 23	17 57	6 22	17 58	6 21	17 59	6 20	17 59	6 20	18 00

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

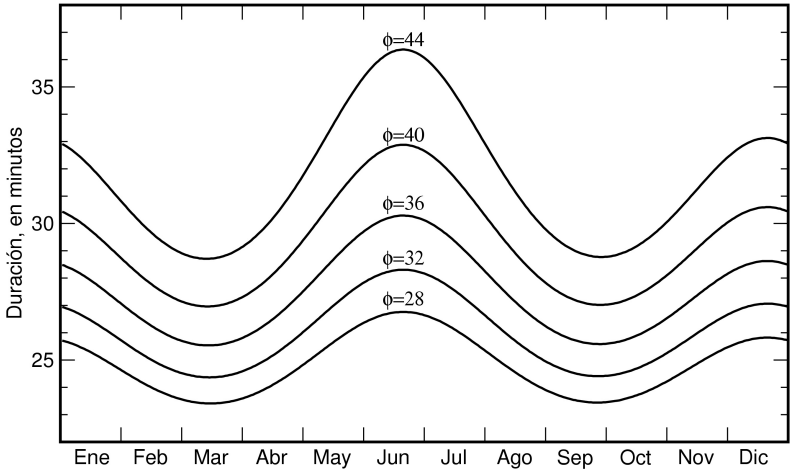
Duración, en minutos, del crepúsculo astronómico el día 15 del mes

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

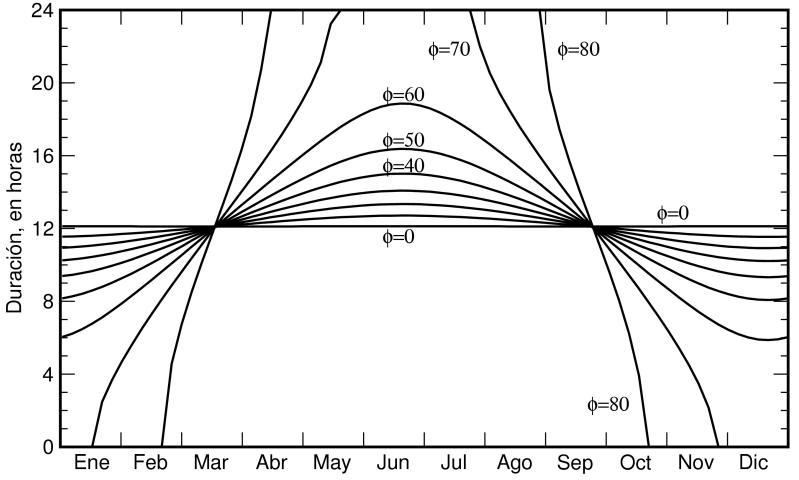
La duración aproximada del crepúsculo civil puede ser calculada mediante la siguiente fórmula, en la que ϕ es la latitud del lugar y $\delta_\odot$ es la declinación del Sol para el día considerado:

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

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 2016:

Día en que el Sol sale más tarde: 5 de enero
Día en que el Sol sale más pronto: 14 de junio
Día en que el Sol se pone más tarde: 27 de junio
Día en que el Sol se pone más pronto: 7 de diciembre
Día de mayor duración: 20 de junio (15^h3^m)
Día de menor duración: 21 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 $-3^{\mathrm{m}}43^{\mathrm{s}}$, luego el Sol pasará por el meridiano de Madrid a las:

$$12^{\mathrm{h}} - (-3^{\mathrm{m}}43^{\mathrm{s}}) - (-14^{\mathrm{m}}45^{\mathrm{s}}) = 12^{\mathrm{h}}18^{\mathrm{m}}28^{\mathrm{s}}\ \mathrm{TU}$$

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 149:

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

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 2016

NRC	mes	día	hora	NRC	mes	día	hora	NRC	mes	día	hora
2173	Ene	21	20	2178	Jun	6	6	2183	Oct	20	10
2174	Feb	18	4	2179	Jul	3	11	2184	Nov	16	18
2175	Mar	16	12	2180	Jul	30	16	2185	Dic	14	1
2176	Abr	12	19	2181	Ago	26	21	2186	Ene	10	9
2177	May	10	1	2182	Set	23	4				

La primera rotación que se iniciará en 2016 es la número 2173, lo cual tendrá lugar el día 21 de enero a las $20^{h}.0$ TU. La primera rotación en 2017 será la número 2186, iniciándose el 10 de enero a las $9^{h}.2$ TU.

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 2016

Longitud media	$L_{☾} = 161,^{\circ}423\,206 + 13,^{\circ}176\,396\,46\ d$
Anomalía media	$M_{☾} = 147,^{\circ}194\,810 + 13,^{\circ}064\,993\,02\ d$
Longitud del perigeo medio	$\varpi_{☾} = 14,^{\circ}228\,393 + 0,^{\circ}111\,403\,43\ d$
Long. media del nodo ascendente	$\Omega_{☾} = 175,^{\circ}662\,165 - 0,^{\circ}052\,953\,74\ d$
Elongación media referida al Sol	$D_{☾} = 242,^{\circ}311\,658 + 12,^{\circ}190\,749\,09\ d$

(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	$1^{\mathrm{s}},^{\mathrm{s}}282\,22$
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	$\mathcal{M}_{(} = 7{,}3463\ 10^{22}$ 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, 3$^{\text{er}}$ 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 2016

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, 3^{er} grado dada la complejidad del movimiento de la Luna (ver el apartado **Interpolación** en la sección *TABLAS*). Con una interpolación de 4^{to} grado los errores pueden llegar a ser de algunos segundos de arco en ambas coordenadas y con una interpolación de 3^{er} 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 3^{er} 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 2016

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	** **	5 32	11 41	11 48 08,8	+01 27 35	63,1487
2	S	0 12	6 14	12 10	12 33 13,8	−02 16 44	63,3530
3	D	1 08	6 57	12 40	13 18 23,4	−05 55 01	63,3520
4	L	2 04	7 41	13 12	14 04 18,3	−09 20 16	63,1484
5	M	3 01	8 26	13 47	14 51 35,3	−12 25 00	62,7600
6	M	3 58	9 13	14 26	15 40 43,7	−15 00 51	62,2194
7	J	4 55	10 03	15 10	16 32 00,3	−16 58 35	61,5713
8	V	5 50	10 55	16 00	17 25 24,8	−18 08 49	60,8672
9	S	6 44	11 49	16 56	18 20 36,6	−18 23 19	60,1624
10	D	7 34	12 44	17 57	19 16 57,5	−17 36 54	59,5078
11	L	8 20	13 39	19 02	20 13 40,9	−15 48 57	58,9456
12	M	9 02	14 33	20 09	21 10 04,5	−13 04 20	58,5039
13	M	9 41	15 26	21 17	22 05 42,4	−09 32 44	58,1955
14	J	10 18	16 18	22 25	23 00 28,8	−05 27 22	58,0175
15	V	10 54	17 10	23 33	23 54 37,0	−01 03 17	57,9565
16	S	11 30	18 01	** **	00 48 32,7	+03 23 54	57,9940
17	D	12 08	18 54	0 41	01 42 46,1	+07 38 53	58,1120
18	L	12 48	19 48	1 49	02 37 43,6	+11 26 60	58,2973
19	M	13 32	20 43	2 55	03 33 39,9	+14 34 49	58,5447
20	M	14 20	21 38	3 59	04 30 31,1	+16 50 55	58,8543
21	J	15 13	22 33	4 58	05 27 51,9	+18 07 06	59,2298
22	V	16 09	23 28	5 53	06 25 00,1	+18 19 41	59,6736
23	S	17 08	** **	6 43	07 21 06,9	+17 30 14	60,1823
24	D	18 08	0 20	7 26	08 15 30,9	+15 45 06	60,7431
25	L	19 08	1 10	8 05	09 07 47,4	+13 14 03	61,3328
26	M	20 06	1 57	8 40	09 57 52,2	+10 08 28	61,9187
27	M	21 04	2 43	9 12	10 45 58,6	+06 39 40	62,4607
28	J	22 01	3 26	9 42	11 32 32,3	+02 58 02	62,9160
29	V	22 57	4 09	10 11	12 18 06,9	−00 47 22	63,2437
30	S	23 53	4 52	10 41	13 03 19,3	−04 28 38	63,4078
31	D	** **	5 35	11 12	13 48 47,7	−07 58 33	63,3837

Cuarto menguante	$02^d\ 05^h30^m$
Luna nueva	$10^d\ 01^h31^m$
Cuarto creciente	$16^d\ 23^h26^m$
Luna llena	$24^d\ 01^h46^m$

Apogeo	$2^d\ 12^h$
Perigeo	$15^d\ 02^h$
Apogeo	$30^d\ 09^h$

LUNA Febrero 2016

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	0 48	6 19	11 45	14 35 09,3	−11 10 07	63,1585
2	M	1 44	7 04	12 21	15 22 57,4	−13 55 59	62,7354
3	M	2 41	7 52	13 02	16 12 38,1	−16 08 09	62,1338
4	J	3 36	8 43	13 49	17 04 26,0	−17 38 04	61,3896
5	V	4 30	9 35	14 41	17 58 19,6	−18 17 12	60,5541
6	S	5 22	10 29	15 39	18 53 59,2	−17 58 23	59,6907
7	D	6 10	11 25	16 43	19 50 49,9	−16 37 33	58,8682
8	L	6 55	12 20	17 50	20 48 09,7	−14 15 33	58,1542
9	M	7 37	13 15	19 00	21 45 21,7	−10 58 55	57,6054
10	M	8 16	14 10	20 11	22 42 03,0	−06 59 38	57,2596
11	J	8 54	15 03	21 21	23 38 08,6	−02 33 39	57,1306
12	V	9 31	15 57	22 31	00 33 48,5	+02 01 06	57,2085
13	S	10 09	16 51	23 40	01 29 21,2	+06 26 39	57,4625
14	D	10 49	17 45	** **	02 25 05,9	+10 26 26	57,8514
15	L	11 32	18 39	0 48	03 21 14,7	+13 46 21	58,3308
16	M	12 18	19 34	1 52	04 17 47,0	+16 15 21	58,8611
17	M	13 09	20 28	2 53	05 14 26,7	+17 46 05	59,4125
18	J	14 03	21 22	3 48	06 10 45,0	+18 15 17	59,9656
19	V	15 00	22 14	4 38	07 06 07,2	+17 43 59	60,5095
20	S	15 58	23 04	5 23	08 00 01,7	+16 17 08	61,0394
21	D	16 57	23 51	6 03	08 52 08,1	+14 02 40	61,5519
22	L	17 56	** **	6 39	09 42 20,5	+11 10 21	62,0411
23	M	18 54	0 37	7 12	10 30 46,6	+07 50 39	62,4961
24	M	19 51	1 22	7 43	11 17 45,1	+04 13 51	62,8998
25	J	20 47	2 05	8 12	12 03 41,7	+00 29 32	63,2286
26	V	21 43	2 48	8 42	12 49 06,5	−03 13 34	63,4554
27	S	22 38	3 30	9 12	13 34 30,9	−06 47 29	63,5518
28	D	23 34	4 14	9 44	14 20 26,3	−10 04 47	63,4918
29	L	** **	4 58	10 19	15 07 22,3	−12 58 19	63,2561

Cuarto menguante	01^d 03^{h}28^m
Luna nueva	08^d 14^{h}39^m
Cuarto creciente	15^d 07^{h}46^m
Luna llena	22^d 18^{h}20^m

Perigeo	11^d 03^h
Apogeo	27^d 03^h

LUNA Marzo 2016

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	0 29	5 44	10 57	15 55 43,8	−15 20 47	62,8348
2	M	1 24	6 33	11 40	16 45 49,0	−17 04 45	62,2325
3	J	2 18	7 23	12 28	17 37 45,9	−18 02 47	61,4693
4	V	3 09	8 15	13 23	18 31 29,9	−18 07 58	60,5827
5	S	3 58	9 09	14 22	19 26 44,2	−17 15 05	59,6281
6	D	4 44	10 03	15 27	20 23 02,9	−15 21 55	58,6754
7	L	5 28	10 58	16 36	21 19 58,2	−12 30 42	57,8033
8	M	6 08	11 54	17 47	22 17 07,6	−08 49 02	57,0898
9	M	6 47	12 49	18 59	23 14 19,4	−04 29 54	56,6008
10	J	7 26	13 44	20 12	00 11 33,1	+00 09 14	56,3794
11	V	8 05	14 40	21 24	01 08 56,0	+04 48 23	56,4368
12	S	8 45	15 36	22 35	02 06 36,0	+09 07 26	56,7528
13	D	9 29	16 32	23 43	03 04 35,1	+12 48 26	57,2805
14	L	10 15	17 29	** **	04 02 43,4	+15 37 35	57,9579
15	M	11 05	18 24	0 46	05 00 38,0	+17 26 10	58,7197
16	M	11 59	19 18	1 44	05 57 46,8	+18 10 57	59,5061
17	J	12 55	20 11	2 36	06 53 36,3	+17 53 37	60,2701
18	V	13 52	21 01	3 23	07 47 40,2	+16 39 41	60,9789
19	S	14 51	21 49	4 03	08 39 44,9	+14 37 13	61,6140
20	D	15 49	22 35	4 40	09 29 50,6	+11 55 34	62,1664
21	L	16 46	23 19	5 13	10 18 10,0	+08 44 27	62,6348
22	M	17 43	** **	5 44	11 05 04,0	+05 13 27	63,0197
23	M	18 39	0 02	6 14	11 50 58,7	+01 31 46	63,3208
24	J	19 35	0 45	6 44	12 36 22,6	−02 11 53	63,5345
25	V	20 31	1 27	7 14	13 21 44,1	−05 49 13	63,6525
26	S	21 27	2 11	7 45	14 07 30,7	−09 12 15	63,6616
27	D	22 22	2 55	8 18	14 54 06,6	−12 13 20	63,5469
28	L	23 16	3 40	8 55	15 41 51,9	−14 45 02	63,2924
29	M	** **	4 27	9 36	16 31 00,4	−16 40 08	62,8857
30	M	0 10	5 16	10 21	17 21 38,0	−17 51 53	62,3219
31	J	1 01	6 06	11 11	18 13 42,1	−18 14 16	61,6072

Cuarto menguante	01^d 23^{h}11^m
Luna nueva	09^d 01^{h}55^m
Cuarto creciente	15^d 17^{h}03^m
Luna llena	23^d 12^{h}01^m
Cuarto menguante	31^d 15^{h}17^m

Perigeo	10^d 07^h
Apogeo	25^d 14^h

LUNA Abril 2016

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	1 50	6 57	12 07	19 07 02,4	−17 42 37	60,7621
2 S	2 36	7 50	13 08	20 01 23,3	−16 14 20	59,8244
3 D	3 19	8 43	14 13	20 56 29,2	−13 49 45	58,8501
4 L	4 00	9 37	15 21	21 52 08,9	−10 32 56	57,9096
5 M	4 39	10 31	16 32	22 48 19,2	−06 32 23	57,0837
6 M	5 17	11 26	17 45	23 45 05,0	−02 01 24	56,4519
7 J	5 56	12 23	18 58	00 42 36,9	+02 42 23	56,0806
8 V	6 36	13 20	20 12	01 41 04,4	+07 18 13	56,0097
9 S	7 19	14 18	21 24	02 40 28,2	+11 24 49	56,2445
10 D	8 06	15 16	22 32	03 40 32,6	+14 43 17	56,7542
11 L	8 57	16 15	23 35	04 40 43,4	+17 00 03	57,4799
12 M	9 51	17 11	** **	05 40 12,6	+18 08 37	58,3468
13 M	10 47	18 06	0 32	06 38 10,3	+18 09 30	59,2767
14 J	11 46	18 58	1 21	07 33 58,3	+17 08 50	60,1999
15 V	12 45	19 47	2 04	08 27 17,8	+15 15 59	61,0600
16 S	13 43	20 33	2 42	09 18 10,1	+12 41 31	61,8185
17 D	14 41	21 18	3 16	10 06 52,6	+09 35 54	62,4525
18 L	15 37	22 01	3 48	10 53 52,9	+06 08 49	62,9528
19 M	16 34	22 43	4 17	11 39 43,1	+02 29 07	63,3204
20 M	17 30	23 26	4 47	12 24 56,8	−01 14 53	63,5622
21 J	18 25	** **	5 16	13 10 06,3	−04 55 11	63,6877
22 V	19 21	0 09	5 47	13 55 41,1	−08 23 54	63,7043
23 S	20 17	0 53	6 19	14 42 05,9	−11 33 04	63,6178
24 D	21 12	1 38	6 55	15 29 39,5	−14 14 46	63,4285
25 L	22 06	2 24	7 34	16 18 32,3	−16 21 20	63,1337
26 M	22 57	3 12	8 18	17 08 45,8	−17 45 42	62,7284
27 M	23 47	4 01	9 06	18 00 12,2	−18 21 55	62,2081
28 J	** **	4 52	9 59	18 52 36,5	−18 05 46	61,5730
29 V	0 33	5 43	10 56	19 45 41,2	−16 55 09	60,8316
30 S	1 15	6 34	11 58	20 39 11,2	−14 50 33	60,0038

Luna nueva	$07^d\ 11^h24^m$
Cuarto creciente	$14^d\ 04^h00^m$
Luna llena	$22^d\ 05^h24^m$
Cuarto menguante	$30^d\ 03^h29^m$

Perigeo	$7^d\ 17^h$
Apogeo	$21^d\ 16^h$

LUNA Mayo 2016

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	1 55	7 26	13 03	21 32 59,1	−11 55 15	59,1259
2 L	2 34	8 18	14 10	22 27 08,3	−08 15 36	58,2487
3 M	3 11	9 11	15 20	23 21 52,3	−04 01 18	57,4374
4 M	3 48	10 05	16 32	00 17 32,6	+00 34 10	56,7652
5 J	4 26	11 01	17 45	01 14 32,0	+05 13 41	56,3024
6 V	5 08	11 59	18 58	02 13 06,6	+09 37 08	56,1057
7 S	5 53	12 58	20 10	03 13 14,9	+13 23 34	56,2044
8 D	6 42	13 58	21 18	04 14 29,8	+16 14 23	56,5945
9 L	7 36	14 57	22 19	05 15 57,9	+17 56 54	57,2381
10 M	8 34	15 55	23 14	06 16 30,4	+18 26 37	58,0712
11 M	9 34	16 50	** **	07 15 03,2	+17 47 11	59,0157
12 J	10 34	17 41	0 01	08 10 54,0	+16 08 06	59,9919
13 V	11 34	18 30	0 42	09 03 49,4	+13 41 36	60,9280
14 S	12 33	19 16	1 18	09 54 01,0	+10 40 04	61,7665
15 D	13 31	19 59	1 51	10 41 57,3	+07 14 41	62,4673
16 L	14 27	20 42	2 21	11 28 15,7	+03 35 07	63,0079
17 M	15 23	21 24	2 50	12 13 36,0	−00 10 17	63,3804
18 M	16 19	22 07	3 19	12 58 37,6	−03 53 48	63,5891
19 J	17 15	22 50	3 49	13 43 56,4	−07 27 60	63,6471
20 V	18 11	23 35	4 21	14 30 03,6	−10 45 14	63,5725
21 S	19 07	** **	4 55	15 17 22,8	−13 37 35	63,3841
22 D	20 01	0 21	5 33	16 06 08,2	−15 56 55	63,1003
23 L	20 55	1 09	6 15	16 56 22,1	−17 35 26	62,7349
24 M	21 45	1 59	7 02	17 47 54,1	−18 26 21	62,2977
25 M	22 32	2 49	7 54	18 40 23,6	−18 24 47	61,7946
26 J	23 16	3 40	8 50	19 33 24,6	−17 28 30	61,2294
27 V	23 56	4 31	9 50	20 26 33,5	−15 38 13	60,6066
28 S	** **	5 21	10 52	21 19 35,8	−12 57 41	59,9358
29 D	0 34	6 12	11 57	22 12 30,8	−09 33 16	59,2343
30 L	1 10	7 03	13 04	23 05 32,0	−05 33 51	58,5314
31 M	1 46	7 55	14 12	23 59 04,4	−01 10 39	57,8678

Luna nueva	$06^d\ 19^h30^m$
Cuarto creciente	$13^d\ 17^h02^m$
Luna llena	$21^d\ 21^h14^m$
Cuarto menguante	$29^d\ 12^h12^m$

Perigeo	$6^d\ 04^h$
Apogeo	$18^d\ 22^h$

LUNA Junio 2016

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	2 22	8 48	15 23	00 53 39,9	+03 22 29	57,2951
2	J	3 00	9 43	16 34	01 49 49,5	+07 49 03	56,8698
3	V	3 42	10 40	17 46	02 47 53,1	+11 50 27	56,6444
4	S	4 28	11 39	18 55	03 47 49,0	+15 07 39	56,6578
5	D	5 19	12 39	20 01	04 49 04,1	+17 24 06	56,9254
6	L	6 16	13 38	21 00	05 50 36,0	+18 29 16	57,4346
7	M	7 16	14 36	21 52	06 51 07,1	+18 20 57	58,1453
8	M	8 18	15 31	22 38	07 49 28,6	+17 05 07	58,9962
9	J	9 20	16 22	23 17	08 44 58,4	+14 53 21	59,9150
10	V	10 21	17 10	23 52	09 37 26,9	+11 59 25	60,8276
11	S	11 20	17 56	** **	10 27 10,9	+08 36 38	61,6684
12	D	12 18	18 39	0 23	11 14 44,0	+04 56 35	62,3836
13	L	13 15	19 22	0 53	12 00 47,4	+01 08 50	62,9362
14	M	14 11	20 04	1 22	12 46 04,5	−02 38 29	63,3051
15	M	15 07	20 47	1 51	13 31 17,4	−06 18 05	63,4852
16	J	16 03	21 31	2 22	14 17 04,0	−09 42 49	63,4855
17	V	16 59	22 17	2 55	15 03 56,4	−12 45 17	63,3250
18	S	17 55	23 05	3 32	15 52 17,5	−15 17 36	63,0304
19	D	18 49	23 54	4 12	16 42 17,9	−17 11 37	62,6329
20	L	19 41	** **	4 58	17 33 53,5	−18 19 37	62,1629
21	M	20 30	0 45	5 48	18 26 45,0	−18 35 21	61,6485
22	M	21 16	1 36	6 44	19 20 22,2	−17 55 11	61,1130
23	J	21 58	2 28	7 43	20 14 11,9	−16 18 56	60,5726
24	V	22 37	3 19	8 45	21 07 47,3	−13 50 10	60,0383
25	S	23 13	4 10	9 50	22 00 55,5	−10 35 45	59,5174
26	D	23 48	5 00	10 55	22 53 40,4	−06 45 13	59,0162
27	L	** **	5 51	12 02	23 46 21,2	−02 29 57	58,5447
28	M	0 23	6 42	13 10	00 39 28,3	+01 57 00	58,1190
29	M	0 59	7 34	14 19	01 33 36,5	+06 21 10	57,7627
30	J	1 38	8 29	15 28	02 29 17,0	+10 26 42	57,5064

Luna nueva	$05^d\,03^h00^m$
Cuarto creciente	$12^d\,08^h10^m$
Luna llena	$20^d\,11^h02^m$
Cuarto menguante	$27^d\,18^h19^m$

Perigeo	$3^d\,11^h$
Apogeo	$15^d\,12^h$

LUNA Julio 2016

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	2 20	9 25	16 37	03 26 47,2	+13 56 57	57,3832
2 S	3 08	10 23	17 43	04 26 01,0	+16 35 58	57,4236
3 D	4 00	11 22	18 45	05 26 22,0	+18 10 56	57,6473
4 L	4 58	12 20	19 40	06 26 47,5	+18 34 57	58,0573
5 M	6 00	13 17	20 29	07 26 05,4	+17 48 42	58,6364
6 M	7 02	14 11	21 12	08 23 14,5	+15 59 56	59,3473
7 J	8 05	15 01	21 49	09 17 40,7	+13 21 03	60,1382
8 V	9 06	15 49	22 23	10 09 19,5	+10 06 04	60,9477
9 S	10 06	16 34	22 54	10 58 29,8	+06 28 17	61,7139
10 D	11 04	17 17	23 24	11 45 44,9	+02 39 11	62,3798
11 L	12 01	18 00	23 53	12 31 45,5	−01 11 46	62,8996
12 M	12 57	18 43	** **	13 17 13,6	−04 56 33	63,2401
13 M	13 53	19 27	0 23	14 02 50,5	−08 28 04	63,3846
14 J	14 49	20 11	0 55	14 49 13,2	−11 39 22	63,3309
15 V	15 45	20 58	1 30	15 36 52,6	−14 23 14	63,0924
16 S	16 40	21 47	2 08	16 26 09,9	−16 32 02	62,6948
17 D	17 33	22 37	2 52	17 17 12,8	−17 57 54	62,1741
18 L	18 24	23 29	3 40	18 09 53,2	−18 33 34	61,5732
19 M	19 12	** **	4 34	19 03 47,4	−18 13 36	60,9371
20 M	19 56	0 21	5 33	19 58 21,8	−16 55 42	60,3085
21 J	20 37	1 14	6 36	20 53 01,5	−14 41 38	59,7240
22 V	21 15	2 06	7 41	21 47 20,4	−11 37 26	59,2104
23 S	21 51	2 57	8 47	22 41 08,2	−07 52 52	58,7830
24 D	22 26	3 48	9 54	23 34 31,1	−03 40 22	58,4474
25 L	23 01	4 40	11 02	00 27 49,9	+00 45 59	58,2018
26 M	23 39	5 31	12 10	01 21 33,5	+05 11 14	58,0411
27 M	** **	6 24	13 18	02 16 12,0	+09 20 05	57,9616
28 J	0 19	7 19	14 25	03 12 08,5	+12 57 22	57,9633
29 V	1 03	8 15	15 31	04 09 30,0	+15 48 49	58,0517
30 S	1 52	9 12	16 33	05 08 00,8	+17 42 27	58,2363
31 D	2 47	10 09	17 30	06 07 01,3	+18 30 22	58,5257

Luna nueva	$04^d\ 11^h01^m$
Cuarto creciente	$12^d\ 00^h52^m$
Luna llena	$19^d\ 22^h57^m$
Cuarto menguante	$26^d\ 23^h00^m$

Perigeo	$1^d\ 06^h$
Apogeo	$13^d\ 05^h$
Perigeo	$27^d\ 12^h$

LUNA Agosto 2016

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 45	11 05	18 21	07 05 35,6	+18 10 19	58,9247
2 M	4 47	11 59	19 06	08 02 46,9	+16 46 19	59,4290
3 M	5 49	12 51	19 46	08 57 53,1	+14 27 33	60,0214
4 J	6 51	13 40	20 21	09 50 34,8	+11 26 24	60,6732
5 V	7 52	14 27	20 54	10 40 55,4	+07 56 05	61,3445
6 S	8 51	15 11	21 24	11 29 15,8	+04 09 09	61,9881
7 D	9 49	15 55	21 54	12 16 07,0	+00 16 31	62,5560
8 L	10 46	16 38	22 24	13 02 05,6	−03 32 33	63,0021
9 M	11 42	17 21	22 55	13 47 49,1	−07 10 09	63,2887
10 M	12 38	18 05	23 28	14 33 53,9	−10 29 09	63,3884
11 J	13 33	18 51	** **	15 20 52,8	−13 22 45	63,2882
12 V	14 28	19 38	0 05	16 09 12,3	−15 43 60	62,9896
13 S	15 22	20 27	0 45	16 59 09,5	−17 25 43	62,5100
14 D	16 14	21 18	1 31	17 50 49,0	−18 20 48	61,8816
15 L	17 03	22 10	2 22	18 44 01,2	−18 22 59	61,1496
16 M	17 49	23 03	3 19	19 38 23,5	−17 27 58	60,3693
17 M	18 32	23 56	4 20	20 33 25,9	−15 34 49	59,6000
18 J	19 12	** **	5 25	21 28 39,1	−12 46 51	58,8998
19 V	19 50	0 49	6 33	22 23 43,1	−09 12 01	58,3184
20 S	20 26	1 42	7 41	23 18 31,3	−05 02 22	57,8906
21 D	21 03	2 34	8 51	00 13 11,5	−00 32 59	57,6330
22 L	21 40	3 27	10 00	01 08 01,2	+03 59 23	57,5441
23 M	22 20	4 21	11 09	02 03 22,0	+08 17 40	57,6070
24 M	23 02	5 15	12 18	02 59 31,4	+12 05 35	57,7953
25 J	23 50	6 10	13 24	03 56 36,0	+15 08 51	58,0808
26 V	** **	7 07	14 26	04 54 25,2	+17 16 05	58,4378
27 S	0 41	8 03	15 24	05 52 30,3	+18 20 01	58,8475
28 D	1 38	8 58	16 16	06 50 09,7	+18 18 15	59,2983
29 L	2 37	9 52	17 02	07 46 39,0	+17 13 32	59,7841
30 M	3 38	10 44	17 43	08 41 23,3	+15 13 06	60,3001
31 M	4 39	11 33	18 20	09 34 03,7	+12 27 15	60,8398

Luna nueva	$02^d\,20^h44^m$
Cuarto creciente	$10^d\,18^h21^m$
Luna llena	$18^d\,09^h27^m$
Cuarto menguante	$25^d\,03^h41^m$

Apogeo	$10^d\,00^h$
Perigeo	$22^d\,02^h$

LUNA Setiembre 2016

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 40	12 20	18 53	10 24 39,5	+09 07 51	61,3917
2 V	6 39	13 06	19 24	11 13 24,4	+05 26 54	61,9370
3 S	7 38	13 50	19 54	12 00 42,6	+01 35 40	62,4492
4 D	8 35	14 33	20 24	12 47 03,4	−02 15 44	62,8965
5 L	9 32	15 16	20 55	13 32 58,5	−05 58 26	63,2441
6 M	10 28	16 00	21 27	14 18 59,0	−09 24 32	63,4578
7 M	11 23	16 45	22 02	15 05 33,9	−12 26 53	63,5078
8 J	12 18	17 31	22 40	15 53 08,0	−14 58 44	63,3729
9 V	13 11	18 18	23 23	16 41 59,7	−16 53 30	63,0436
10 S	14 03	19 07	** **	17 32 19,1	−18 04 50	62,5241
11 D	14 53	19 58	0 11	18 24 06,2	−18 26 50	61,8352
12 L	15 40	20 50	1 04	19 17 11,2	−17 54 47	61,0143
13 M	16 24	21 42	2 03	20 11 16,6	−16 26 03	60,1148
14 M	17 05	22 35	3 05	21 06 02,3	−14 01 08	59,2019
15 J	17 44	23 29	4 12	22 01 11,8	−10 44 32	58,3489
16 V	18 22	** **	5 21	22 56 36,6	−06 45 20	57,6274
17 S	18 59	0 22	6 32	23 52 18,6	−02 17 01	57,0976
18 D	19 37	1 17	7 43	00 48 27,7	+02 23 19	56,7997
19 L	20 17	2 12	8 55	01 45 16,9	+06 56 27	56,7474
20 M	21 00	3 07	10 06	02 42 55,7	+11 03 06	56,9266
21 M	21 47	4 04	11 15	03 41 22,1	+14 25 56	57,3016
22 J	22 38	5 01	12 20	04 40 18,3	+16 51 37	57,8228
23 V	23 33	5 58	13 20	05 39 10,5	+18 12 10	58,4364
24 S	** **	6 54	14 13	06 37 15,6	+18 25 27	59,0947
25 D	0 31	7 48	15 01	07 33 52,5	+17 34 43	59,7592
26 L	1 31	8 40	15 43	08 28 31,8	+15 47 24	60,4035
27 M	2 31	9 30	16 20	09 21 01,2	+13 13 25	61,0119
28 M	3 32	10 17	16 54	10 11 25,2	+10 03 51	61,5763
29 J	4 31	11 02	17 26	11 00 00,9	+06 29 49	62,0923
30 V	5 29	11 46	17 56	11 47 13,3	+02 41 59	62,5557

Luna nueva	01^d 09^{h}03^m
Cuarto creciente	09^d 11^{h}49^m
Luna llena	16^d 19^{h}05^m
Cuarto menguante	23^d 09^{h}56^m

Apogeo	6^d 19^h
Perigeo	18^d 17^h

LUNA Octubre 2016

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	6 27	12 29	18 25	12 33 31,2	−01 09 42	62,9589
2	D	7 24	13 13	18 56	13 19 24,1	−04 56 03	63,2892
3	L	8 20	13 56	19 27	14 05 19,8	−08 28 36	63,5296
4	M	9 15	14 40	20 01	14 51 43,3	−11 39 33	63,6583
5	M	10 10	15 26	20 38	15 38 54,7	−14 21 38	63,6527
6	J	11 04	16 12	21 18	16 27 08,6	−16 28 10	63,4913
7	V	11 56	17 00	22 03	17 16 32,3	−17 53 05	63,1590
8	S	12 45	17 49	22 53	18 07 05,7	−18 31 05	62,6488
9	D	13 32	18 39	23 48	18 58 42,1	−18 18 01	61,9679
10	L	14 16	19 30	** **	19 51 10,9	−17 11 14	61,1379
11	M	14 57	20 21	0 47	20 44 21,0	−15 10 14	60,1990
12	M	15 37	21 13	1 50	21 38 05,1	−12 17 13	59,2090
13	J	16 14	22 06	2 57	22 32 23,0	−08 37 49	58,2398
14	V	16 51	23 00	4 06	23 27 22,6	−04 21 36	57,3729
15	S	17 29	23 55	5 18	00 23 18,7	+00 17 28	56,6883
16	D	18 09	** **	6 31	01 20 28,1	+05 01 22	56,2525
17	L	18 51	0 52	7 44	02 19 02,3	+09 29 15	56,1064
18	M	19 38	1 50	8 57	03 18 58,9	+13 19 55	56,2572
19	M	20 29	2 50	10 07	04 19 53,3	+16 15 03	56,6780
20	J	21 25	3 49	11 11	05 20 59,0	+18 02 15	57,3150
21	V	22 24	4 48	12 09	06 21 15,8	+18 36 57	58,0984
22	S	23 24	5 44	13 00	07 19 46,2	+18 02 02	58,9559
23	D	** **	6 37	13 44	08 15 51,0	+16 26 01	59,8225
24	L	0 25	7 28	14 22	09 09 15,3	+14 00 18	60,6470
25	M	1 26	8 15	14 57	10 00 06,9	+10 56 57	61,3940
26	M	2 25	9 01	15 29	10 48 49,4	+07 27 28	62,0432
27	J	3 23	9 45	15 59	11 35 54,9	+03 42 17	62,5860
28	V	4 21	10 28	16 28	12 21 58,2	−00 09 08	63,0220
29	S	5 17	11 11	16 58	13 07 33,8	−03 58 01	63,3551
30	D	6 14	11 54	17 29	13 53 12,8	−07 36 03	63,5889
31	L	7 09	12 38	18 01	14 39 21,5	−10 55 13	63,7242

Luna nueva	$01^d\,00^h11^m$
Cuarto creciente	$09^d\,04^h33^m$
Luna llena	$16^d\,04^h23^m$
Cuarto menguante	$22^d\,19^h14^m$
Luna nueva	$30^d\,17^h38^m$

Apogeo	$4^d\,11^h$
Perigeo	$16^d\,24^h$
Apogeo	$31^d\,20^h$

LUNA Noviembre 2016

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	8 05	13 23	18 37	15 26 19,9	−13 47 45	63,7580
2 M	8 59	14 09	19 16	16 14 20,0	−16 06 21	63,6827
3 J	9 52	14 56	19 59	17 03 25,1	−17 44 28	63,4866
4 V	10 42	15 44	20 47	17 53 29,9	−18 36 37	63,1580
5 S	11 29	16 33	21 39	18 44 22,7	−18 38 51	62,6873
6 D	12 13	17 23	22 35	19 35 48,9	−17 49 03	62,0711
7 L	12 54	18 12	23 35	20 27 35,9	−16 07 06	61,3168
8 M	13 33	19 02	** **	21 19 38,0	−13 35 02	60,4460
9 M	14 09	19 53	0 38	22 11 59,1	−10 17 07	59,4970
10 J	14 45	20 44	1 44	23 04 53,8	−06 20 18	58,5262
11 V	15 21	21 37	2 52	23 58 46,2	−01 54 35	57,6056
12 S	15 59	22 33	4 03	00 54 05,1	+02 46 14	56,8156
13 D	16 40	23 30	5 16	01 51 17,9	+07 24 22	56,2363
14 L	17 24	** **	6 30	02 50 39,8	+11 38 53	55,9319
15 M	18 14	0 30	7 43	03 52 02,2	+15 08 01	55,9391
16 M	19 09	1 31	8 52	04 54 43,5	+17 33 05	56,2584
17 J	20 09	2 33	9 56	05 57 32,0	+18 42 40	56,8532
18 V	21 11	3 32	10 52	06 59 04,0	+18 34 60	57,6588
19 S	22 15	4 29	11 41	07 58 09,2	+17 17 09	58,5952
20 D	23 17	5 22	12 23	08 54 08,7	+15 01 46	59,5798
21 L	** **	6 12	12 59	09 46 58,1	+12 03 20	60,5396
22 M	0 18	6 59	13 32	10 36 58,8	+08 35 33	61,4158
23 M	1 17	7 44	14 03	11 24 47,2	+04 50 17	62,1690
24 J	2 15	8 27	14 32	12 11 05,3	+00 57 26	62,7760
25 V	3 11	9 10	15 01	12 56 35,6	−02 54 23	63,2296
26 S	4 08	9 52	15 31	13 41 57,1	−06 37 21	63,5331
27 D	5 04	10 36	16 03	14 27 43,5	−10 03 55	63,6980
28 L	5 59	11 20	16 37	15 14 21,3	−13 06 29	63,7385
29 M	6 54	12 06	17 15	16 02 07,4	−15 37 28	63,6689
30 M	7 48	12 53	17 57	16 51 07,2	−17 29 37	63,5002

Cuarto creciente	07^d 19^{h}51^m
Luna llena	14^d 13^{h}52^m
Cuarto menguante	21^d 08^{h}33^m
Luna nueva	29^d 12^{h}18^m

Perigeo	14^d 11^h
Apogeo	27^d 20^h

LUNA Diciembre 2016

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	8 39	13 42	18 43	17 41 14,5	−18 36 36	63,2394
2	V	9 28	14 31	19 34	18 32 12,4	−18 53 44	62,8876
3	S	10 13	15 20	20 29	19 23 38,6	−18 18 32	62,4436
4	D	10 55	16 09	21 27	20 15 11,1	−16 51 03	61,9044
5	L	11 34	16 58	22 27	21 06 35,5	−14 33 51	61,2699
6	M	12 10	17 47	23 30	21 57 49,5	−11 31 44	60,5473
7	M	12 44	18 36	** **	22 49 04,8	−07 51 22	59,7541
8	J	13 19	19 26	0 35	23 40 45,9	−03 41 24	58,9230
9	V	13 54	20 18	1 42	00 33 27,0	+00 47 19	58,1014
10	S	14 31	21 12	2 51	01 27 46,5	+05 21 08	57,3511
11	D	15 12	22 09	4 03	02 24 19,2	+09 43 12	56,7418
12	L	15 58	23 09	5 15	03 23 24,6	+13 33 59	56,3411
13	M	16 50	** **	6 27	04 24 53,0	+16 33 13	56,2028
14	M	17 48	0 11	7 34	05 27 55,8	+18 23 43	56,3550
15	J	18 50	1 13	8 36	06 31 10,1	+18 55 49	56,7919
16	V	19 56	2 13	9 30	07 33 01,4	+18 09 56	57,4752
17	S	21 01	3 10	10 17	08 32 13,8	+16 15 42	58,3397
18	D	22 05	4 03	10 58	09 28 08,7	+13 28 12	59,3061
19	L	23 06	4 53	11 33	10 20 45,7	+10 03 45	60,2928
20	M	** **	5 40	12 05	11 10 31,6	+06 17 09	61,2258
21	M	0 06	6 24	12 35	11 58 07,6	+02 20 33	62,0461
22	J	1 04	7 08	13 05	12 44 19,7	−01 36 16	62,7115
23	V	2 00	7 50	13 34	13 29 53,3	−05 25 13	63,1989
24	S	2 56	8 33	14 05	14 15 29,8	−08 59 06	63,5012
25	D	3 52	9 17	14 38	15 01 44,5	−12 10 57	63,6250
26	L	4 47	10 03	15 15	15 49 03,7	−14 53 39	63,5882
27	M	5 42	10 49	15 55	16 37 42,7	−17 00 00	63,4146
28	M	6 35	11 38	16 40	17 27 43,0	−18 23 04	63,1315
29	J	7 25	12 27	17 29	18 18 52,2	−18 56 59	62,7645
30	V	8 12	13 17	18 23	19 10 46,4	−18 37 58	62,3360
31	S	8 56	14 07	19 21	20 02 56,3	−17 24 59	61,8619

Cuarto creciente	07^d 09^{h}03^m
Luna llena	14^d 00^{h}06^m
Cuarto menguante	21^d 01^{h}56^m
Luna nueva	29^d 06^{h}53^m

Perigeo	12^d 24^h
Apogeo	25^d 06^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

$\delta_{(}$	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 Oviedo (latitud $43^{\circ}5$) el día 30 de marzo, en que su declinación media es de -18° y el horario oficial es el de verano:

$$\begin{aligned}\text{orto} &= 0^{\text{h}}10^{\text{m}} + 9^{\text{m}} + (8^{\text{m}}) = 0^{\text{h}}27^{\text{m}}\ \text{TU} = 2^{\text{h}}27^{\text{m}}\ \text{TO}\\ \text{ocaso} &= 10^{\text{h}}21^{\text{m}} + 9^{\text{m}} - (8^{\text{m}}) = 10^{\text{h}}22^{\text{m}}\ \text{TU} = 12^{\text{h}}22^{\text{m}}\ \text{TO}\end{aligned}$$

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 se puede realizar en: `http://www.ngc7000.org/astrotools/ephemtool.html`.

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 $r_{(\!|}$ (expresada en radios terrestres), o bien del semidiámetro $s_{(\!|}$ o de la paralaje $\pi_{(\!|}$ (expresados en minutos de arco) mediante las expresiones:

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

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 2016

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	02 05 30
Ene	10 01 31	Ene	16 23 26	Ene	24 01 46	Feb	01 03 28
Feb	08 14 39	Feb	15 07 46	Feb	22 18 20	Mar	01 23 11
Mar	09 01 54	Mar	15 17 03	Mar	23 12 01	Mar	31 15 17
Abr	07 11 24	Abr	14 04 00	Abr	22 05 24	Abr	30 03 29
May	06 19 30	May	13 17 02	May	21 21 14	May	29 12 12
Jun	05 03 00	Jun	12 08 10	Jun	20 11 02	Jun	27 18 19
Jul	04 11 01	Jul	12 00 52	Jul	19 22 57	Jul	26 23 00
Ago	02 20 44	Ago	10 18 21	Ago	18 09 27	Ago	25 03 41
Set	01 09 03	Set	09 11 49	Set	16 19 05	Set	23 09 56
Oct	01 00 11	Oct	09 04 33	Oct	16 04 23	Oct	22 19 14
Oct	30 17 38	Nov	07 19 51	Nov	14 13 52	Nov	21 08 33
Nov	29 12 18	Dic	07 09 03	Dic	14 00 06	Dic	21 01 56
Dic	29 06 53						

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	15	2	369 653
Feb	11	3	364 381
Mar	10	7	359 521
Abr	7	17	357 166
May	6	4	357 822
Jun	3	11	361 126
Jul	1	6	365 959
Jul	27	12	369 627
Ago	22	2	367 023
Set	18	17	361 881
Oct	16	24	357 854
Nov	14	11	356 510
Dic	12	24	358 470

Luna en el apogeo

fecha y hora			distancia
mes	*dia*	*h*	km
Ene	2	12	404 236
Ene	30	9	404 514
Feb	27	3	405 353
Mar	25	14	406 109
Abr	21	16	406 355
May	18	22	405 954
Jun	15	12	405 057
Jul	13	5	404 308
Ago	10	0	404 301
Set	6	19	405 089
Oct	4	11	406 120
Oct	31	20	406 669
Nov	27	20	406 541
Dic	25	6	405 842

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:	$1\ \mathcal{M}_\oplus = 5{,}9726\ 10^{24}$ kg
y la masa del Sol es:	$1\ \mathcal{M}_\odot = 1{,}9885\ 10^{30}$ 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

Planeta	eje de rotación (J2000) α_0	eje de rotación (J2000) δ_0	meridiano de referencia 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: 1370 W m^{-2} = 1,96 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
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

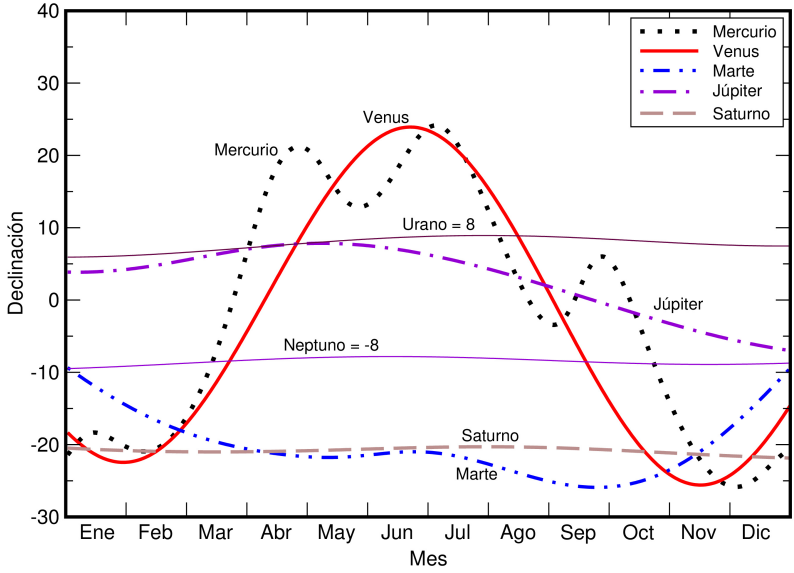
R_p el radio ecuatorial del planeta. Equivalencia: 1 G (gauss) = 10^{-4} T (tesla).
El momento dipolar magnético de la Tierra es: 7,91 10^{15} T m^3.

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.

2016



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 2016

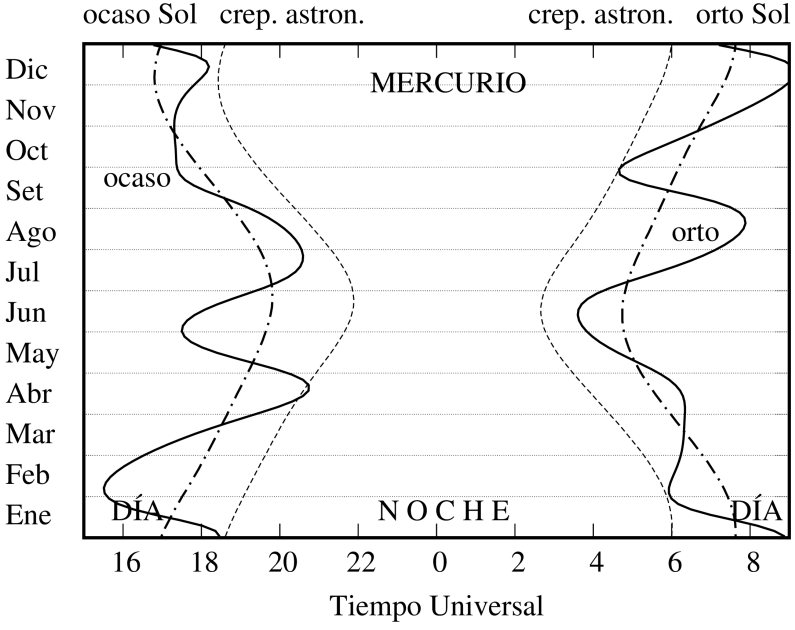
		en Madrid (TU)			a 0^h de TU		
Mes	día	Orto	Culm.	Ocaso	Asc. recta	Declinación	Distancia
		h m	*h m*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	ua
Ene.	1	8 53	13 40	18 28	20 6 24	−21 2 43	0,9206
	11	7 54	12 50	17 45	19 59 18	−18 26 7	0,6983
	21	6 29	11 23	16 16	19 10 30	−19 0 59	0,7024
	31	5 57	10 46	15 34	19 10 17	−20 28 54	0,8676
Feb.	10	5 58	10 46	15 34	19 48 51	−20 51 55	1,0390
	20	6 7	11 1	15 56	20 42 57	−19 22 1	1,1775
Mar.	1	6 14	11 22	16 32	21 43 27	−15 45 44	1,2802
	11	6 18	11 47	17 18	22 47 31	−10 1 40	1,3451
	21	6 19	12 16	18 14	23 55 16	− 2 15 58	1,3577
	31	6 20	12 49	19 19	1 7 19	+ 6 56 58	1,2802
Abr.	10	6 19	13 19	20 19	2 17 13	+15 30 25	1,0810
	20	6 10	13 27	20 45	3 6 54	+20 27 39	0,8313
	30	5 44	13 1	20 18	3 22 10	+20 49 27	0,6386
May.	10	5 3	12 6	19 8	3 7 11	+17 19 47	0,5562
	20	4 23	11 12	18 1	2 51 49	+13 34 16	0,5918
	30	3 54	10 42	17 31	3 0 10	+13 7 42	0,7135
Jun.	9	3 38	10 38	17 38	3 33 53	+15 51 42	0,8869
	19	3 39	10 56	18 15	4 30 46	+20 6 13	1,0860
	29	4 6	11 38	19 11	5 51 5	+23 36 2	1,2623
Jul.	9	5 1	12 33	20 5	7 25 12	+23 33 57	1,3316
	19	6 5	13 19	20 31	8 50 50	+19 29 58	1,2800
	29	6 57	13 47	20 35	9 59 6	+13 21 9	1,1686
Ago.	8	7 34	13 59	20 24	10 51 55	+ 6 46 30	1,0345
	18	7 52	13 57	20 2	11 30 13	+ 0 53 43	0,8904
	28	7 44	13 36	19 27	11 49 31	− 2 57 25	0,7478
Set.	7	6 51	12 45	18 38	11 39 21	− 2 27 49	0,6451
	17	5 22	11 35	17 48	11 8 26	+ 3 6 15	0,6801
	27	4 39	11 2	17 25	11 12 6	+ 5 58 10	0,9045
Oct.	7	5 3	11 13	17 21	12 1 5	+ 1 58 53	1,1720
	17	5 50	11 36	17 20	13 3 31	− 5 4 9	1,3470
	27	6 38	11 59	17 19	14 6 6	−12 8 40	1,4270
Nov.	6	7 24	12 22	17 19	15 8 24	−18 9 51	1,4379
	16	8 6	12 46	17 25	16 11 51	−22 40 23	1,3920
	26	8 42	13 11	17 40	17 16 29	−25 18 15	1,2894
Dic.	6	9 6	13 33	18 1	18 18 25	−25 42 37	1,1223
	16	9 1	13 35	18 11	19 1 59	−23 55 27	0,8911
	26	7 54	12 38	17 22	18 47 40	−21 20 43	0,6912

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 = 149 597 871 km

MERCURIO 2016

Fecha	τ *min*	D_{ecu} ″	V	BS	a.fase °	fase	def.ilu. ″	L_P °	B_P °	P_{PN} °
Ene 1	7,66	7,31	–0,3	3,0	91,3	0,489	3,74	90,8	– 5,9	350,3
Ene 21	5,84	9,58	1,8	4,3	136,4	0,138	8,26	226,5	– 9,3	356,8
Feb 10	8,64	6,47	0,0	3,4	70,8	0,665	2,17	340,4	– 6,6	352,3
Mar 1	10,65	5,26	–0,3	2,9	42,3	0,870	0,68	75,4	– 5,0	340,3
Mar 21	11,29	4,96	–1,6	1,6	8,8	0,994	0,03	163,0	– 3,8	332,1
Abr 10	8,99	6,22	–0,8	2,5	67,2	0,694	1,90	246,3	– 3,0	333,9
Abr 30	5,31	10,53	2,6	4,9	145,1	0,090	9,59	352,9	– 1,6	338,4
May 20	4,92	11,37	2,8	5,1	145,6	0,087	10,38	125,1	2,3	336,1
Jun 9	7,38	7,59	0,3	3,6	95,9	0,449	4,18	237,6	4,0	339,3
Jun 29	10,50	5,33	–1,3	1,9	33,4	0,917	0,44	327,1	4,3	353,7
Jul 19	10,65	5,26	–0,8	2,4	38,5	0,891	0,57	48,0	5,2	14,6
Ago 8	8,60	6,50	0,2	3,5	74,6	0,633	2,39	138,6	6,9	25,1
Ago 28	6,22	9,00	1,0	4,2	113,2	0,303	6,27	244,0	9,1	28,0
Set 17	5,66	9,89	2,8	4,1	156,3	0,042	9,47	18,8	8,4	26,2
Oct 7	9,75	5,74	–0,9	2,4	51,2	0,814	1,07	129,3	3,4	28,0
Oct 27	11,87	4,71	–1,3	1,8	1,7	1,000	0,00	217,9	1,2	26,6
Nov 16	11,58	4,83	–0,5	2,6	24,5	0,955	0,22	309,1	– 0,5	17,1
Dic 6	9,33	5,99	–0,4	2,9	59,8	0,752	1,49	43,0	– 2,7	3,1
Dic 26	5,75	9,73	2,6	3,6	158,2	0,036	9,39	159,1	– 7,2	359,6



VENUS 2016

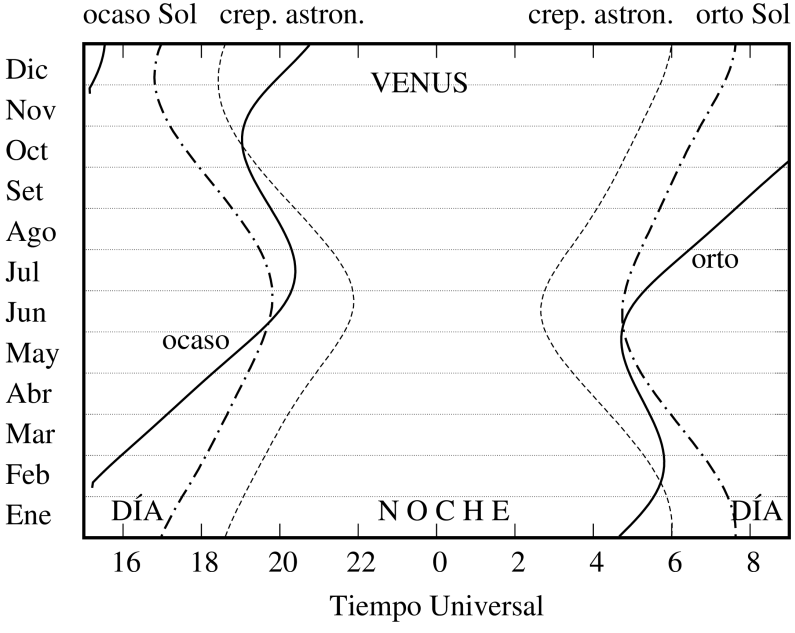
Mes	día	en Madrid (TU) Orto *h m*	Culm. *h m*	Ocaso *h m*	a 0^h de TU Asc. recta *h m s*	Declinación ° ′ ″	Distancia ua
Ene.	1	4 40	9 36	14 33	16 1 32	−18 36 56	1,1663
	11	5 0	9 48	14 35	16 52 26	−20 51 58	1,2285
	21	5 19	10 1	14 43	17 44 51	−22 10 12	1,2876
	31	5 33	10 15	14 56	18 38 4	−22 24 28	1,3438
Feb.	10	5 43	10 28	15 14	19 31 12	−21 32 18	1,3968
	20	5 48	10 41	15 35	20 23 24	−19 36 16	1,4466
Mar.	1	5 48	10 52	15 57	21 14 4	−16 43 18	1,4932
	11	5 44	11 2	16 21	22 3 1	−13 3 10	1,5364
	21	5 36	11 10	16 44	22 50 20	− 8 47 23	1,5760
	31	5 27	11 16	17 6	23 36 25	− 4 7 46	1,6120
Abr.	10	5 16	11 22	17 29	0 21 52	+ 0 43 53	1,6440
	20	5 6	11 28	17 52	1 7 17	+ 5 35 46	1,6716
	30	4 56	11 35	18 15	1 53 20	+10 16 9	1,6947
May.	10	4 48	11 43	18 39	2 40 38	+14 33 9	1,7130
	20	4 44	11 53	19 2	3 29 36	+18 14 33	1,7259
	30	4 43	12 4	19 25	4 20 23	+21 8 27	1,7335
Jun.	9	4 48	12 17	19 47	5 12 50	+23 4 10	1,7354
	19	4 59	12 31	20 4	6 6 20	+23 53 35	1,7313
	29	5 15	12 46	20 16	7 0 2	+23 32 42	1,7214
Jul.	9	5 35	12 59	20 23	7 52 59	+22 2 29	1,7056
	19	5 57	13 11	20 24	8 44 25	+19 28 40	1,6840
	29	6 21	13 21	20 20	9 33 56	+16 0 29	1,6570
Ago.	8	6 45	13 29	20 12	10 21 33	+11 49 7	1,6247
	18	7 8	13 35	20 2	11 7 32	+ 7 6 41	1,5874
	28	7 31	13 41	19 50	11 52 27	+ 2 5 13	1,5458
Set.	7	7 54	13 46	19 37	12 36 57	− 3 3 28	1,5001
	17	8 17	13 51	19 25	13 21 44	− 8 7 25	1,4506
	27	8 40	13 58	19 15	14 7 27	−12 54 34	1,3978
Oct.	7	9 4	14 6	19 7	14 54 42	−17 12 34	1,3420
	17	9 28	14 15	19 3	15 43 48	−20 48 40	1,2834
	27	9 51	14 27	19 3	16 34 45	−23 30 41	1,2223
Nov.	6	10 11	14 40	19 9	17 27 9	−25 8 18	1,1590
	16	10 26	14 54	19 21	18 20 4	−25 34 43	1,0934
	26	10 35	15 6	19 38	19 12 22	−24 48 15	1,0259
Dic.	6	10 38	15 17	19 58	20 2 56	−22 52 51	0,9566
	16	10 34	15 26	20 18	20 50 51	−19 57 21	0,8856
	26	10 24	15 31	20 38	21 35 34	−16 13 40	0,8133

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 = 149 597 871 km

VENUS 2016

Fecha	τ *min*	D_{ecu} ″	V	BS	a.fase °	fase	def.ilu. ″	L_P °	B_P °	P_{PN} °
Ene 1	9,70	14,31	–4,0	1,3	57,1	0,771	3,27	275,4	– 0,9	12,0
Ene 21	10,71	12,96	–3,9	1,2	49,4	0,826	2,26	329,5	– 0,5	2,5
Feb 10	11,62	11,95	–3,8	1,1	42,1	0,871	1,54	23,8	– 0,0	352,4
Mar 1	12,42	11,18	–3,8	1,1	35,1	0,909	1,02	78,2	0,3	343,9
Mar 21	13,11	10,59	–3,8	1,0	28,3	0,940	0,63	132,5	0,5	338,6
Abr 10	13,67	10,15	–3,8	1,0	21,3	0,966	0,35	186,8	0,4	337,2
Abr 30	14,09	9,85	–3,8	0,9	14,2	0,985	0,15	241,1	0,0	339,5
May 20	14,35	9,67	–3,8	0,9	6,8	0,996	0,03	295,4	– 0,4	345,4
Jun 9	14,43	9,62	–3,8	0,9	0,8	1,000	0,00	349,6	– 0,9	354,4
Jun 29	14,32	9,69	–3,8	0,9	8,7	0,994	0,06	43,8	– 1,2	4,7
Jul 19	14,01	9,91	–3,8	0,9	16,6	0,979	0,21	98,0	– 1,2	13,9
Ago 8	13,51	10,27	–3,8	1,0	24,4	0,955	0,46	152,2	– 0,8	20,2
Ago 28	12,86	10,80	–3,8	1,0	32,1	0,923	0,83	206,4	– 0,1	22,8
Set 17	12,06	11,50	–3,8	1,1	39,6	0,885	1,32	260,5	0,8	21,7
Oct 7	11,16	12,44	–3,8	1,2	47,0	0,841	1,98	314,5	1,7	17,1
Oct 27	10,17	13,65	–3,9	1,3	54,4	0,791	2,85	8,4	2,4	9,1
Nov 16	9,09	15,26	–4,0	1,4	62,0	0,735	4,05	62,0	2,8	359,1
Dic 6	7,96	17,45	–4,1	1,4	70,2	0,670	5,76	115,2	2,4	349,5
Dic 26	6,76	20,52	–4,2	1,5	79,3	0,592	8,36	167,6	1,4	342,4



MARTE 2016

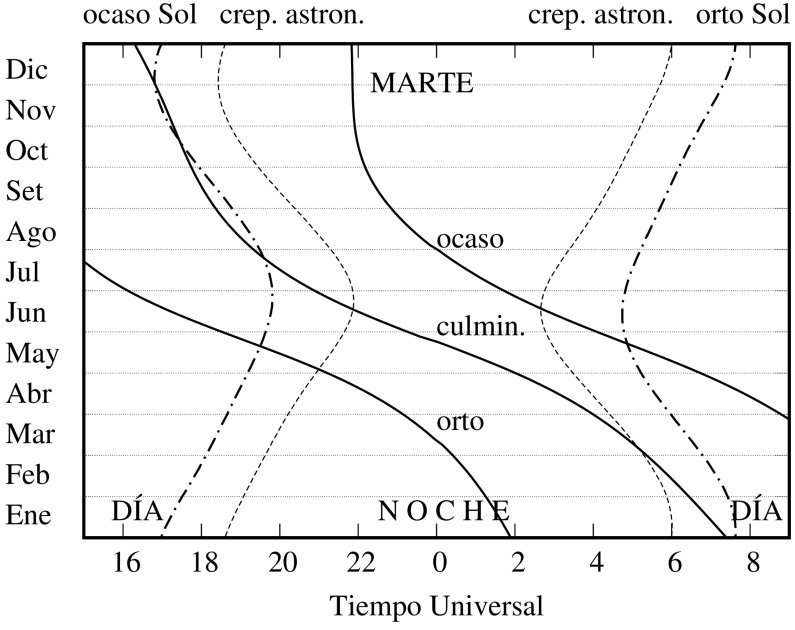
		en Madrid (TU)			a 0^h de TU		
Mes	día	Orto	Culm.	Ocaso	Asc. recta	Declinación	Distancia
		h m	*h m*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	ua
Ene.	1	1 53	7 22	12 51	13 48 18	− 9 33 32	1,6839
	11	1 41	7 4	12 26	14 9 13	−11 27 11	1,5852
	21	1 28	6 45	12 1	14 29 46	−13 11 40	1,4843
	31	1 15	6 25	11 36	14 49 48	−14 46 15	1,3823
Feb.	10	1 0	6 5	11 11	15 9 8	−16 10 20	1,2798
	20	0 43	5 44	10 45	15 27 26	−17 23 36	1,1779
Mar.	1	0 25	5 22	10 18	15 44 25	−18 26 14	1,0776
	11	0 4	4 57	9 51	15 59 34	−19 18 43	0,9800
	21	23 38	4 31	9 21	16 12 19	−20 1 49	0,8864
	31	23 10	4 1	8 49	16 22 0	−20 36 48	0,7984
Abr.	10	22 38	3 27	8 13	16 27 47	−21 4 40	0,7176
	20	22 1	2 49	7 33	16 28 49	−21 26 2	0,6462
	30	21 18	2 5	6 49	16 24 35	−21 40 31	0,5868
May.	10	20 29	1 17	6 0	16 15 2	−21 46 18	0,5418
	20	19 35	0 24	5 7	16 1 27	−21 41 43	0,5137
	30	18 40	23 24	4 14	15 46 21	−21 28 6	0,5033
Jun.	9	17 46	22 32	3 22	15 32 49	−21 11 11	0,5101
	19	16 57	21 44	2 34	15 23 34	−21 0 8	0,5319
	29	16 15	21 1	1 51	15 19 53	−21 2 2	0,5652
Jul.	9	15 39	20 24	1 13	15 21 58	−21 19 32	0,6072
	19	15 10	19 53	0 39	15 29 25	−21 51 38	0,6549
	29	14 46	19 26	0 8	15 41 29	−22 34 20	0,7064
Ago.	8	14 26	19 3	23 39	15 57 32	−23 22 41	0,7603
	18	14 10	18 43	23 16	16 16 58	−24 11 33	0,8156
	28	13 56	18 26	22 56	16 39 15	−24 55 35	0,8719
Set.	7	13 44	18 12	22 39	17 3 58	−25 30 0	0,9288
	17	13 33	17 59	22 25	17 30 42	−25 50 32	0,9861
	27	13 22	17 48	22 14	17 59 1	−25 53 25	1,0438
Oct.	7	13 11	17 38	22 6	18 28 32	−25 35 51	1,1022
	17	12 59	17 29	22 0	18 58 51	−24 56 0	1,1611
	27	12 46	17 21	21 56	19 29 34	−23 53 1	1,2209
Nov.	6	12 31	17 12	21 53	20 0 23	−22 27 2	1,2816
	16	12 14	17 3	21 52	20 31 1	−20 39 14	1,3432
	26	11 57	16 54	21 52	21 1 15	−18 31 33	1,4060
Dic.	6	11 38	16 44	21 51	21 31 0	−16 6 23	1,4698
	16	11 18	16 34	21 51	22 0 10	−13 26 41	1,5347
	26	10 56	16 23	21 50	22 28 46	−10 35 31	1,6005

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 = 149 597 871 km

MARTE 2016

Fecha	τ *min*	D_{ecu} ″	V	BS	a.fase °	fase	def.ilu. ″	L_P °	B_P °	P_{PN} °
Ene 1	14,00	5,56	1,3	4,6	34,2	0,913	0,48	61,8	20,3	36,9
Ene 21	12,34	6,31	1,0	4,6	36,1	0,904	0,61	229,2	16,9	38,2
Feb 10	10,64	7,32	0,7	4,6	37,1	0,899	0,74	37,8	13,3	38,2
Mar 1	8,96	8,69	0,3	4,6	36,7	0,901	0,86	207,8	9,9	37,2
Mar 21	7,37	10,57	–0,2	4,5	34,1	0,914	0,91	19,8	7,2	35,9
Abr 10	5,97	13,05	–0,8	4,4	28,2	0,941	0,78	194,3	6,0	34,9
Abr 30	4,88	15,96	–1,4	4,3	17,7	0,976	0,38	12,7	6,9	35,2
May 20	4,27	18,24	–2,0	4,0	2,2	1,000	0,01	195,1	10,1	36,7
Jun 9	4,24	18,36	–1,9	4,2	15,1	0,983	0,32	18,7	13,8	38,1
Jun 29	4,70	16,57	–1,5	4,3	29,0	0,937	1,04	198,9	15,5	38,6
Jul 19	5,45	14,30	–1,0	4,4	38,0	0,894	1,52	14,3	14,8	38,4
Ago 8	6,32	12,32	–0,7	4,4	43,0	0,865	1,66	185,7	12,0	37,1
Ago 28	7,25	10,74	–0,3	4,4	45,4	0,851	1,60	354,5	7,6	34,3
Set 17	8,20	9,50	–0,1	4,3	46,1	0,847	1,46	161,8	2,2	29,6
Oct 7	9,17	8,50	0,1	4,3	45,7	0,850	1,28	327,8	– 3,9	23,2
Oct 27	10,15	7,67	0,3	4,3	44,4	0,857	1,09	132,8	– 10,2	15,2
Nov 16	11,17	6,97	0,5	4,3	42,5	0,869	0,92	296,7	– 16,1	6,3
Dic 6	12,22	6,37	0,7	4,3	40,2	0,882	0,75	99,4	– 21,0	356,8
Dic 26	13,31	5,85	0,8	4,3	37,5	0,897	0,60	261,1	– 24,6	347,3



JUPITER 2016

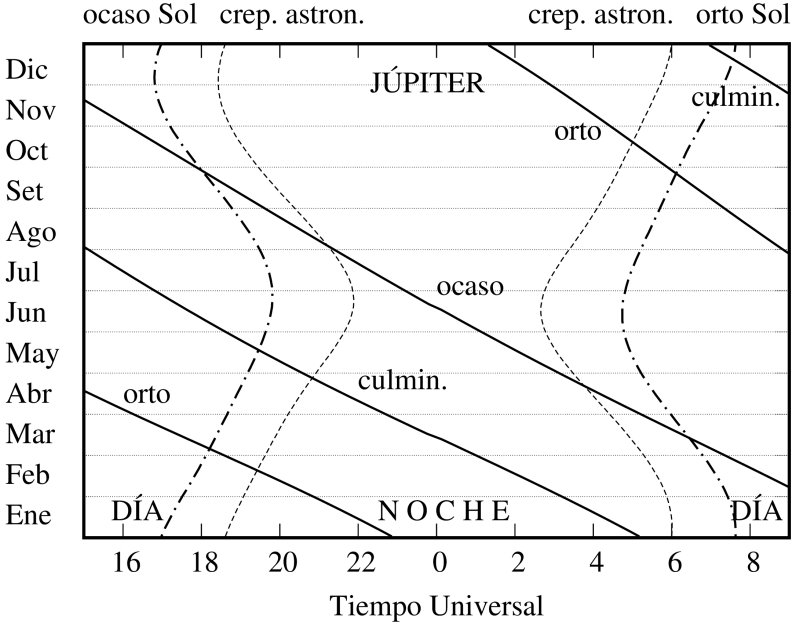
		en Madrid (TU)			a 0^h de TU		
Mes	día	Orto	Culm.	Ocaso	Asc. recta	Declinación	Distancia
		h m	*h m*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	ua
Ene.	1	22 51	5 10	11 26	11 36 49	+ 3 51 20	5,0488
	11	22 12	4 31	10 47	11 37 9	+ 3 52 14	4,9007
	21	21 31	3 51	10 7	11 36 18	+ 4 0 43	4,7655
	31	20 49	3 10	9 26	11 34 18	+ 4 16 24	4,6481
Feb.	10	20 5	2 27	8 45	11 31 15	+ 4 38 27	4,5530
	20	19 21	1 44	8 4	11 27 21	+ 5 5 28	4,4843
Mar.	1	18 35	1 1	7 22	11 22 51	+ 5 35 37	4,4448
	11	17 49	0 16	6 39	11 18 4	+ 6 6 47	4,4361
	21	17 3	23 28	5 57	11 13 21	+ 6 36 41	4,4587
	31	16 18	22 44	5 15	11 9 1	+ 7 3 18	4,5110
Abr.	10	15 34	22 2	4 33	11 5 22	+ 7 24 56	4,5906
	20	14 51	21 20	3 52	11 2 38	+ 7 40 21	4,6941
	30	14 10	20 39	3 12	11 0 57	+ 7 48 53	4,8172
May.	10	13 30	19 59	2 32	11 0 22	+ 7 50 16	4,9555
	20	12 52	19 20	1 53	11 0 56	+ 7 44 34	5,1044
	30	12 15	18 43	1 14	11 2 36	+ 7 32 6	5,2594
Jun.	9	11 39	18 6	0 37	11 5 16	+ 7 13 19	5,4165
	19	11 5	17 30	23 56	11 8 53	+ 6 48 45	5,5719
	29	10 32	16 56	23 19	11 13 19	+ 6 19 0	5,7221
Jul.	9	10 0	16 21	22 43	11 18 30	+ 5 44 37	5,8643
	19	9 29	15 48	22 7	11 24 18	+ 5 6 11	5,9955
	29	8 58	15 15	21 32	11 30 39	+ 4 24 17	6,1137
Ago.	8	8 28	14 42	20 57	11 37 28	+ 3 39 27	6,2167
	18	7 59	14 10	20 22	11 44 38	+ 2 52 14	6,3027
	28	7 29	13 38	19 47	11 52 7	+ 2 3 10	6,3705
Set.	7	7 1	13 7	19 13	11 59 48	+ 1 12 47	6,4187
	17	6 32	12 35	18 39	12 7 39	+ 0 21 37	6,4466
	27	6 3	12 4	18 4	12 15 34	− 0 29 46	6,4536
Oct.	7	5 35	11 32	17 30	12 23 31	− 1 20 52	6,4393
	17	5 6	11 1	16 56	12 31 23	− 2 11 6	6,4038
	27	4 37	10 29	16 21	12 39 7	− 2 59 54	6,3475
Nov.	6	4 8	9 57	15 47	12 46 37	− 3 46 41	6,2710
	16	3 39	9 25	15 12	12 53 49	− 4 30 52	6,1756
	26	3 8	8 53	14 37	13 0 37	− 5 11 51	6,0628
Dic.	6	2 37	8 20	14 2	13 6 55	− 5 49 2	5,9343
	16	2 6	7 46	13 26	13 12 35	− 6 21 47	5,7929
	26	1 33	7 12	12 50	13 17 31	− 6 49 34	5,6413

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 = 149 597 871 km

JUPITER 2016

Fecha	τ *min*	D_{ecu} ″	V	BS	a.fase °	def.ilu. ″	L_P °	B_P °	P_{PN} °
Ene 1	41,99	39,05	–2,0	5,6	10,0	0,30	86,3	– 2,1	25,5
Ene 21	39,63	41,37	–2,1	5,6	8,3	0,22	218,7	– 2,2	25,5
Feb 10	37,87	43,30	–2,3	5,6	5,4	0,09	351,9	– 2,2	25,4
Mar 1	36,97	44,35	–2,3	5,6	1,6	0,01	125,5	– 2,2	25,3
Mar 21	37,08	44,22	–2,3	5,6	2,6	0,02	258,7	– 2,1	25,1
Abr 10	38,18	42,95	–2,2	5,6	6,2	0,13	30,9	– 1,9	25,0
Abr 30	40,06	40,93	–2,1	5,6	8,9	0,25	161,7	– 1,8	24,8
May 20	42,45	38,62	–2,0	5,6	10,4	0,32	290,9	– 1,8	24,8
Jun 9	45,05	36,40	–1,8	5,6	10,7	0,32	58,9	– 1,7	24,9
Jun 29	47,59	34,45	–1,7	5,6	10,1	0,26	185,9	– 1,8	25,1
Jul 19	49,86	32,88	–1,6	5,6	8,6	0,18	312,3	– 1,8	25,3
Ago 8	51,70	31,71	–1,6	5,6	6,5	0,10	78,3	– 2,0	25,5
Ago 28	52,98	30,95	–1,5	5,6	4,0	0,04	204,3	– 2,1	25,5
Set 17	53,61	30,58	–1,5	5,6	1,3	0,00	330,4	– 2,3	25,5
Oct 7	53,55	30,62	–1,5	5,6	1,5	0,01	96,8	– 2,4	25,3
Oct 27	52,79	31,06	–1,5	5,6	4,2	0,04	223,8	– 2,6	25,0
Nov 16	51,36	31,92	–1,6	5,6	6,7	0,11	351,4	– 2,8	24,6
Dic 6	49,35	33,22	–1,7	5,6	8,7	0,19	119,9	– 3,0	24,1
Dic 26	46,92	34,95	–1,8	5,6	10,0	0,26	249,3	– 3,2	23,7



SATURNO 2016

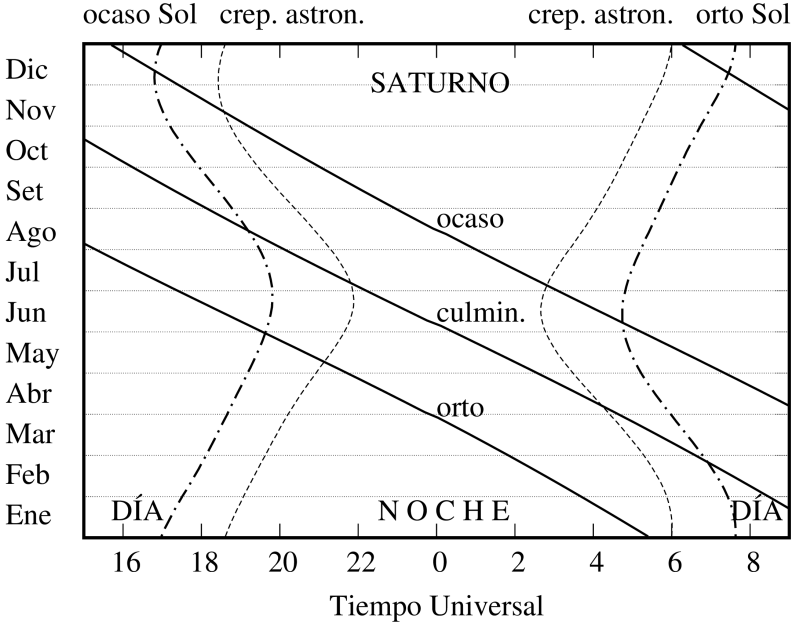
		en Madrid (TU)			a 0^h de TU		
Mes	día	Orto	Culm.	Ocaso	Asc. recta	Declinación	Distancia
		h m	*h m*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	ua
Ene.	1	5 24	10 12	15 1	16 39 17	−20 29 35	10,8605
	11	4 49	9 37	14 25	16 43 45	−20 37 43	10,7685
	21	4 15	9 2	13 49	16 47 53	−20 44 35	10,6556
	31	3 39	8 26	13 13	16 51 36	−20 50 11	10,5245
Feb.	10	3 4	7 50	12 37	16 54 50	−20 54 32	10,3784
	20	2 27	7 14	12 0	16 57 30	−20 57 38	10,2212
Mar.	1	1 50	6 36	11 23	16 59 33	−20 59 35	10,0570
	11	1 12	5 58	10 45	17 0 56	−21 0 25	9,8904
	21	0 33	5 20	10 6	17 1 37	−21 0 13	9,7260
	31	23 50	4 40	9 27	17 1 35	−20 59 2	9,5689
Abr.	10	23 10	4 0	8 47	17 0 51	−20 56 57	9,4235
	20	22 29	3 20	8 6	16 59 27	−20 54 4	9,2948
	30	21 47	2 38	7 25	16 57 29	−20 50 28	9,1867
May.	10	21 5	1 57	6 44	16 55 0	−20 46 17	9,1027
	20	20 23	1 14	6 2	16 52 9	−20 41 40	9,0458
	30	19 40	0 32	5 20	16 49 5	−20 36 50	9,0178
Jun.	9	18 57	23 45	4 38	16 45 57	−20 32 1	9,0196
	19	18 15	23 3	3 56	16 42 54	−20 27 29	9,0511
	29	17 32	22 21	3 14	16 40 5	−20 23 32	9,1110
Jul.	9	16 50	21 39	2 32	16 37 39	−20 20 25	9,1973
	19	16 9	20 58	1 51	16 35 43	−20 18 25	9,3070
	29	15 28	20 17	1 11	16 34 21	−20 17 41	9,4365
Ago.	8	14 48	19 37	0 31	16 33 38	−20 18 21	9,5818
	18	14 9	18 58	23 47	16 33 35	−20 20 28	9,7384
	28	13 31	18 19	23 8	16 34 12	−20 23 59	9,9019
Set.	7	12 53	17 41	22 30	16 35 30	−20 28 50	10,0678
	17	12 16	17 4	21 52	16 37 27	−20 34 50	10,2315
	27	11 40	16 27	21 15	16 40 0	−20 41 48	10,3889
Oct.	7	11 4	15 51	20 38	16 43 7	−20 49 29	10,5360
	17	10 29	15 15	20 2	16 46 43	−20 57 40	10,6690
	27	9 54	14 40	19 26	16 50 45	−21 6 5	10,7850
Nov.	6	9 20	14 5	18 51	16 55 8	−21 14 29	10,8809
	16	8 46	13 31	18 15	16 59 49	−21 22 40	10,9545
	26	8 12	12 56	17 40	17 4 42	−21 30 24	11,0042
Dic.	6	7 38	12 22	17 6	17 9 43	−21 37 33	11,0284
	16	7 4	11 48	16 31	17 14 47	−21 43 56	11,0266
	26	6 30	11 13	15 56	17 19 49	−21 49 30	10,9990

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 = 149 597 871 km

SATURNO 2016

Fecha	τ *min*	D_{ecu} ″	V	BS	a.fase °	def.ilu. ″	L_P °	B_P °	P_{PN} °
Ene 1	90,32	15,30	0,5	7,0	2,7	0,01	322,4	31,0	3,4
Ene 21	88,62	15,60	0,5	7,0	4,1	0,02	336,9	31,2	3,6
Feb 10	86,31	16,01	0,5	7,1	5,2	0,03	352,3	31,2	3,8
Mar 1	83,64	16,53	0,5	7,1	5,7	0,04	8,5	31,2	3,9
Mar 21	80,89	17,09	0,4	7,1	5,5	0,04	25,4	31,2	4,0
Abr 10	78,37	17,64	0,3	7,1	4,7	0,03	42,9	31,2	4,0
Abr 30	76,40	18,09	0,2	7,0	3,3	0,02	60,7	31,1	3,9
May 20	75,23	18,37	0,1	6,9	1,5	0,00	78,7	31,0	3,7
Jun 9	75,01	18,43	0,0	6,9	0,6	0,00	96,3	31,0	3,6
Jun 29	75,77	18,24	0,1	7,0	2,6	0,01	113,3	30,9	3,4
Jul 19	77,40	17,86	0,3	7,0	4,2	0,02	129,4	30,9	3,3
Ago 8	79,69	17,34	0,4	7,1	5,3	0,04	144,5	30,9	3,2
Ago 28	82,35	16,78	0,5	7,1	5,8	0,04	158,7	31,0	3,3
Set 17	85,09	16,24	0,5	7,1	5,6	0,04	172,2	31,2	3,3
Oct 7	87,62	15,77	0,5	7,1	4,8	0,03	185,2	31,3	3,5
Oct 27	89,70	15,41	0,5	7,0	3,6	0,02	197,9	31,5	3,7
Nov 16	91,11	15,17	0,5	7,0	2,1	0,01	210,6	31,7	4,0
Dic 6	91,72	15,07	0,4	6,9	0,4	0,00	223,5	31,8	4,2
Dic 26	91,48	15,11	0,5	6,9	1,4	0,00	236,9	31,8	4,5



URANO 2016

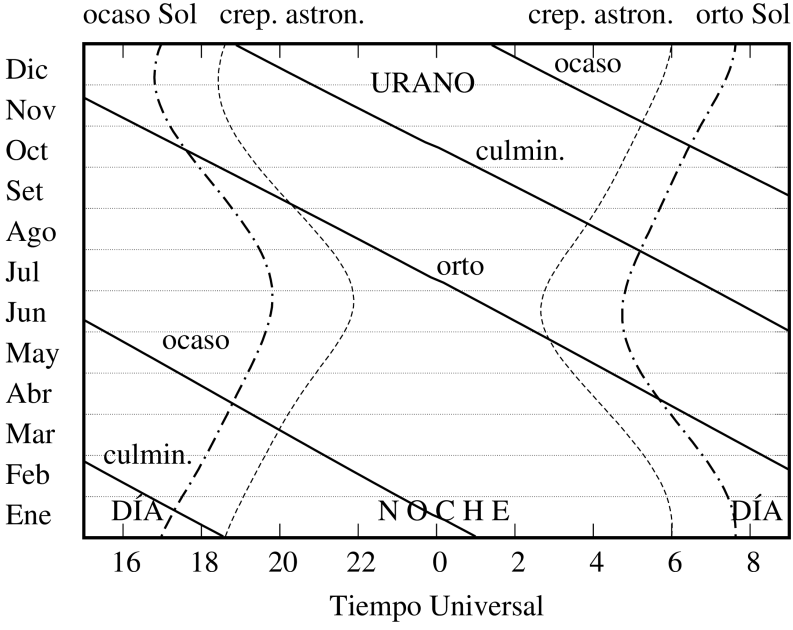
Mes	día	en Madrid (TU) Orto *h m*	Culm. *h m*	Ocaso *h m*	a 0^h de TU Asc. recta *h m s*	Declinación ° ′ ″	Distancia ua
Ene.	1	12 11	18 33	1 0	1 2 4	+ 5 55 38	19,8386
	11	11 32	17 54	0 21	1 2 24	+ 5 58 8	20,0105
	21	10 53	17 16	23 39	1 3 3	+ 6 2 35	20,1806
	31	10 14	16 37	23 1	1 4 0	+ 6 8 51	20,3437
Feb.	10	9 36	15 59	22 23	1 5 14	+ 6 16 48	20,4953
	20	8 57	15 22	21 46	1 6 43	+ 6 26 12	20,6310
Mar.	1	8 19	14 44	21 9	1 8 24	+ 6 36 49	20,7472
	11	7 41	14 6	20 32	1 10 16	+ 6 48 26	20,8410
	21	7 3	13 29	19 55	1 12 15	+ 7 0 46	20,9099
	31	6 25	12 52	19 19	1 14 20	+ 7 13 32	20,9525
Abr.	10	5 47	12 15	18 42	1 16 28	+ 7 26 29	20,9679
	20	5 9	11 37	18 6	1 18 36	+ 7 39 21	20,9558
	30	4 31	11 0	17 29	1 20 42	+ 7 51 53	20,9169
May.	10	3 53	10 23	16 53	1 22 42	+ 8 3 50	20,8522
	20	3 15	9 45	16 16	1 24 36	+ 8 14 57	20,7635
	30	2 37	9 8	15 39	1 26 20	+ 8 25 4	20,6531
Jun.	9	1 59	8 30	15 2	1 27 52	+ 8 33 58	20,5238
	19	1 20	7 52	14 24	1 29 11	+ 8 41 28	20,3790
	29	0 42	7 14	13 46	1 30 15	+ 8 47 26	20,2224
Jul.	9	0 3	6 35	13 8	1 31 2	+ 8 51 46	20,0578
	19	23 20	5 56	12 29	1 31 31	+ 8 54 21	19,8899
	29	22 41	5 17	11 50	1 31 42	+ 8 55 10	19,7232
Ago.	8	22 1	4 38	11 10	1 31 35	+ 8 54 11	19,5622
	18	21 22	3 58	10 31	1 31 10	+ 8 51 29	19,4117
	28	20 42	3 18	9 50	1 30 28	+ 8 47 9	19,2761
Set.	7	20 2	2 38	9 10	1 29 30	+ 8 41 20	19,1597
	17	19 22	1 57	8 29	1 28 19	+ 8 34 16	19,0664
	27	18 42	1 17	7 48	1 26 58	+ 8 26 13	18,9991
Oct.	7	18 1	0 36	7 6	1 25 30	+ 8 17 31	18,9604
	17	17 21	23 51	6 25	1 23 58	+ 8 8 32	18,9519
	27	16 41	23 10	5 44	1 22 28	+ 7 59 38	18,9737
Nov.	6	16 1	22 29	5 2	1 21 1	+ 7 51 13	19,0258
	16	15 20	21 49	4 21	1 19 43	+ 7 43 40	19,1063
	26	14 40	21 8	3 41	1 18 37	+ 7 37 19	19,2126
Dic.	6	14 0	20 28	3 0	1 17 45	+ 7 32 27	19,3414
	16	13 21	19 48	2 20	1 17 10	+ 7 29 17	19,4885
	26	12 41	19 9	1 40	1 16 53	+ 7 27 60	19,6489

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 = 149 597 871 km

URANO 2016

Fecha	τ *min*	D_{ecu} ″	V	a.fase °	L_P °	B_P °	P_{PN} °
Ene 1	164,99	3,55	5,8	2,8	206,6	29,6	255,9
Ene 21	167,84	3,49	5,8	2,7	148,9	29,9	256,0
Feb 10	170,45	3,44	5,9	2,4	91,3	30,5	256,1
Mar 1	172,55	3,40	5,9	1,7	33,9	31,4	256,2
Mar 21	173,90	3,37	5,9	0,9	336,8	32,4	256,4
Abr 10	174,38	3,36	5,9	0,0	280,1	33,6	256,7
Abr 30	173,96	3,37	5,9	0,9	223,6	34,7	256,9
May 20	172,68	3,39	5,9	1,7	167,5	35,7	257,2
Jun 9	170,69	3,43	5,9	2,4	111,5	36,6	257,4
Jun 29	168,18	3,49	5,8	2,8	55,7	37,2	257,6
Jul 19	165,42	3,54	5,8	2,9	359,9	37,6	257,6
Ago 8	162,69	3,60	5,8	2,7	304,1	37,6	257,6
Ago 28	160,31	3,66	5,7	2,2	248,0	37,3	257,6
Set 17	158,57	3,70	5,7	1,4	191,7	36,7	257,4
Oct 7	157,69	3,72	5,7	0,4	135,1	36,0	257,2
Oct 27	157,80	3,71	5,7	0,6	78,1	35,1	257,0
Nov 16	158,90	3,69	5,7	1,5	20,8	34,4	256,9
Dic 6	160,86	3,64	5,7	2,3	323,2	33,9	256,8
Dic 26	163,42	3,59	5,8	2,7	265,5	33,7	256,7



NEPTUNO 2016

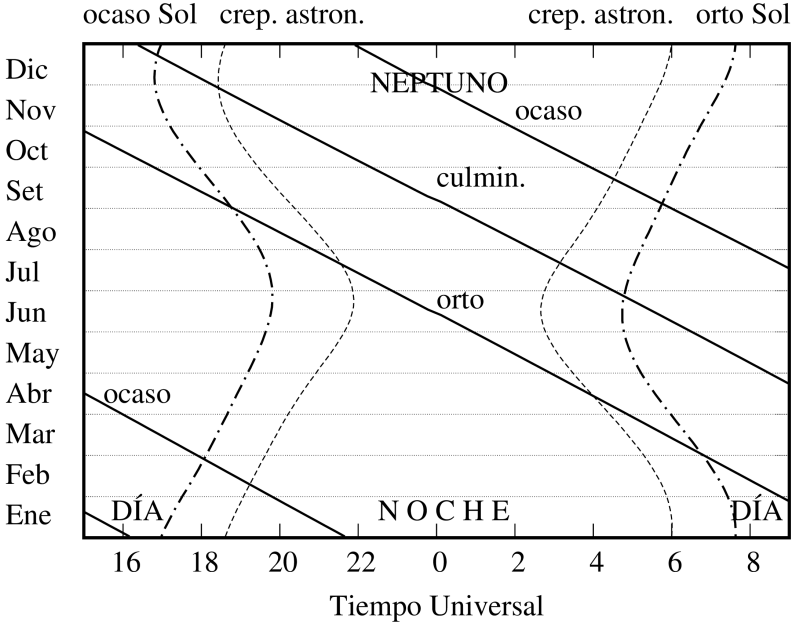
Mes	día	en Madrid (TU) Orto *h m*	Culm. *h m*	Ocaso *h m*	a 0^h de TU Asc. recta *h m s*	Declinación ° ′ ″	Distancia ua
Ene.	1	10 40	16 10	21 39	22 38 8	− 9 28 26	30,4755
	11	10 2	15 32	21 1	22 39 6	− 9 22 34	30,6133
	21	9 23	14 53	20 24	22 40 13	− 9 15 49	30,7312
	31	8 45	14 15	19 46	22 41 27	− 9 8 22	30,8258
Feb.	10	8 6	13 37	19 9	22 42 47	− 9 0 22	30,8948
	20	7 28	12 59	18 31	22 44 10	− 8 52 1	30,9360
Mar.	1	6 49	12 21	17 54	22 45 36	− 8 43 32	30,9487
	11	6 11	11 44	17 16	22 47 1	− 8 35 6	30,9327
	21	5 33	11 6	16 39	22 48 24	− 8 26 53	30,8885
	31	4 54	10 28	16 1	22 49 43	− 8 19 7	30,8178
Abr.	10	4 16	9 50	15 24	22 50 56	− 8 11 57	30,7224
	20	3 37	9 11	14 46	22 52 2	− 8 5 33	30,6052
	30	2 58	8 33	14 8	22 52 59	− 8 0 3	30,4696
May.	10	2 19	7 54	13 29	22 53 47	− 7 55 35	30,3192
	20	1 41	7 16	12 51	22 54 23	− 7 52 16	30,1583
	30	1 2	6 37	12 12	22 54 48	− 7 50 8	29,9914
Jun.	9	0 22	5 58	11 33	22 55 0	− 7 49 15	29,8229
	19	23 39	5 18	10 54	22 55 1	− 7 49 37	29,6577
	29	23 0	4 39	10 14	22 54 49	− 7 51 11	29,5005
Jul.	9	22 20	3 59	9 34	22 54 27	− 7 53 54	29,3556
	19	21 41	3 19	8 54	22 53 53	− 7 57 40	29,2274
	29	21 1	2 39	8 14	22 53 10	− 8 2 21	29,1197
Ago.	8	20 21	1 59	7 33	22 52 20	− 8 7 45	29,0357
	18	19 41	1 19	6 53	22 51 24	− 8 13 42	28,9782
	28	19 1	0 38	6 12	22 50 24	− 8 19 58	28,9490
Set.	7	18 21	23 54	5 31	22 49 22	− 8 26 18	28,9492
	17	17 41	23 14	4 51	22 48 22	− 8 32 29	28,9790
	27	17 1	22 34	4 10	22 47 24	− 8 38 16	29,0376
Oct.	7	16 21	21 53	3 29	22 46 32	− 8 43 27	29,1236
	17	15 42	21 13	2 49	22 45 48	− 8 47 48	29,2343
	27	15 2	20 33	2 9	22 45 13	− 8 51 9	29,3664
Nov.	6	14 22	19 54	1 29	22 44 49	− 8 53 22	29,5160
	16	13 43	19 14	0 50	22 44 38	− 8 54 22	29,6784
	26	13 3	18 35	0 10	22 44 38	− 8 54 4	29,8487
Dic.	6	12 24	17 56	23 27	22 44 52	− 8 52 28	30,0217
	16	11 45	17 17	22 49	22 45 19	− 8 49 36	30,1920
	26	11 6	16 38	22 10	22 45 57	− 8 45 31	30,3546

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 = 149 597 871 km

NEPTUNO 2016

Fecha	τ *min*	D_{ecu} ″	V	a.fase °	L_P °	B_P °	P_{PN} °
Ene 1	253,46	2,24	7,9	1,6	168,6	– 26,9	328,4
Ene 21	255,58	2,22	8,0	1,2	93,5	– 26,8	328,1
Feb 10	256,94	2,21	8,0	0,6	18,5	– 26,7	327,7
Mar 1	257,39	2,21	8,0	0,1	303,7	– 26,6	327,2
Mar 21	256,89	2,21	8,0	0,7	229,4	– 26,4	326,7
Abr 10	255,51	2,22	8,0	1,2	155,4	– 26,3	326,3
Abr 30	253,41	2,24	7,9	1,6	81,9	– 26,2	326,0
May 20	250,82	2,26	7,9	1,9	8,7	– 26,1	325,8
Jun 9	248,03	2,29	7,9	1,9	295,8	– 26,0	325,7
Jun 29	245,35	2,31	7,9	1,8	223,1	– 26,0	325,7
Jul 19	243,08	2,34	7,8	1,4	150,5	– 26,1	325,9
Ago 8	241,48	2,35	7,8	0,8	77,8	– 26,2	326,1
Ago 28	240,76	2,36	7,8	0,2	4,9	– 26,3	326,4
Set 17	241,01	2,36	7,8	0,5	291,7	– 26,4	326,8
Oct 7	242,21	2,34	7,8	1,1	218,0	– 26,5	327,1
Oct 27	244,23	2,33	7,9	1,6	143,9	– 26,5	327,3
Nov 16	246,83	2,30	7,9	1,8	69,4	– 26,6	327,4
Dic 6	249,68	2,27	7,9	1,9	354,5	– 26,6	327,3
Dic 26	252,45	2,25	7,9	1,7	279,4	– 26,5	327,2



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 :

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

Velocidad de traslación:

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

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:

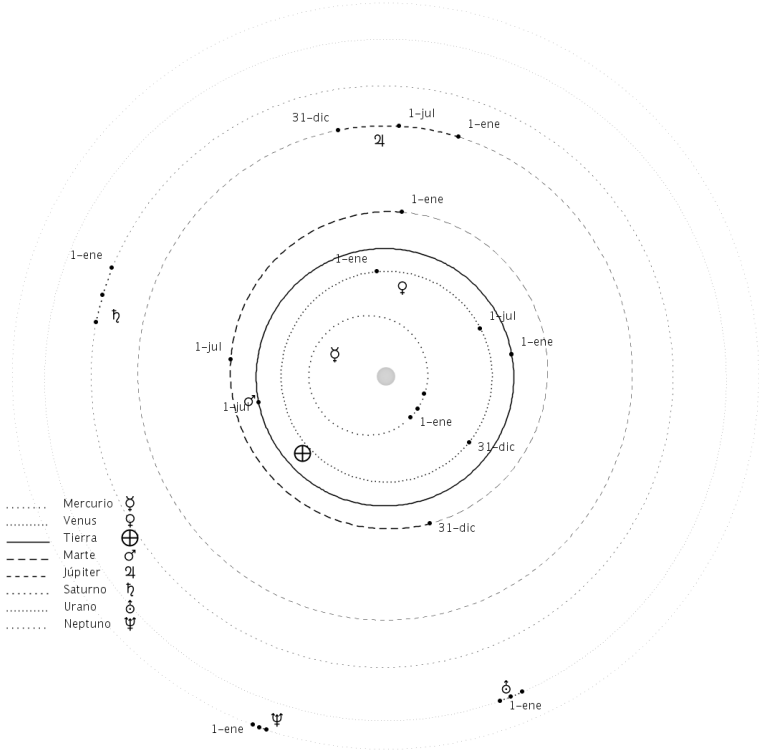
Planeta	Longitud media L	Longitud del perihelio ϖ
Mercurio	$43{,}^\circ78 + 4{,}^\circ09236\, d$	$77{,}^\circ481$
Venus	$183{,}^\circ23 + 1{,}^\circ60213\, d$	$131{,}^\circ552$
Tierra+Luna	$99{,}^\circ38 + 0{,}^\circ98561\, d$	$102{,}^\circ934$
Marte	$177{,}^\circ37 + 0{,}^\circ52403\, d$	$336{,}^\circ138$
Júpiter	$159{,}^\circ88 + 0{,}^\circ08313\, d$	$14{,}^\circ278$
Saturno	$245{,}^\circ41 + 0{,}^\circ03341\, d$	$94{,}^\circ041$
Urano	$21{,}^\circ88 + 0{,}^\circ01148\, d$	$171{,}^\circ629 + 0{,}^\circ00344\, d$
Neptuno	$339{,}^\circ77 + 0{,}^\circ00568\, d$	$67{,}^\circ311 - 0{,}^\circ04088\, d$

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)

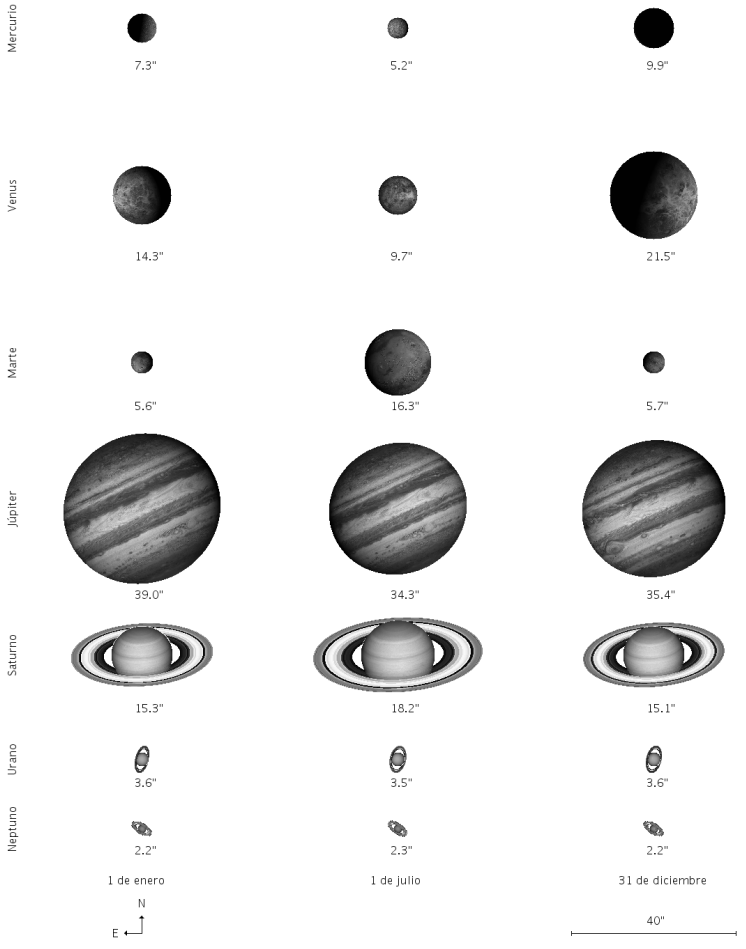
Posición heliocéntrica de los planetas

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

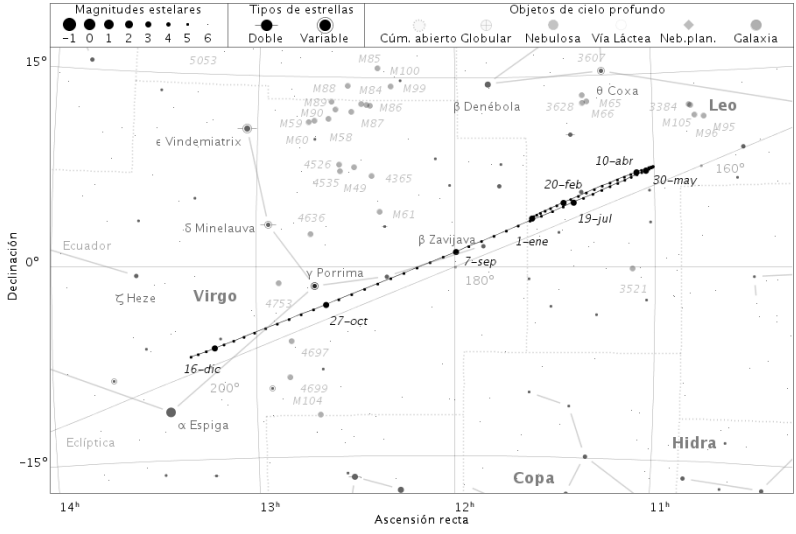
Aspecto aparente de los planetas los días 1 de enero, 1 de julio y 31 de diciembre, a las cero horas de Tiempo Universal. Las figuras están dibujadas a escala y orientadas con el Norte hacia arriba y el Este a la izquierda. Los valores que aparecen debajo de cada figura corresponden a los diámetros ecuatoriales de los planetas expresados en segundos de arco.



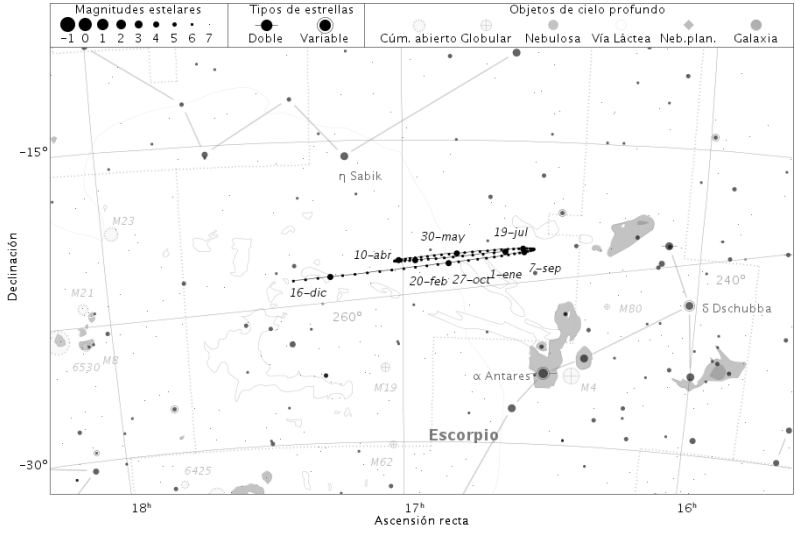
Trayectorias de los planetas a lo largo del año

Para Júpiter y Saturno los puntos en las trayectorias tienen una separación de 5 días y las fechas se muestran cada 50 días.

Júpiter

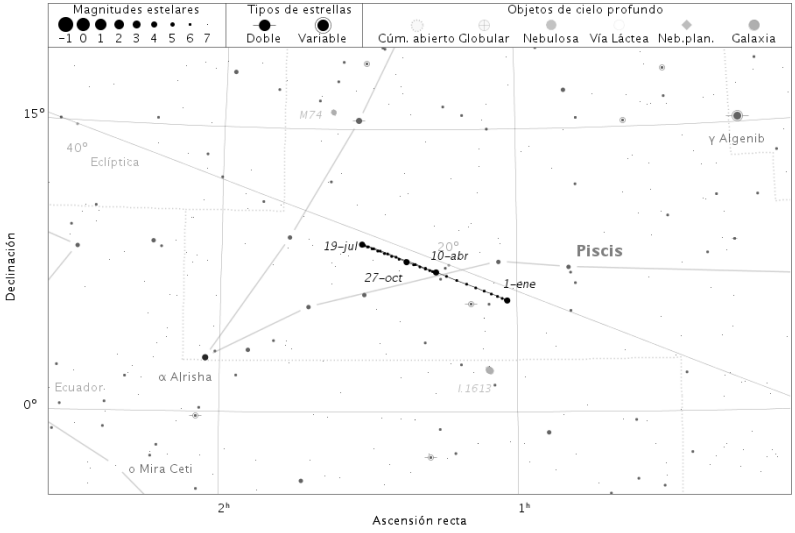


Saturno

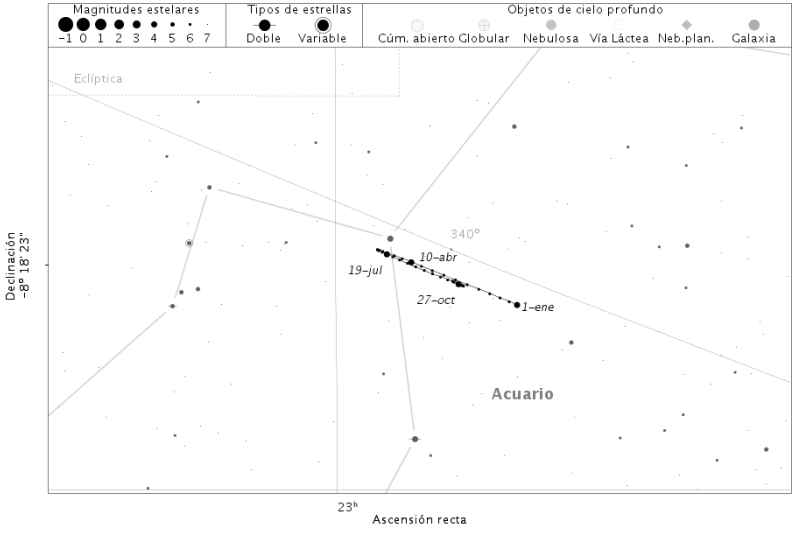


En el caso de Urano y Neptuno la separación en los puntos de la trayectoria es de 10 días con fechas cada 100 días.

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 173 satélites naturales orbitando alrededor de los planetas principales del sistema solar.

Planeta	Número de satélites
Mercurio	0
Venus	0
Tierra	1
Marte	2
Júpiter	67
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″
	S/2003 J2	28347	396,51	0,4100	157,291	2° 34′ 52″
	S/2003 J3	20221	282,84	0,1969	147,547	1° 50′ 31″
	S/2003 J4	23929	334,71	0,3624	149,589	2° 10′ 45″
	S/2003 J5	23495	328,64	0,2476	165,248	2° 08′ 23″
	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 J15	22627	316,50	0,1899	146,492	2° 03′ 39″
	S/2003 J16	21097	295,10	0,2281	148,683	1° 55′ 18″
	S/2003 J18	20508	286,86	0,0895	146,077	1° 52′ 05″
	S/2003 J19	23533	329,17	0,2552	165,116	2° 08′ 36″
	S/2003 J23	23567	329,65	0,2746	146,424	2° 08′ 47″
	S/2011 J1	23446	327,95	0,2534	165.318	2° 08′ 07″
	S/2011 J2	23124	323,45	0,3493	153.597	2° 06′ 22″
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″
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	$\sim$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″

Elementos orbitales

planeta	satélite	semieje mayor (10^3 km)	semieje mayor (en R_P)	excentricidad	inclinación (°)	máxima elongac.
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″
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″

Elementos orbitales

planeta	satélite	semieje mayor (10^3 km)	semieje mayor (en R_P)	excentricidad	inclinación (°)	máxima elongac.
	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	Tríinculo	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″
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	$\sim$0	$\sim$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
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

Periodos y descubrimiento

planeta	satélite	periodo orbital (d)	periodo de rotación (d)	descubrimiento
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
	S/2003 J2	R 981		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J3	R 584		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J4	R 755		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J5	R 739		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J9	R 733		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J10	R 716		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J12	R 490		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J15	R 690		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J16	R 623		2003 B.Gladman
	S/2003 J18	R 598		2003 B.Gladman
	S/2003 J19	R 740		2003 B.Gladman
	S/2003 J23	R 732		2003 S.S.Sheppard
	S/2011 J1	R 736		2011 S.S.Sheppard
	S/2011 J2	R 718		2011 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

Periodos y descubrimiento

planeta	satélite	periodo orbital (d)	periodo de rotación (d)	descubrimiento
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
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

Periodos y descubrimiento

planeta	satélite	periodo orbital (d)	periodo de rotación (d)	descubrimiento
	S/2007 S3	R 977,78		2007 D.Jewitt et al
	S/2009 S1			2008 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
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	Tríinculo	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
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	0,04
IX	Sinope	∼38	0,001	2,6	18,2 R	0,04
X	Lisitea	∼36	0,001	2,6	18,1 R	0,04
XI	Carme	∼46	0,001	2,6	18,1 R	0,04
XII	Ananké	∼28	3 10^{-4}	2,6	19,1 R	0,04
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		2,6	21,7 R	0,04
XX	Táigete	5		2,6	21,9 R	0,04
XXI	Caldona	4		2,6	22,5 R	0,04
XXII	Harpálice	4		2,6	22,2 R	0,04
XXIII	Cálice	5		2,6	21,8 R	0,04
XXIV	Yocasta	5		2,6	21,8 R	0,04
XXV	Erínome	3		2,6	22,8 R	0,04
XXVI	Isonoe	4		2,6	22,5 R	0,04
XXVII	Praxídice	7		2,6	21,2 R	0,04
XXVIII	Autónoe	4		2,6	22,0 R	0,04
XXIX	Tione	4		2,6	22,3 R	0,04
XXX	Hermipé	4		2,6	22,1 R	0,04
XXXI	Aitné	3		2,6	22,7 R	0,04
XXXII	Eurídome	3		2,6	22,7 R	0,04
XXXIII	Euante	3		2,6	22,8 R	0,04
XXXIV	Euporia	2		2,6	23,1 R	0,04
XXXV	Ortosia	2		2,6	23,1 R	0,04
XXXVI	Sponde	2		2,6	23,0 R	0,04
XXXVII	Cale	2		2,6	23,0 R	0,04
XXXVIII	Pasítea	2		2,6	23,2 R	0,04
XXXIX	Hegémone	3		2,6	22,8 R	0,04

Datos físicos y fotométricos

planeta	satélite	diámetro (km)	masa (10^{20} kg)	densidad (g cm^{-3})	magn. oposic.	albedo geom.
XL	Mneme	2		2,6	23,3 R	0,04
XLI	Aoede	4		2,6	22,5 R	0,04
XLII	Telxínoe	2		2,6	23,5 R	0,04
XLIII	Arque	3		2,6	22,8 R	0,04
XLIV	Calicore	2		2,6	23,7 R	0,04
XLV	Hélice	4		2,6	22,6 R	0,04
XLVI	Carpo	3		2,6	23,0 R	0,04
XLVII	Eucelade	4		2,6	22,6 R	0,04
XLVIII	Cilene	2		2,6	23,2 R	0,04
XLIX	Core	2		2,6	23,6 R	0,04
L	Herse	2		2,6	23,4 R	0,04
LI	S/2010 J1	2		2,6	23,2 R	0,04
LII	S/2010 J2	2		2,6	24,0 R	0,04
LIII	Día	2		2,6	22,4	0,04
	S/2003 J2	2		2,6	23,2 R	0,04
	S/2003 J3	2		2,6	23,4 R	0,04
	S/2003 J4	2		2,6	23,0 R	0,04
	S/2003 J5	4		2,6	22,4 R	0,04
	S/2003 J9	1		2,6	23,7 R	0,04
	S/2003 J10	2		2,6	23,6 R	0,04
	S/2003 J12	1		2,6	23,9 R	0,04
	S/2003 J15	2		2,6	23,5 R	0,04
	S/2003 J16	2		2,6	23,3 R	0,04
	S/2003 J18	2		2,6	23,4 R	0,04
	S/2003 J19	2		2,6	23,7 R	0,04
	S/2003 J23	2		2,6	23,6 R	0,04
	S/2011 J1	2		2,6	23,7 R	0,04
	S/2011 J2	2		2,6	23,5 R	0,04
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
XIV	Calipso	21	$2\ 10^{-5}$	0,5	18,7	1,34
XV	Atlas	30	$7\ 10^{-5}$	0,460	19,0	0,4

Datos físicos y fotométricos

planeta	satélite	diámetro (km)	masa (10^{20} kg)	densidad (g cm^{-3})	magn. oposic.	albedo geom.
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
	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

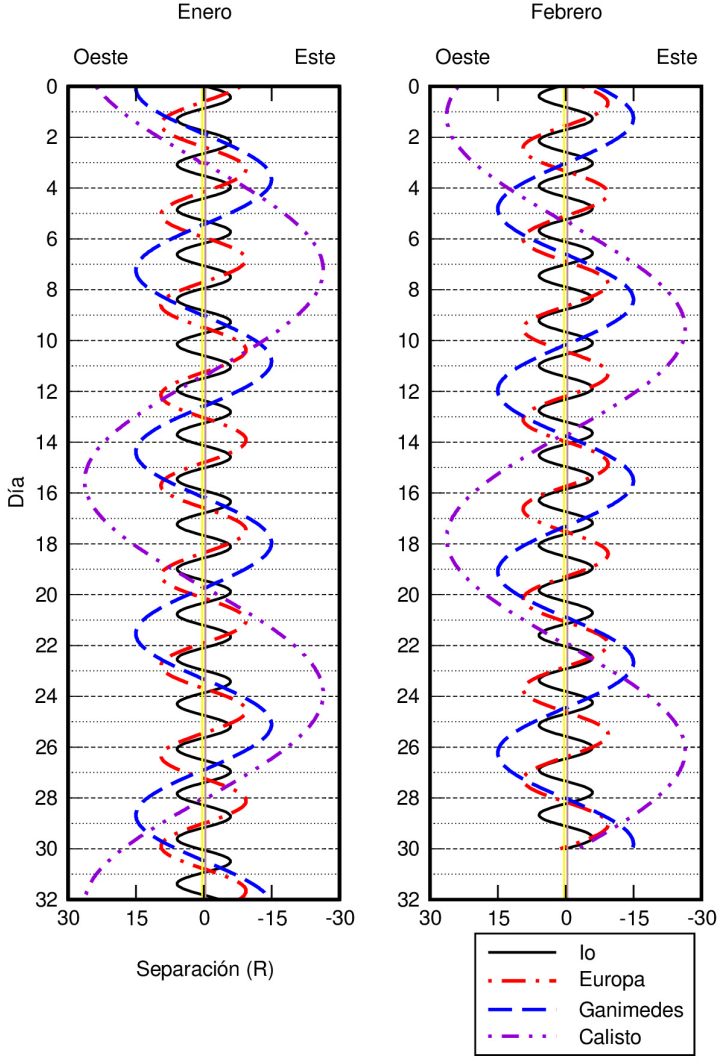
Datos físicos y fotométricos

planeta	satélite	diámetro (km)	masa (10^{20} kg)	densidad (g cm^{-3})	magn. oposic.	albedo geom.
	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
X	Psámate	40	10^{-4}	1,5	25,5 R	0,04
XI	Sao	44	0,001	1,5	25,5 R	0,04

Datos físicos y fotométricos

planeta	satélite	diámetro (km)	masa (10^{20} kg)	densidad (g cm^{-3})	magn. oposic.	albedo geom.
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	∼18	4 10^{-5}	1,3	26,5	0,10

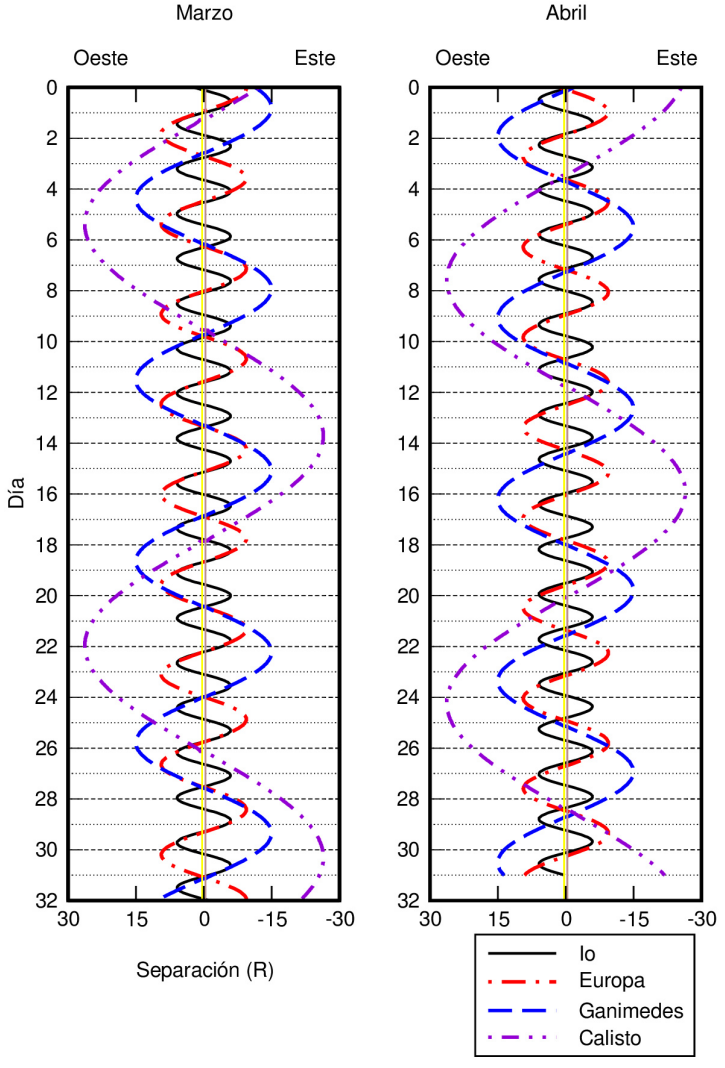
Posiciones relativas de los satélites galileanos de Júpiter

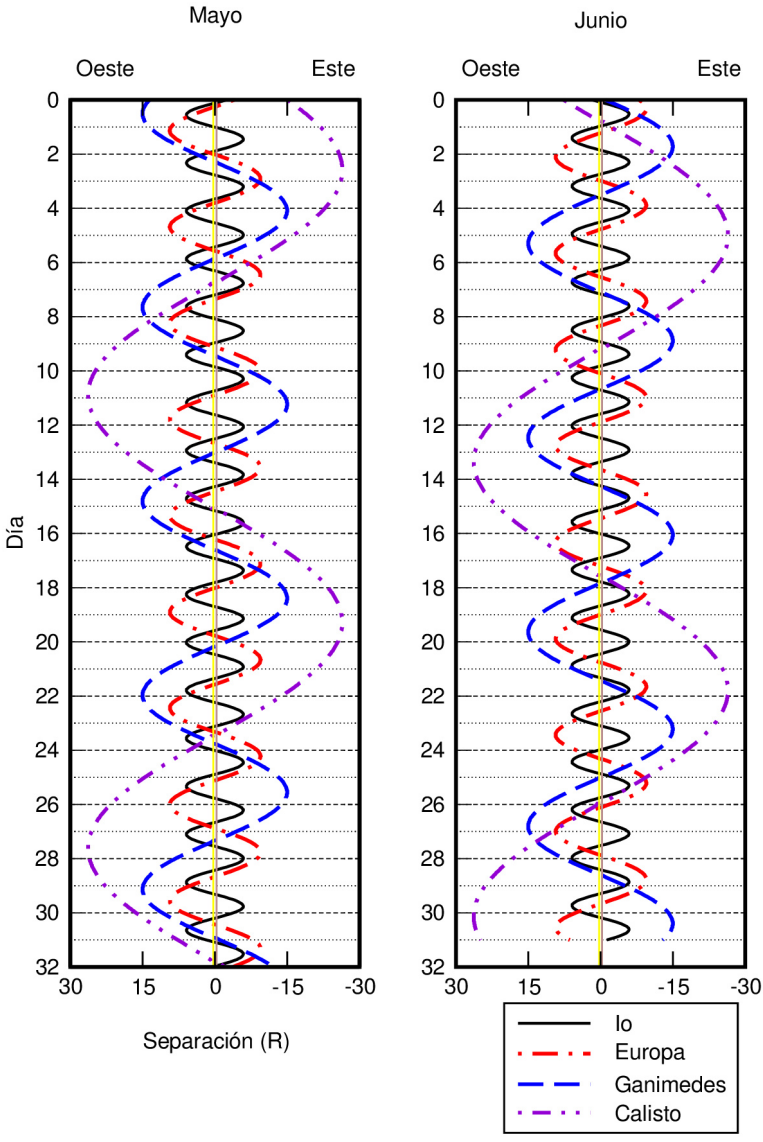


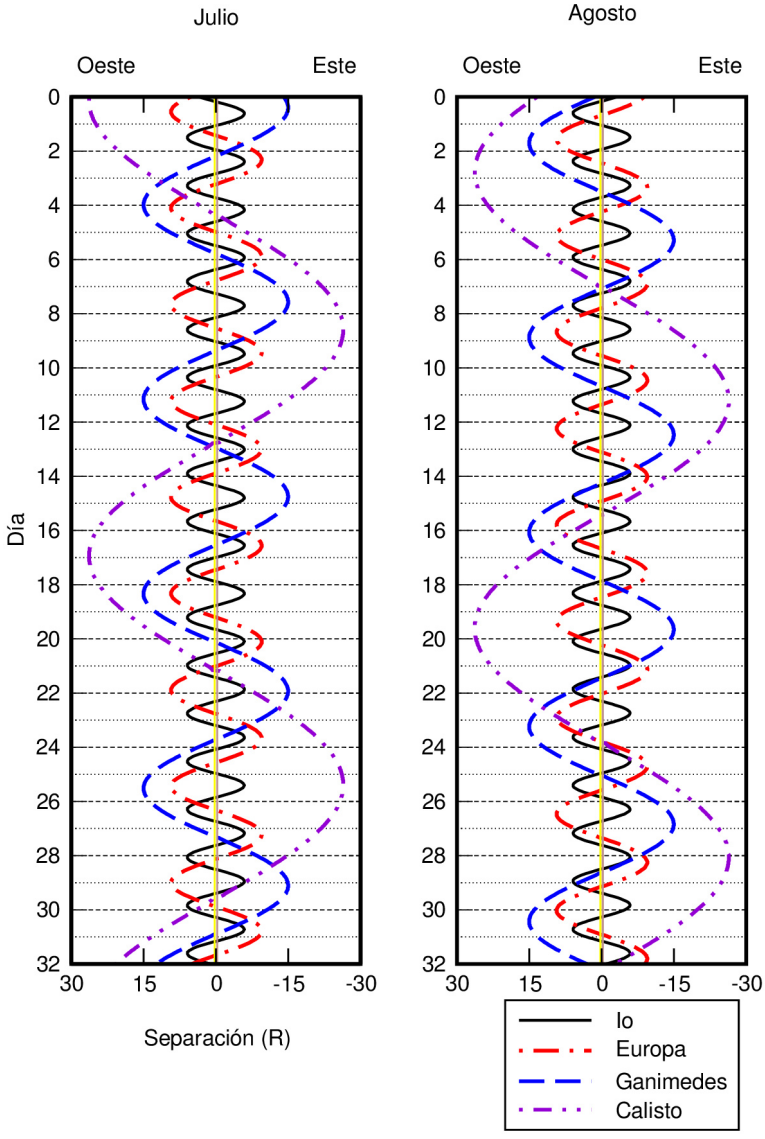
De mayor a menor amplitud, las posiciones dibujadas corresponden a Calisto, Ganimedes, Europa e Io.

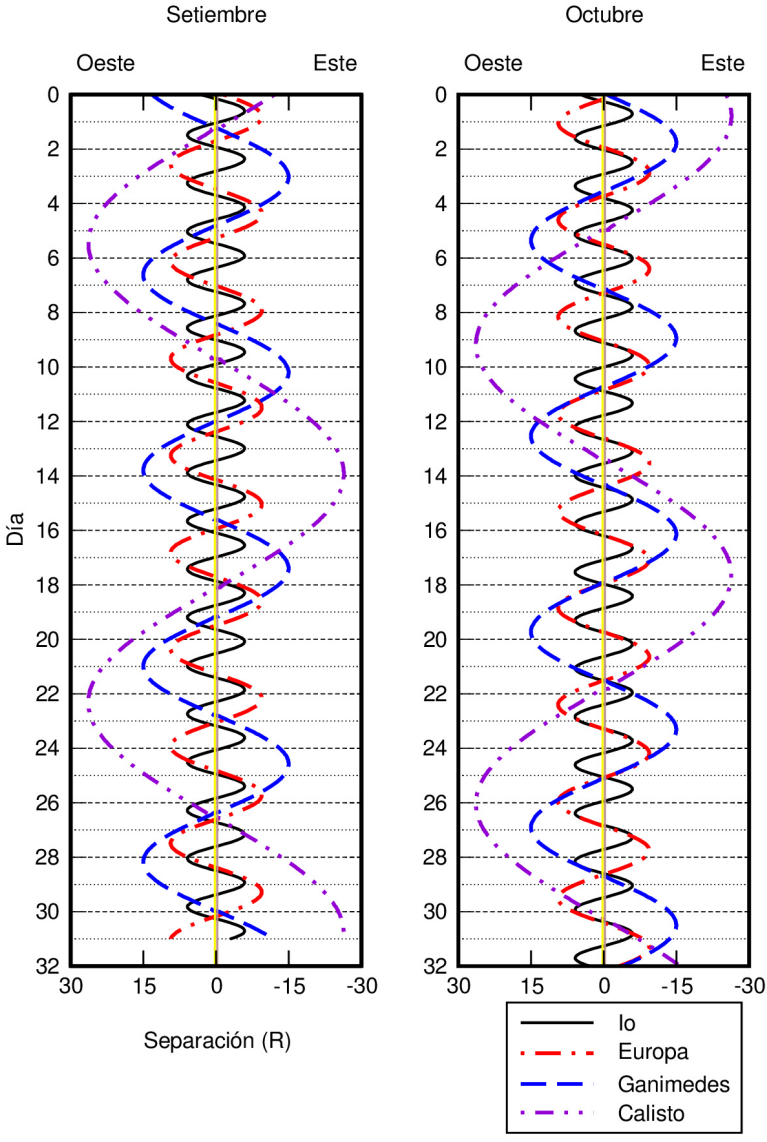
Obsérvese que Oeste y Este están colocados como se ven en un telescopio y al revés de como se ven con unos prismáticos.

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

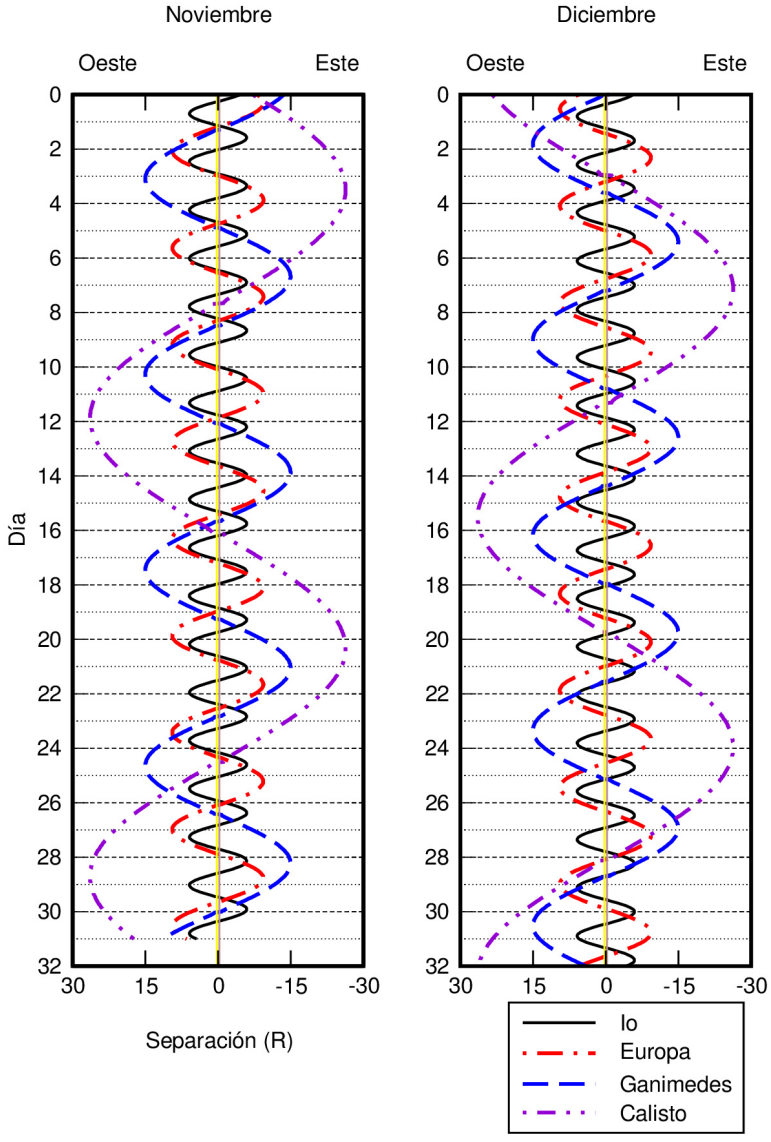

Noviembre
Diciembre
Oeste
Este
Oeste
Este
Día
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
30
32
30
15
0
-15
-30
Separación (R)
Io
Europa
Ganimedes
Calisto

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 setiembre de 2015:

Planetas enanos:	5
Satélites de los planetas enanos:	8
Asteroides descubiertos:	$\sim$690 000
Asteroides numerados:	$\sim$446 000
Asteroides nombrados:	$\sim$19 500
Ritmo anual de descubrimiento de asteroides:	$\sim$35 000
Asteroides potencialmente peligrosos:	1 614
Objetos Atenas ($Q > 0{,}983$ ua, $a < 1$ ua):	960
Objetos Apolo ($q < 1{,}017$ ua, $a > 1$ ua):	6 435
Objetos Amor ($1{,}017 < q < 1{,}3$ ua):	5 641
Objetos Centauro (entre Júpiter y Neptuno):	216
Objetos transneptunianos:	1 441
Cometas con denominación IAU:	$\sim$ 3870
Cometas de corto periodo numerados:	318
Ritmo de descubrimiento de cometas:	$\sim$ 70 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:	$\sim$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
Eris	44,°179	35,°874	151,°506	187,°380
Makemake	28,°998	79,°597	298,°410	378,°007
Haumea	28,°225	122,°104	239,°360	361,°464

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
Eris	67,6960	10127,18	0,4409	37,846	97,546
Makemake	45,4823	6804,06	0,1597	38,218	52,746
Haumea	43,0808	6444,80	0,1963	34,624	51,538

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
Eris	557,00	$0\overset{\circ}{,}001770$	3,44	365,90
Makemake	306,74	$0\overset{\circ}{,}003213$	4,42	366,44
Haumea	282,77	$0\overset{\circ}{,}003486$	4,48	366,54

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
Eris	0,9		17,1		0,0002
Makemake	0,8		16,0		0,0005
Haumea	0,7		16,5		0,0005

La constante solar de la Tierra es: 1 370 W m^{-2} = 1,96 cal min^{-1} cm^{-2}.

Tamaño

Planeta	radio ecuat. en $\mathcal{R}_\oplus$	diámetro ecuator. en km	diámetro polar en km	achata–miento, f	tamaño angular a 1 ua	volumen Tierra=1 ($\approx 10^{12}$ km^3)
Ceres	0,076	975	909	0,068	$1\overset{''}{,}3$	0,0004
Plutón	0,186	2 370	= ecuat.	∼0	$3\overset{''}{,}3$	0,0064
Eris	0,185	2 360	= ecuat.	∼0	$3\overset{''}{,}3$	0,0064
Makemake	∼0,118	∼1 500	= ecuat.	∼0	$\sim 2\overset{''}{,}1$	∼0,002
Haumea	∼0,157	∼2 000	∼1 000	∼0,5	$\sim 2\overset{''}{,}7$	∼0,002

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
Eris	0,00277	2,4	0,79	110
Makemake	∼0,0007	∼2	∼0,5	∼27
Haumea	∼0,0007	2,6	∼0,3	∼27

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)	magnitud	periodo orbital (d)	descubrimiento
Plutón:					
I	Caronte	1208	16,8	6,387	1978 J.W. Christy
II	Nix	42×36*	23,4	24,856	2005 H.A.Weaver et al.
III	Hidra	55×40*	22,9	38,206	2005 H.A.Weaver et al.
IV	Cerbero	12×4,5*	26,1	32,17	2011 M.R.Showalter et al.
V	Estigia	7×5*	27,0	20,16	2012 M.R.Showalter et al.
Eris:					
I	Disnomia	300–400	23,1	∼14	2005 M.Brown y AOT
Haumea:					
I	Hi'iaka	∼310	20,6	49,46	2005 M.Brown y AOT
II	Namaka	∼170	21,9	18,28	2005 M.Brown y AOT

AOT: adaptive-optics team del Observatorio Keck en Mauna Kea.
*Datos obtenidos de las primeras imágenes de la sonda New Horizons, 2015.

Efemérides

Coordenadas astrométricas, incluyendo perturbaciones planetarias.

CERES 2016
(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
Ene	1	21 38 15,3	−22 44 41	3,659	2,978	12	9,3
Ene	11	21 52 51,8	−21 26 04	3,742	2,978	11	9,3
Ene	21	22 07 40,3	−20 03 54	3,813	2,978	9	9,2
Ene	31	22 22 35,2	−18 38 45	3,869	2,977	7	9,2
Feb	10	22 37 33,2	−17 11 11	3,912	2,976	5	9,1
Feb	20	22 52 30,6	−15 41 53	3,939	2,975	4	9,0
Mar	1	23 07 24,4	−14 11 34	3,952	2,974	3	9,0
Mar	11	23 22 12,9	−12 40 54	3,950	2,973	3	9,0
Mar	21	23 36 53,4	−11 10 42	3,933	2,971	4	9,1
Mar	31	23 51 24,3	−09 41 41	3,902	2,969	6	9,2
Abr	10	00 05 44,0	−08 14 35	3,857	2,967	8	9,2
Abr	20	00 19 50,1	−06 50 12	3,798	2,964	10	9,3
Abr	30	00 33 40,5	−05 29 16	3,727	2,961	11	9,3
May	10	00 47 12,8	−04 12 30	3,644	2,958	13	9,3
May	20	01 00 23,3	−03 00 44	3,550	2,955	15	9,3
May	30	01 13 08,2	−01 54 38	3,445	2,952	16	9,3
Jun	9	01 25 22,8	+00 54 59	3,332	2,948	17	9,3
Jun	19	01 37 00,4	+00 02 33	3,211	2,944	18	9,2
Jun	29	01 47 54,1	+00 42 00	3,083	2,940	19	9,1
Jul	9	01 57 54,7	+01 17 55	2,950	2,936	20	9,1
Jul	19	02 06 51,1	+01 44 32	2,814	2,931	20	9,0
Jul	29	02 14 31,4	+02 01 17	2,676	2,927	20	8,9
Ago	8	02 20 40,8	+02 07 40	2,540	2,922	20	8,7
Ago	18	02 25 04,0	+02 03 27	2,408	2,917	19	8,6
Ago	28	02 27 26,2	+01 48 50	2,284	2,911	18	8,4
Set	7	02 27 33,3	+01 24 28	2,170	2,906	16	8,2
Set	17	02 25 18,1	+00 52 01	2,071	2,900	13	8,0
Set	27	02 20 43,1	+00 14 13	1,991	2,894	10	7,8
Oct	7	02 14 03,8	+00 25 04	1,935	2,888	7	7,6
Oct	17	02 05 54,7	−01 00 49	1,905	2,882	5	7,5
Oct	27	01 57 03,7	−01 27 58	1,902	2,875	5	7,5
Nov	6	01 48 26,6	−01 42 05	1,928	2,869	8	7,6
Nov	16	01 40 57,9	−01 40 21	1,981	2,862	11	7,8
Nov	26	01 35 17,9	−01 21 59	2,057	2,855	14	8,0
Dic	6	01 31 52,0	+00 47 38	2,152	2,848	16	8,2
Dic	16	01 30 50,3	+00 00 54	2,263	2,841	18	8,3
Dic	26	01 32 09,3	+01 01 20	2,384	2,834	19	8,5

PLUTON 2016

(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 03 38,5	−21 02 06	33,992	33,013	0	14,3
Ene	11	19 05 07,3	−21 00 45	33,999	33,020	0	14,3
Ene	21	19 06 34,9	−20 59 18	33,977	33,026	0	14,3
Ene	31	19 07 59,3	−20 57 48	33,926	33,032	1	14,3
Feb	10	19 09 18,6	−20 56 20	33,848	33,038	1	14,3
Feb	20	19 10 30,8	−20 54 58	33,747	33,044	1	14,3
Mar	1	19 11 34,3	−20 53 46	33,624	33,051	1	14,3
Mar	11	19 12 27,6	−20 52 47	33,484	33,057	2	14,3
Mar	21	19 13 09,7	−20 52 05	33,332	33,063	2	14,3
Mar	31	19 13 39,5	−20 51 43	33,171	33,069	2	14,3
Abr	10	19 13 56,7	−20 51 44	33,006	33,076	2	14,3
Abr	20	19 14 01,0	−20 52 07	32,844	33,082	2	14,3
Abr	30	19 13 52,6	−20 52 55	32,688	33,088	2	14,2
May	10	19 13 32,1	−20 54 06	32,542	33,094	1	14,2
May	20	19 13 00,4	−20 55 40	32,413	33,101	1	14,2
May	30	19 12 18,9	−20 57 34	32,303	33,107	1	14,2
Jun	9	19 11 29,1	−20 59 45	32,216	33,113	1	14,2
Jun	19	19 10 32,8	−21 02 11	32,154	33,119	1	14,2
Jun	29	19 09 32,3	−21 04 47	32,121	33,126	0	14,2
Jul	9	19 08 29,7	−21 07 29	32,116	33,132	0	14,1
Jul	19	19 07 27,4	−21 10 14	32,140	33,138	0	14,2
Jul	29	19 06 27,7	−21 12 57	32,193	33,145	1	14,2
Ago	8	19 05 32,8	−21 15 35	32,273	33,151	1	14,2
Ago	18	19 04 44,9	−21 18 05	32,378	33,157	1	14,2
Ago	28	19 04 05,6	−21 20 23	32,505	33,163	1	14,2
Set	7	19 03 36,7	−21 22 26	32,651	33,170	1	14,2
Set	17	19 03 19,2	−21 24 13	32,812	33,176	2	14,3
Set	27	19 03 14,2	−21 25 41	32,983	33,182	2	14,3
Oct	7	19 03 21,9	−21 26 49	33,160	33,188	2	14,3
Oct	17	19 03 42,7	−21 27 38	33,336	33,195	2	14,3
Oct	27	19 04 16,1	−21 28 04	33,509	33,201	2	14,3
Nov	6	19 05 01,5	−21 28 10	33,672	33,207	1	14,3
Nov	16	19 05 57,8	−21 27 55	33,820	33,214	1	14,3
Nov	26	19 07 03,9	−21 27 21	33,951	33,220	1	14,3
Dic	6	19 08 18,2	−21 26 28	34,059	33,226	1	14,3
Dic	16	19 09 38,9	−21 25 20	34,143	33,233	1	14,3
Dic	26	19 11 04,1	−21 23 58	34,200	33,239	0	14,3

La magnitud de Plutón incluye la de su satélite principal Caronte.

HAUMEA 2016

(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	14 07 50,9	+16 42 17	50,862	50,667	1	17,3
Ene	11	14 08 12,3	+16 46 11	50,708	50,665	1	17,3
Ene	21	14 08 25,9	+16 50 57	50,552	50,663	1	17,3
Ene	31	14 08 31,4	+16 56 25	50,400	50,661	1	17,3
Feb	10	14 08 28,9	+17 02 25	50,255	50,659	1	17,3
Feb	20	14 08 18,4	+17 08 45	50,123	50,657	1	17,3
Mar	1	14 08 00,5	+17 15 12	50,007	50,656	1	17,3
Mar	11	14 07 36,0	+17 21 32	49,911	50,654	1	17,2
Mar	21	14 07 05,7	+17 27 33	49,837	50,652	1	17,2
Mar	31	14 06 30,8	+17 33 03	49,788	50,650	1	17,2
Abr	10	14 05 52,7	+17 37 50	49,765	50,648	1	17,2
Abr	20	14 05 12,7	+17 41 45	49,768	50,646	1	17,2
Abr	30	14 04 32,1	+17 44 40	49,797	50,644	1	17,2
May	10	14 03 52,5	+17 46 30	49,851	50,642	1	17,2
May	20	14 03 15,3	+17 47 11	49,928	50,641	1	17,3
May	30	14 02 41,6	+17 46 43	50,025	50,639	1	17,3
Jun	9	14 02 12,6	+17 45 05	50,140	50,637	1	17,3
Jun	19	14 01 49,3	+17 42 22	50,269	50,635	1	17,3
Jun	29	14 01 32,5	+17 38 37	50,407	50,633	1	17,3
Jul	9	14 01 22,7	+17 33 58	50,552	50,631	1	17,3
Jul	19	14 01 20,3	+17 28 31	50,699	50,629	1	17,3
Jul	29	14 01 25,5	+17 22 26	50,844	50,627	1	17,3
Ago	8	14 01 38,2	+17 15 51	50,983	50,625	1	17,3
Ago	18	14 01 58,3	+17 08 59	51,111	50,623	1	17,3
Ago	28	14 02 25,2	+17 01 57	51,226	50,621	1	17,3
Set	7	14 02 58,5	+16 54 59	51,324	50,619	1	17,3
Set	17	14 03 37,3	+16 48 13	51,401	50,617	1	17,3
Set	27	14 04 20,8	+16 41 51	51,457	50,615	1	17,3
Oct	7	14 05 07,9	+16 36 03	51,488	50,613	1	17,3
Oct	17	14 05 57,5	+16 30 56	51,494	50,611	1	17,3
Oct	27	14 06 48,5	+16 26 40	51,475	50,609	1	17,3
Nov	6	14 07 39,5	+16 23 22	51,430	50,608	1	17,3
Nov	16	14 08 29,2	+16 21 06	51,360	50,606	1	17,3
Nov	26	14 09 16,5	+16 19 58	51,268	50,604	1	17,3
Dic	6	14 09 60,0	+16 19 58	51,156	50,602	1	17,3
Dic	16	14 10 38,6	+16 21 07	51,028	50,600	1	17,3
Dic	26	14 11 11,3	+16 23 23	50,886	50,598	1	17,3

MAKEMAKE 2016

(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	12 58 02,9	+24 58 27	52,317	52,433	1	17,1
Ene	11	12 58 09,1	+25 03 35	52,168	52,434	1	17,0
Ene	21	12 58 07,0	+25 09 19	52,028	52,435	1	17,0
Ene	31	12 57 57,0	+25 15 28	51,900	52,436	1	17,0
Feb	10	12 57 39,5	+25 21 49	51,789	52,437	1	17,0
Feb	20	12 57 15,0	+25 28 07	51,698	52,438	1	17,0
Mar	1	12 56 44,6	+25 34 09	51,629	52,440	1	17,0
Mar	11	12 56 09,5	+25 39 43	51,586	52,441	1	17,0
Mar	21	12 55 30,8	+25 44 36	51,568	52,442	1	17,0
Mar	31	12 54 50,0	+25 48 37	51,577	52,443	1	17,0
Abr	10	12 54 08,6	+25 51 39	51,612	52,444	1	17,0
Abr	20	12 53 28,1	+25 53 34	51,672	52,445	1	17,0
Abr	30	12 52 49,8	+25 54 19	51,754	52,446	1	17,0
May	10	12 52 15,0	+25 53 53	51,857	52,447	1	17,0
May	20	12 51 44,9	+25 52 15	51,976	52,448	1	17,0
May	30	12 51 20,5	+25 49 29	52,109	52,449	1	17,0
Jun	9	12 51 02,6	+25 45 38	52,252	52,450	1	17,1
Jun	19	12 50 51,7	+25 40 50	52,400	52,452	1	17,1
Jun	29	12 50 48,3	+25 35 12	52,549	52,453	1	17,1
Jul	9	12 50 52,4	+25 28 52	52,695	52,454	1	17,1
Jul	19	12 51 04,2	+25 22 01	52,835	52,455	1	17,1
Jul	29	12 51 23,1	+25 14 48	52,964	52,456	1	17,1
Ago	8	12 51 49,0	+25 07 23	53,078	52,457	1	17,1
Ago	18	12 52 21,2	+24 59 58	53,176	52,458	1	17,1
Ago	28	12 52 58,8	+24 52 44	53,253	52,459	1	17,1
Set	7	12 53 41,2	+24 45 50	53,308	52,460	1	17,0
Set	17	12 54 27,2	+24 39 26	53,339	52,461	1	17,0
Set	27	12 55 15,7	+24 33 43	53,346	52,462	1	17,0
Oct	7	12 56 05,7	+24 28 47	53,326	52,463	1	17,0
Oct	17	12 56 55,8	+24 24 48	53,282	52,464	1	17,1
Oct	27	12 57 44,9	+24 21 50	53,215	52,465	1	17,1
Nov	6	12 58 31,6	+24 19 59	53,125	52,466	1	17,1
Nov	16	12 59 14,8	+24 19 18	53,015	52,467	1	17,1
Nov	26	12 59 53,4	+24 19 47	52,889	52,468	1	17,1
Dic	6	13 00 26,2	+24 21 25	52,750	52,469	1	17,1
Dic	16	13 00 52,3	+24 24 09	52,602	52,471	1	17,1
Dic	26	13 01 11,2	+24 27 54	52,450	52,472	1	17,1

ERIS 2016

(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 40 18,3	−03 03 38	96,085	96,295	1	18,7
Ene	11	01 40 14,2	−03 02 15	96,252	96,293	1	18,8
Ene	21	01 40 14,1	−03 00 28	96,421	96,291	1	18,8
Ene	31	01 40 18,1	−02 58 19	96,585	96,289	1	18,8
Feb	10	01 40 26,0	−02 55 52	96,740	96,287	1	18,8
Feb	20	01 40 37,6	−02 53 11	96,881	96,285	1	18,7
Mar	1	01 40 52,4	−02 50 19	97,004	96,283	0	18,7
Mar	11	01 41 10,2	−02 47 21	97,105	96,281	0	18,7
Mar	21	01 41 30,2	−02 44 23	97,181	96,280	0	18,7
Mar	31	01 41 52,0	−02 41 27	97,231	96,278	0	18,7
Abr	10	01 42 14,9	−02 38 39	97,253	96,276	0	18,7
Abr	20	01 42 38,3	−02 36 03	97,247	96,274	0	18,7
Abr	30	01 43 01,6	−02 33 41	97,213	96,272	0	18,7
May	10	01 43 24,0	−02 31 38	97,151	96,270	0	18,7
May	20	01 43 45,1	−02 29 55	97,065	96,268	0	18,7
May	30	01 44 04,2	−02 28 36	96,956	96,266	0	18,7
Jun	9	01 44 20,9	−02 27 40	96,828	96,264	1	18,8
Jun	19	01 44 34,7	−02 27 10	96,684	96,262	1	18,8
Jun	29	01 44 45,3	−02 27 05	96,528	96,260	1	18,8
Jul	9	01 44 52,3	−02 27 25	96,364	96,259	1	18,8
Jul	19	01 44 55,6	−02 28 08	96,197	96,257	1	18,8
Jul	29	01 44 55,1	−02 29 14	96,032	96,255	1	18,7
Ago	8	01 44 50,8	−02 30 39	95,873	96,253	1	18,7
Ago	18	01 44 42,7	−02 32 20	95,724	96,251	1	18,7
Ago	28	01 44 31,3	−02 34 14	95,591	96,249	1	18,7
Set	7	01 44 16,6	−02 36 18	95,476	96,247	0	18,7
Set	17	01 43 59,3	−02 38 26	95,384	96,245	0	18,7
Set	27	01 43 39,7	−02 40 34	95,317	96,243	0	18,7
Oct	7	01 43 18,4	−02 42 38	95,277	96,241	0	18,7
Oct	17	01 42 56,3	−02 44 33	95,266	96,239	0	18,6
Oct	27	01 42 33,8	−02 46 14	95,285	96,237	0	18,7
Nov	6	01 42 11,8	−02 47 38	95,332	96,236	0	18,7
Nov	16	01 41 51,0	−02 48 41	95,407	96,234	0	18,7
Nov	26	01 41 32,0	−02 49 21	95,507	96,232	0	18,7
Dic	6	01 41 15,5	−02 49 34	95,630	96,230	1	18,7
Dic	16	01 41 02,0	−02 49 21	95,771	96,228	1	18,7
Dic	26	01 40 51,9	−02 48 40	95,926	96,226	1	18,7

Asteroides

En setiembre de 2015 se llevan descubiertos unos 690 000 asteroides, de los cuales unos 446 000 han sido numerados y unos 19 500 han recibido un nombre. Por su órbita y su tamaño, unos 1 614 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	2013,75	2,7677	0,0758	72,581	80,329	10,593
2	Palas	2014,00	2,7718	0,2312	309,945	173,094	34,840
3	Juno	2014,59	2,6713	0,2556	248,429	169,864	12,984
4	Vesta	2014,76	2,3619	0,0888	151,188	103,851	7,140
5	Astrea	2012,00	2,5736	0,1912	358,950	141,596	5,369
6	Hebe	2014,67	2,4256	0,2015	239,436	138,704	14,748
7	Iris	2014,25	2,3863	0,2310	145,442	259,601	5,522
8	Flora	2014,34	2,2020	0,1565	285,470	110,919	5,887
9	Metis	2012,84	2,3865	0,1222	5,877	68,943	5,574
10	Hygiea	2011,42	3,1407	0,1150	312,292	283,421	3,840
11	Partenope	2012,58	2,4523	0,1001	196,047	125,567	4,630
12	Victoria	2014,50	2,3333	0,2213	69,520	235,486	8,369
13	Egeria	2013,09	2,5771	0,0838	80,183	43,247	16,537
14	Irene	2013,33	2,5865	0,1662	98,007	86,157	9,118
15	Eunomia	2011,67	2,6439	0,1874	97,549	293,187	11,739
16	Psyche	2010,34	2,9225	0,1363	227,125	150,275	3,099
18	Melpomene	2013,33	2,2950	0,2190	227,921	150,472	10,134
19	Fortuna	2013,42	2,4414	0,1589	182,254	211,156	1,574
20	Masalia	2014,42	2,4085	0,1429	256,598	206,133	0,708
27	Euterpe	2012,42	2,3469	0,1723	356,564	94,799	1,584
29	Amphitrite	2012,01	2,5551	0,0721	61,950	356,420	6,090
39	Laetitia	2010,92	2,7688	0,1139	208,294	157,115	10,381
40	Harmonia	2014,92	2,2670	0,0467	268,656	94,238	4,258
44	Nysa	2014,75	2,4233	0,1487	343,327	131,559	3,707
51	Nemausa	2014,75	2,3652	0,0669	2,128	176,024	9,980
89	Julia	2013,75	2,5529	0,1830	45,246	311,604	16,138
192	Nausikaa	2011,92	2,4029	0,2460	30,053	343,249	6,814
230	Atamantis	2011,75	2,3823	0,0615	138,984	239,909	9,443
349	Dembowska	2012,34	2,9226	0,0916	346,468	32,360	8,247
354	Eleonora	2015,00	2,7987	0,1152	5,598	140,372	18,403

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 2016 de los primeros asteroides

	nombre	oposición en longitud	magnitud V	oposición en asc. recta
1	Ceres	Oct 21, 5^h	7,4	Oct 25, 2^h
2	Palas	Ago 20, 11^h	9,2	Ago 13, 8^h
3	Juno	Abr 27, 3^h	10,0	May 01, 0^h
5	Astrea	Feb 15, 11^h	8,7	Feb 15, 17^h
6	Hebe	Mar 17, 5^h	9,8	Mar 22, 7^h
7	Iris	May 29, 18^h	9,2	May 29, 12^h
8	Flora	Jun 11, 12^h	9,4	Jun 11, 18^h
10	Hygiea	Mar 15, 23^h	9,4	Mar 14, 0^h
11	Partenope	Set 29, 12^h	9,2	Oct 02, 1^h
12	Victoria	Ene 13, 22^h	11,2	Ene 12, 13^h
18	Melpomene	Oct 23, 22^h	8,0	Oct 29, 18^h
19	Fortuna	Ago 10, 6^h	9,6	Ago 09, 13^h
20	Masalia	Ago 01, 7^h	9,9	Ago 01, 1^h
40	Harmonia	Feb 05, 8^h	9,8	Feb 06, 13^h
433	Eros	Ago 22, 0^h	12,0	Ago 19, 6^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 2016
(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Consultar efemérides en la página 242, apartado de planetas enanos

2 PALAS 2016
(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	30	21 55 14,1	+12 45 26	3,198	3,402	17	10,3
Jun	9	21 57 46,9	+13 25 34	3,060	3,398	17	10,2
Jun	19	21 58 36,1	+13 54 45	2,925	3,393	16	10,0
Jun	29	21 57 36,4	+14 09 58	2,797	3,388	15	9,9
Jul	9	21 54 45,2	+14 07 51	2,680	3,383	14	9,8
Jul	19	21 50 08,8	+13 45 13	2,578	3,376	12	9,6
Jul	29	21 44 02,5	+12 59 51	2,496	3,369	10	9,4
Ago	8	21 36 51,5	+11 50 52	2,437	3,362	8	9,3
Ago	18	21 29 12,1	+10 19 48	2,404	3,354	7	9,2
Ago	28	21 21 44,9	+08 30 46	2,400	3,346	7	9,2
Set	7	21 15 09,8	+06 29 51	2,424	3,337	9	9,3
Set	17	21 10 01,6	+04 24 21	2,475	3,327	11	9,4
Set	27	21 06 42,9	+02 21 13	2,552	3,317	13	9,6
Oct	7	21 05 26,3	+00 26 05	2,648	3,306	15	9,7
Oct	17	21 06 14,7	−01 16 57	2,762	3,294	16	9,8
Oct	27	21 09 02,4	−02 45 39	2,887	3,283	17	10,0
Nov	6	21 13 41,0	−03 59 01	3,019	3,270	18	10,1

3 JUNO 2016

(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	14 55 09,8	−07 56 08	2,920	3,188	18	10,9
Feb	20	14 59 25,1	−07 28 10	2,790	3,203	17	10,8
Mar	1	15 01 42,2	−06 48 42	2,667	3,217	16	10,7
Mar	11	15 01 51,4	−05 58 18	2,554	3,230	15	10,6
Mar	21	14 59 49,2	−04 58 29	2,457	3,242	12	10,4
Mar	31	14 55 41,8	−03 51 49	2,379	3,254	10	10,3
Abr	10	14 49 45,1	−02 41 54	2,325	3,265	7	10,2
Abr	20	14 42 28,6	−01 33 31	2,298	3,276	5	10,0
Abr	30	14 34 31,9	−00 31 38	2,300	3,286	4	10,0
May	10	14 26 38,0	+00 19 13	2,331	3,295	6	10,1
May	20	14 19 30,1	+00 55 38	2,389	3,303	9	10,3
May	30	14 13 41,5	+01 16 07	2,471	3,311	11	10,5
Jun	9	14 09 34,4	+01 20 40	2,574	3,319	14	10,6
Jun	19	14 07 20,6	+01 10 23	2,693	3,325	15	10,8
Jun	29	14 07 01,2	+00 47 17	2,825	3,331	17	10,9
Jul	9	14 08 31,9	+00 13 25	2,964	3,336	17	11,0
Jul	19	14 11 45,0	−00 29 06	3,108	3,341	18	11,2

5 ASTREA 2016

(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	10 11 38,7	+09 19 21	1,331	2,088	22	10,1
Ene	11	10 12 45,0	+09 40 59	1,245	2,084	18	9,9
Ene	21	10 10 39,9	+10 25 37	1,175	2,082	14	9,6
Ene	31	10 05 40,7	+11 30 38	1,126	2,082	9	9,3
Feb	10	09 58 30,5	+12 49 42	1,099	2,082	3	9,0
Feb	20	09 50 25,1	+14 12 44	1,098	2,084	3	8,9
Mar	1	09 42 53,9	+15 28 56	1,122	2,087	8	9,3
Mar	11	09 37 16,3	+16 29 54	1,169	2,092	14	9,6
Mar	21	09 34 29,3	+17 10 41	1,237	2,098	18	9,9
Mar	31	09 34 54,6	+17 30 11	1,320	2,105	21	10,1
Abr	10	09 38 28,5	+17 29 19	1,417	2,113	24	10,4
Abr	20	09 44 53,7	+17 09 52	1,523	2,122	26	10,6
Abr	30	09 53 43,0	+16 34 03	1,637	2,132	27	10,8
May	10	10 04 30,3	+15 43 51	1,755	2,144	28	11,0
May	20	10 16 52,1	+14 41 00	1,876	2,156	28	11,1

6 HEBE 2016

(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
Ene	1	12 23 20,7	+04 54 51	2,504	2,789	21	10,8
Ene	11	12 29 05,1	+05 17 55	2,378	2,802	20	10,7
Ene	21	12 32 46,6	+05 59 02	2,257	2,814	19	10,6
Ene	31	12 34 11,9	+06 58 33	2,147	2,825	17	10,4
Feb	10	12 33 10,6	+08 15 38	2,050	2,836	14	10,2
Feb	20	12 29 41,6	+09 47 09	1,974	2,846	11	10,1
Mar	1	12 23 58,6	+11 27 26	1,921	2,855	8	9,9
Mar	11	12 16 30,3	+13 08 45	1,895	2,864	5	9,8
Mar	21	12 08 03,4	+14 42 05	1,898	2,872	5	9,8
Mar	31	11 59 34,2	+15 59 30	1,930	2,879	8	9,9
Abr	10	11 51 56,6	+16 55 41	1,989	2,886	11	10,1
Abr	20	11 45 56,3	+17 28 21	2,071	2,892	14	10,3
Abr	30	11 42 00,5	+17 38 17	2,172	2,897	16	10,5
May	10	11 40 20,1	+17 27 51	2,288	2,902	18	10,6
May	20	11 40 54,8	+17 00 00	2,414	2,905	19	10,8
May	30	11 43 33,9	+16 17 59	2,547	2,909	20	10,9
Jun	9	11 48 04,6	+15 24 23	2,683	2,911	20	11,1

7 IRIS 2016

(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
Mar	1	16 43 08,0	−24 54 03	2,792	2,930	20	11,1
Mar	11	16 50 32,1	−25 05 18	2,645	2,926	20	10,9
Mar	21	16 55 56,5	−25 11 51	2,499	2,921	19	10,8
Mar	31	16 59 04,6	−25 13 46	2,360	2,915	18	10,6
Abr	10	16 59 40,2	−25 10 49	2,229	2,909	17	10,5
Abr	20	16 57 32,7	−25 02 24	2,111	2,902	14	10,3
Abr	30	16 52 42,8	−24 47 41	2,010	2,894	12	10,0
May	10	16 45 23,7	−24 25 44	1,932	2,886	8	9,8
May	20	16 36 10,2	−23 56 15	1,878	2,876	4	9,5
May	30	16 25 54,4	−23 20 03	1,853	2,866	1	9,2

7 IRIS (cont.) 2016

(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	9	16 15 38,3	−22 39 28	1,855	2,855	4	9,5
Jun	19	16 06 25,7	−21 58 08	1,886	2,843	8	9,7
Jun	29	15 59 06,2	−21 20 01	1,941	2,831	12	9,9
Jul	9	15 54 11,4	−20 48 24	2,017	2,818	15	10,1
Jul	19	15 51 56,5	−20 25 28	2,110	2,804	18	10,3
Jul	29	15 52 20,3	−20 11 48	2,215	2,789	19	10,4
Ago	8	15 55 14,6	−20 07 04	2,329	2,774	21	10,6
Ago	18	16 00 27,2	−20 10 06	2,447	2,758	21	10,7
Ago	28	16 07 42,8	−20 19 15	2,567	2,741	22	10,8

8 FLORA 2016

(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
Mar	11	17 27 26,5	−18 13 01	2,335	2,512	23	11,3
Mar	21	17 37 07,6	−18 11 42	2,196	2,504	23	11,1
Mar	31	17 44 52,2	−18 07 12	2,058	2,496	23	11,0
Abr	10	17 50 19,6	−18 00 57	1,925	2,488	22	10,8
Abr	20	17 53 09,2	−17 54 29	1,800	2,478	20	10,6
Abr	30	17 53 04,6	−17 49 16	1,685	2,468	18	10,4
May	10	17 49 53,5	−17 46 30	1,585	2,458	15	10,1
May	20	17 43 39,5	−17 47 03	1,504	2,447	11	9,9
May	30	17 34 47,9	−17 51 12	1,445	2,435	7	9,6
Jun	9	17 24 06,7	−17 58 56	1,411	2,422	3	9,4
Jun	19	17 12 49,9	−18 10 12	1,403	2,409	4	9,5
Jun	29	17 02 17,6	−18 25 10	1,421	2,396	9	9,7
Jul	9	16 53 41,0	−18 44 18	1,463	2,382	13	9,9
Jul	19	16 47 52,1	−19 08 04	1,526	2,367	17	10,0
Jul	29	16 45 14,3	−19 36 25	1,605	2,352	20	10,2
Ago	8	16 45 52,2	−20 08 50	1,696	2,337	23	10,4
Ago	18	16 49 37,5	−20 44 14	1,795	2,321	24	10,6
Ago	28	16 56 13,0	−21 21 07	1,899	2,305	26	10,7
Set	7	17 05 21,6	−21 57 49	2,006	2,288	26	10,8

10 HYGIEA 2016
(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
Ene	1	11 52 47,9	−03 11 08	2,676	3,009	19	10,9
Ene	11	11 56 48,5	−03 55 26	2,529	2,998	18	10,8
Ene	21	11 58 52,3	−04 28 07	2,389	2,987	17	10,6
Ene	31	11 58 49,5	−04 47 38	2,262	2,977	15	10,4
Feb	10	11 56 35,0	−04 52 35	2,150	2,966	13	10,2
Feb	20	11 52 15,0	−04 42 22	2,058	2,956	10	10,0
Mar	1	11 46 09,9	−04 17 49	1,990	2,946	6	9,8
Mar	11	11 38 53,8	−03 41 13	1,949	2,936	3	9,5
Mar	21	11 31 14,7	−02 56 49	1,937	2,926	3	9,5
Mar	31	11 24 04,4	−02 10 00	1,953	2,917	6	9,7
Abr	10	11 18 08,7	−01 26 09	1,995	2,907	10	9,9
Abr	20	11 14 03,6	−00 50 06	2,061	2,898	13	10,1
Abr	30	11 12 07,5	−00 25 02	2,146	2,889	16	10,3
May	10	11 12 26,0	−00 12 40	2,247	2,881	18	10,4
May	20	11 14 55,3	−00 13 37	2,358	2,873	19	10,6
May	30	11 19 24,0	−00 27 27	2,476	2,865	20	10,7
Jun	9	11 25 39,4	−00 53 23	2,599	2,857	21	10,8

11 PARTENOPE 2016
(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	29	00 24 45,6	−00 26 33	1,934	2,215	27	10,9
Jul	9	00 35 33,2	+00 14 52	1,824	2,219	27	10,8
Jul	19	00 44 33,7	+00 41 44	1,717	2,223	26	10,6
Jul	29	00 51 28,7	+00 52 22	1,614	2,227	25	10,5
Ago	8	00 55 56,7	+00 45 03	1,519	2,232	23	10,3
Ago	18	00 57 39,9	+00 19 02	1,434	2,238	20	10,1
Ago	28	00 56 28,1	−00 25 06	1,363	2,244	16	9,9
Set	7	00 52 23,2	−01 24 47	1,309	2,251	12	9,6
Set	17	00 45 52,0	−02 34 20	1,277	2,258	7	9,4
Set	27	00 37 44,8	−03 45 42	1,268	2,265	3	9,2
Oct	7	00 29 10,3	−04 49 37	1,286	2,273	5	9,3
Oct	17	00 21 25,7	−05 37 40	1,328	2,282	10	9,6
Oct	27	00 15 32,6	−06 04 49	1,394	2,290	14	9,9
Nov	6	00 12 11,2	−06 09 10	1,480	2,299	17	10,1

11 PARTENOPE (cont.) 2016
(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
Nov	16	00 11 38,3	−05 51 37	1,582	2,309	20	10,4
Nov	26	00 13 49,6	−05 14 48	1,697	2,318	22	10,6
Dic	6	00 18 32,2	−04 21 35	1,822	2,328	24	10,8
Dic	16	00 25 27,3	−03 14 59	1,953	2,338	24	11,0
Dic	26	00 34 14,8	−01 57 49	2,087	2,348	25	11,1

12 VICTORIA 2016
(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	07 45 10,8	+10 42 01	1,879	2,825	7	11,3
Ene	11	07 34 49,9	+10 46 46	1,860	2,831	4	11,2
Ene	21	07 24 18,6	+11 00 40	1,872	2,836	5	11,2
Ene	31	07 14 43,0	+11 21 25	1,913	2,840	8	11,4
Feb	10	07 06 57,3	+11 46 29	1,980	2,844	12	11,6
Feb	20	07 01 38,9	+12 13 22	2,071	2,846	15	11,8
Mar	1	06 59 03,1	+12 39 50	2,180	2,848	17	12,0
Mar	11	06 59 09,5	+13 04 07	2,302	2,849	19	12,2
Mar	21	07 01 48,2	+13 24 45	2,433	2,850	20	12,4
Mar	31	07 06 42,0	+13 40 34	2,569	2,849	20	12,5

18 MELPOMENE 2016
(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	9	01 05 12,3	+03 59 34	1,541	1,853	33	10,0
Jul	19	01 22 54,9	+04 35 43	1,436	1,839	33	9,9
Jul	29	01 39 36,6	+04 53 33	1,334	1,827	33	9,7
Ago	8	01 54 54,7	+04 50 17	1,237	1,816	32	9,5
Ago	18	02 08 23,2	+04 23 37	1,147	1,808	31	9,3
Ago	28	02 19 33,0	+03 32 01	1,063	1,801	29	9,0
Set	7	02 27 49,3	+02 14 59	0,988	1,796	26	8,8
Set	17	02 32 43,2	+00 34 54	0,925	1,793	23	8,6

18 MELPOMENE (cont.) 2016
(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	27	02 33 56,2	−01 22 28	0,876	1,792	19	8,3
Oct	7	02 31 29,3	−03 26 36	0,843	1,794	14	8,1
Oct	17	02 26 03,3	−05 22 17	0,829	1,797	11	8,0
Oct	27	02 18 52,1	−06 53 35	0,836	1,802	11	8,0
Nov	6	02 11 32,6	−07 47 38	0,862	1,809	13	8,2
Nov	16	02 05 43,0	−07 58 43	0,908	1,818	17	8,4
Nov	26	02 02 29,4	−07 29 00	0,972	1,829	21	8,7
Dic	6	02 02 25,6	−06 24 49	1,049	1,842	24	8,9
Dic	16	02 05 36,5	−04 54 31	1,139	1,856	27	9,2
Dic	26	02 11 45,9	−03 06 13	1,239	1,872	29	9,4

19 FORTUNA 2016
(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	10	21 16 13,1	−14 02 04	2,192	2,451	24	12,0
May	20	21 25 39,3	−13 10 33	2,051	2,434	24	11,8
May	30	21 33 19,8	−12 25 20	1,914	2,416	24	11,6
Jun	9	21 38 57,3	−11 48 47	1,783	2,399	23	11,4
Jun	19	21 42 14,5	−11 23 18	1,660	2,381	21	11,2
Jun	29	21 42 56,5	−11 10 57	1,548	2,363	18	11,0
Jul	9	21 40 51,2	−11 13 29	1,451	2,345	15	10,7
Jul	19	21 36 01,3	−11 31 11	1,372	2,328	11	10,4
Jul	29	21 28 48,3	−12 02 32	1,314	2,310	6	10,1
Ago	8	21 19 56,1	−12 43 55	1,280	2,293	2	9,7
Ago	18	21 10 34,8	−13 29 40	1,272	2,276	4	9,8
Ago	28	21 02 01,6	−14 13 42	1,288	2,259	9	10,1
Set	7	20 55 27,0	−14 50 50	1,327	2,243	14	10,3
Set	17	20 51 42,5	−15 17 21	1,385	2,226	18	10,6
Set	27	20 51 09,9	−15 31 31	1,459	2,211	21	10,8
Oct	7	20 53 51,8	−15 32 32	1,546	2,195	24	11,0
Oct	17	20 59 35,4	−15 20 16	1,641	2,181	26	11,1
Oct	27	21 07 58,5	−14 55 01	1,742	2,166	27	11,3
Nov	6	21 18 39,3	−14 17 00	1,846	2,153	27	11,4

20 MASALIA 2016

(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
Abr	30	20 56 10,2	−16 31 51	2,592	2,749	21	11,7
May	10	21 04 01,8	−15 55 57	2,454	2,746	21	11,6
May	20	21 10 04,2	−15 26 36	2,319	2,743	21	11,4
May	30	21 14 04,5	−15 05 33	2,187	2,740	20	11,3
Jun	9	21 15 47,9	−14 54 32	2,064	2,736	18	11,1
Jun	19	21 15 02,8	−14 54 47	1,952	2,731	16	10,9
Jun	29	21 11 44,8	−15 06 46	1,855	2,726	13	10,7
Jul	9	21 05 57,9	−15 29 55	1,777	2,720	10	10,5
Jul	19	20 58 05,1	−16 02 00	1,722	2,714	6	10,3
Jul	29	20 48 47,5	−16 39 29	1,694	2,707	2	10,0
Ago	8	20 39 01,3	−17 18 05	1,693	2,700	3	10,1
Ago	18	20 29 52,5	−17 53 29	1,719	2,692	7	10,3
Ago	28	20 22 18,8	−18 22 33	1,770	2,684	11	10,5
Set	7	20 17 03,6	−18 43 30	1,843	2,675	15	10,7
Set	17	20 14 31,4	−18 55 31	1,935	2,666	17	10,9
Set	27	20 14 46,4	−18 58 36	2,040	2,657	20	11,0
Oct	7	20 17 42,5	−18 52 54	2,155	2,646	21	11,2
Oct	17	20 23 05,3	−18 38 33	2,276	2,636	22	11,3
Oct	27	20 30 36,2	−18 15 46	2,400	2,625	22	11,4

40 HARMONIA 2016

(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
Ene	1	09 45 56,6	+17 08 27	1,506	2,321	17	10,6
Ene	11	09 41 36,1	+17 59 32	1,432	2,326	13	10,4
Ene	21	09 34 15,2	+19 02 47	1,381	2,330	8	10,1
Ene	31	09 24 40,2	+20 10 53	1,355	2,334	4	9,8
Feb	10	09 14 02,8	+21 15 14	1,357	2,338	3	9,8
Feb	20	09 03 53,5	+22 07 51	1,386	2,342	8	10,1
Mar	1	08 55 35,2	+22 43 59	1,440	2,345	13	10,4
Mar	11	08 50 04,2	+23 02 23	1,516	2,349	17	10,6
Mar	21	08 47 48,9	+23 03 58	1,610	2,352	20	10,9
Mar	31	08 48 48,3	+22 50 52	1,717	2,355	22	11,1
Abr	10	08 52 46,2	+22 25 05	1,833	2,358	24	11,3
Abr	20	08 59 20,0	+21 48 10	1,954	2,360	25	11,5
Abr	30	09 08 02,6	+21 01 25	2,079	2,362	25	11,6

433 EROS 2016

(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	20	22 09 48,8	−13 40 54	1,467	1,777	35	14,2
May	30	22 21 40,0	−11 48 16	1,364	1,781	34	14,1
Jun	9	22 31 15,3	−09 58 22	1,260	1,782	34	13,9
Jun	19	22 38 10,1	−08 12 55	1,158	1,782	32	13,7
Jun	29	22 41 55,3	−06 33 40	1,060	1,780	30	13,4
Jul	9	22 41 52,4	−05 03 13	0,968	1,775	27	13,2
Jul	19	22 37 25,6	−03 44 28	0,885	1,768	23	12,9
Jul	29	22 28 12,5	−02 40 50	0,816	1,760	18	12,6
Ago	8	22 14 21,9	−01 56 13	0,764	1,749	12	12,3
Ago	18	21 57 08,2	−01 32 40	0,733	1,737	7	12,0
Ago	28	21 38 46,6	−01 29 07	0,725	1,722	8	12,0
Set	7	21 22 02,3	−01 40 40	0,740	1,705	15	12,2
Set	17	21 09 17,5	−01 59 04	0,774	1,687	21	12,4
Set	27	21 01 42,9	−02 16 32	0,823	1,666	27	12,7
Oct	7	20 59 31,7	−02 26 59	0,883	1,644	31	12,9
Oct	17	21 02 19,0	−02 26 06	0,949	1,620	35	13,1
Oct	27	21 09 21,7	−02 11 41	1,018	1,595	37	13,3
Nov	6	21 20 00,5	−01 42 22	1,087	1,568	39	13,4
Nov	16	21 33 38,6	−00 57 28	1,153	1,539	40	13,5

Cometas

En esta sección se dan datos relativos a algunos cometas de largo periodo y los elementos orbitales de todos los cometas de corto periodo cuyo regreso ha sido observado al menos una vez. En primer lugar figura una lista de cometas 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 2016

Nombre del cometa	mes	día	distancia a		elongación
			Sol (ua)	Tierra (ua)	(°)
83D/Russell 1	Ene	1	1,61	2,37	31
116P/Wild 4	Ene	11	2,19	2,29	71
211P/Hill	Ene	31	2,36	1,40	164
50P/Arend	Feb	8	1,92	2,25	58
225P/LINEAR	Feb	13	1,19	1,96	29
147P/Kushida-Muramatsu	Feb	27	2,76	2,72	82
194P/LINEAR	Mar	9	1,71	1,25	98
252P/LINEAR	Mar	17	1,00	0,07	93
127P/Holt-Olmstead	Mar	17	2,21	3,15	16
104P/Kowal 2	Mar	25	1,18	1,78	38
190P/Mueller	Mar	29	2,03	3,00	11
100P/Hartley 1	Mar	30	1,99	1,23	126
321P/SOHO	Abr	10	0,05	1,04	2
302P/Lemmon-PANSTARRS	Abr	28	3,28	3,78	54
53P/Van Biesbroeck	Abr	29	2,43	2,17	92
315P/LONEOS	May	4	2,38	2,61	65
77P/Longmore	May	13	2,34	1,47	139
216P/LINEAR	May	30	2,15	2,50	59
136P/Mueller 3	May	31	2,98	3,48	53
202P/Scotti	Jun	6	2,53	3,52	10
157P/Tritton	Jun	12	1,36	2,37	4
118P/Shoemaker-Levy 4	Jun	16	1,98	2,98	7
146P/Shoemaker-LINEAR	Jun	19	1,42	1,93	46
208P/McMillan	Jun	21	2,53	2,49	80
207P/NEAT	Jul	3	0,94	1,95	7
279P/La Sagra	Jul	15	2,15	1,85	93
56P/Slaughter-Burnham	Jul	18	2,51	2,77	65
167P/CINEOS	Jul	18	1,78	0,87	143
81P/Wild 2	Jul	20	1,59	2,28	37
150P/LONEOS	Jul	28	1,76	2,66	23
9P/Tempel 1	Ago	2	1,54	1,40	77
43P/Wolf-Harrington	Ago	17	1,36	2,02	37
33P/Daniel	Ago	24	2,17	2,72	48
144P/Kushida	Set	3	1,44	2,13	36
212P/NEAT	Set	14	1,65	2,33	38
314P/Montani	Oct	6	4,22	4,62	60
238P/Read	Oct	22	2,36	1,41	158
94P/Russell 4	Oct	27	2,23	2,96	36
323P/SOHO	Nov	7	0,05	0,99	3
128P/Shoemaker-Holt 1-A	Nov	26	3,05	2,06	177
45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova	Dic	29	0,53	0,69	31

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 ($\mathbf{e} = 1$ 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 todos los cometas de corto periodo (P < 200 años) que han aparecido al menos en dos ocasiones y aquellos descubiertos recientemente cuya órbita está bien determinada. Están ordenados según el nuevo sistema de designación de cometas adoptada 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.

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

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	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

Cometas de corto periodo

Nombre	P (años)	T	q (ua)	e	ω (°)	Ω (°)	i (°)	Prim. apar.
76P/West-Kohoutek-Ikemura	6,48	2006,89	1,603	0,538	0,1	84,1	30,5	1975
77P/Longmore	6,83	2009,52	2,311	0,358	196,7	14,9	24,4	1975
78P/Gehrels 2	7,22	2004,82	2,009	0,462	193,0	210,5	6,3	1973
79P/du Toit-Hartley	5,28	2008,41	1,230	0,594	253,3	307,8	2,9	1945
80P/Peters-Hartley	8,12	1998,61	1,624	0,598	338,4	260,0	29,9	1846
81P/Wild 2	6,41	2010,15	1,598	0,537	41,8	136,1	3,2	1978
82P/Gehrels 3	8,43	2010,04	3,633	0,123	226,4	239,5	1,1	1975
83P/Russell 1	6,10	1985,51	1,612	0,517	0,4	230,8	22,7	1979
84P/Giclas	6,97	2006,60	1,852	0,492	276,3	112,5	7,3	1931
85P/Boethin	11,8	2008,95	1,135	0,781	37,6	359,4	4,3	1975
86P/Wild 3	6,91	2008,39	2,301	0,366	179,2	72,6	15,4	1980
87P/Bus	6,51	2007,52	2,173	0,376	24,2	182,2	2,6	1981
88P/Howell	5,49	2009,78	1,363	0,562	235,9	56,7	4,4	1981
89P/Russell 2	7,39	2009,63	2,280	0,399	249,3	42,4	12,0	1980
90P/Gehrels 1	14,9	2002,48	2,966	0,509	28,2	13,5	9,6	1972
91P/Russell 3	7,66	2005,49	2,602	0,331	354,7	247,9	14,1	1983
92P/Sanguin	12,4	2002,73	1,808	0,663	163,1	182,3	18,8	1977
93P/Lovas 1	9,20	2007,96	1,704	0,612	74,6	339,9	12,2	1980
94P/Russell 4	6,60	2010,24	2,240	0,363	92,8	70,9	6,2	1984
95P/Chiron	50,7	1996,13	8,461	0,382	339,8	209,2	6,9	1977
96P/Machholz 1	5,24	2007,26	0,125	0,959	14,6	94,6	60,0	1986
97P/Metcalf-Brewington	10,5	2001,29	2,611	0,456	229,7	186,4	18,0	1906
98P/Takamizawa	7,40	2006,18	1,663	0,562	157,9	114,8	10,6	1984
99P/Kowal 1	15,1	2007,04	4,719	0,226	172,8	28,4	4,3	1977
100P/Hartley 1	6,06	1997,41	1,830	0,450	179,8	38,5	25,9	1985
101P/Chernykh	13,9	2005,99	2,350	0,594	263,2	130,3	5,1	1977
102P/Shoemaker 1	7,23	2006,43	1,974	0,472	18,5	339,9	26,3	1984
103P/Hartley 2	6,47	2010,83	1,059	0,695	181,2	219,8	13,6	1986
104P/Kowal 2	6,18	2004,36	1,396	0,585	192,0	246,1	15,5	1979
105P/Singer Brewster	6,45	2005,70	2,041	0,411	46,7	192,5	9,2	1986
106P/Schuster	7,31	2007,25	1,556	0,587	355,8	50,6	20,1	1977
107P/Wilson-Harrington	4,29	2005,53	0,993	0,624	91,3	270,6	2,8	1949
108P/Ciffreo	7,26	2007,55	1,719	0,542	358,0	53,7	13,1	1985
109P/Swift-Tuttle	$\sim$ 133	1992,95	0,960	0,963	153,0	139,4	113,5	-68
110P/Hartley 3	6,88	2008,09	2,484	0,313	167,6	287,7	11,7	1988
111P/Helin-Roman-Crockett	8,14	2004,98	3,478	0,140	10,0	92,0	4,2	1989
112P/Urata-Niijima	6,67	2006,83	1,465	0,586	21,4	31,9	24,2	1986
113P/Spitaler	7,09	2008,23	2,128	0,423	49,8	14,5	5,8	1890
114P/Wiseman-Skiff	6,68	2006,70	1,578	0,555	172,9	271,0	18,3	1986
115P/Maury	8,76	2011,77	2,035	0,521	120,0	176,6	11,7	1985
116P/Wild 4	6,49	2009,55	2,173	0,375	173,6	21,1	3,6	1990
117P/Helin-Roman-Alu 1	9,52	1997,24	3,714	0,173	215,4	73,5	9,8	1989
118P/Shoemaker-Levy 4	6,45	2010,01	1,984	0,427	302,1	151,8	8,5	1991
119P/Parker-Hartley	8,89	2005,40	3,044	0,290	181,4	244,1	5,2	1986
120P/Mueller 1	8,43	2004,75	2,747	0,337	30,2	4,5	8,8	1987

Cometas de corto periodo

Nombre	P (años)	T	q (ua)	e	ω (°)	Ω (°)	i (°)	Prim. apar.
121P/Shoemaker-Holt 2	8,02	2004,67	2,648	0,339	6,3	99,7	17,7	1989
122P/de Vico	74,3	1995,76	0,659	0,963	13,0	79,6	85,4	1846
123P/West-Hartley	7,58	2011,51	2,129	0,448	102,8	46,6	15,4	1989
124P/Mrkos	5,75	2008,32	1,468	0,543	181,3	1,4	31,3	1991
125P/Spacewatch	5,53	2007,61	1,524	0,513	87,3	153,2	10,0	1991
126P/IRAS	13,4	2010,15	1,713	0,696	356,7	357,8	45,8	1983
127P/Holt-Olmstead	6,38	2009,81	2,188	0,364	6,6	13,9	14,3	1990
128P-A/Shoemaker-Holt 1	9,51	1997,89	3,047	0,321	210,2	214,5	4,4	1987
129P/Shoemaker-Levy 3	7,24	2005,43	2,807	0,250	181,8	303,6	5,0	1991
130P/McNaught-Hughes	6,65	2011,48	2,098	0,407	224,4	89,8	7,3	1991
131P/Mueller 2	7,07	2004,97	2,424	0,342	179,8	214,2	7,3	1990
132P/Helin-Roman-Alu 2	8,28	2006,13	1,924	0,530	221,1	178,4	5,8	1989
133P/Elst-Pizarro	5,61	1996,30	2,628	0,167	133,3	160,3	1,4	1979
134P/Kowal-Vavrova	15,6	1998,89	2,575	0,587	18,7	202,3	4,3	1983
135P/Shoemaker-Levy 8	7,50	1999,94	2,721	0,290	22,6	213,3	6,1	1992
136P/Mueller 3	8,59	2007,81	2,963	0,293	225,1	137,6	9,4	1990
137P/Shoemaker-Levy 2	9,31	2009,38	1,842	0,584	142,2	233,8	4,8	1990
138P/Shoemaker-Levy 7	6,91	2005,55	1,707	0,529	95,6	309,4	10,1	1991
139P/Vaisala-Oterma	9,61	2008,30	3,403	0,247	165,5	242,4	2,3	1939
140P/Bowell-Skiff	16,2	1999,37	1,972	0,692	173,1	343,5	3,8	1983
141P-A/Machholz 2	5,23	2005,16	0,753	0,750	149,3	246,2	12,8	1994
142P/Ge-Wang	11,1	2010,41	2,488	0,500	175,7	176,5	12,3	1988
143P/Kowal-Mrkos	8,93	2009,45	2,538	0,411	320,7	245,4	4,7	1984
144P/Kushida	7,60	2009,08	1,439	0,628	216,1	245,6	4,1	1994
145P/Shoemaker-Levy 5	8,68	2000,63	1,988	0,529	6,2	29,7	11,8	1991
146P/Shoemaker-LINEAR	8,08	2008,39	1,418	0,648	316,8	53,6	23,1	1984
147P/Kushida-Muramatsu	7,43	2008,73	2,756	0,276	346,8	93,8	2,4	1994
148P/Anderson-LINEAR	7,07	2008,39	1,703	0,538	6,7	89,8	3,7	1963
149P/Mueller 4	9,02	2010,14	2,651	0,388	43,8	145,3	29,7	2001
150P/LONEOS	7,66	2001,23	1,762	0,547	245,5	272,6	18,5	1978
151P/Helin	14,1	2001,73	2,531	0,566	215,4	143,5	4,7	1987
152P/Helin-Lawrence	9,49	2002,98	3,106	0,307	164,0	92,0	9,9	1993
153P/Ikeya-Zhang	~ 367	2002,21	0,507	0,990	34,7	93,4	28,1	1661
154P/Brewington	10,7	2003,14	1,590	0,672	48,0	343,6	18,1	1992
155P/Shoemaker 3	17,1	2002,96	1,813	0,727	14,9	97,3	6,4	1986
156P/Russell-LINEAR	6,83	2007,46	1,593	0,558	357,7	39,0	20,7	1986
157P/Tritton	6,38	2010,14	1,381	0,599	148,0	300,1	7,3	1978
158P/Kowal-LINEAR	10,3	2002,53	4,593	0,028	234,2	137,3	7,9	1979
159P/LONEOS	14,3	2004,17	3,651	0,381	5,0	55,2	23,4	1989
160P/LINEAR	7,94	2004,79	2,083	0,477	18,0	337,1	17,3	1996
161P/Hartley-IRAS	21,4	2005,47	1,275	0,835	47,2	1,6	95,8	1983
162P/Siding Spring	5,32	2004,86	1,228	0,597	356,4	31,3	27,8	1990
163P/NEAT	7,01	2005,09	1,920	0,476	347,2	103,7	12,5	2004
164P/Christensen	6,91	2004,48	1,646	0,546	325,5	88,7	16,2	1998
165P/LINEAR	76,5	2000,46	6,830	0,621	126,2	0,6	15,9	2000

Cometas de corto periodo

Nombre	P (años)	T	q (ua)	e	ω (°)	Ω (°)	i (°)	Prim. apar.
166P/NEAT	51,7	2002,39	8,564	0,383	321,9	64,5	15,4	2001
167P/CINEOS	3,82	2001,28	1,784	0,270	343,7	295,8	19,1	2002
168P/Hergenrother	6,92	2005,84	1,426	0,607	13,9	356,5	21,9	1998
169P/NEAT	4,20	2005,72	0,605	0,767	217,9	176,3	11,3	1989
170P/Christensen	8,63	2006,07	2,928	0,304	225,4	143,0	10,1	1997
171P/Spahr	6,62	1999,05	1,726	0,510	346,7	102,0	22,0	1998
172P/Yeung	6,59	2008,78	2,242	0,362	178,9	40,1	11,5	1995
173P/Mueller 5	13,6	2008,38	4,213	0,262	29,7	100,6	16,5	1992
174P/Echeclus	35,3	1980,18	5,866	0,455	162,5	173,3	4,3	1979
175P/Hergenrother	6,63	2000,22	2,095	0,407	51,2	127,0	6,1	2000
176P/LINEAR	5,71	2005,81	2,581	0,192	36,1	346,6	0,2	1999
177P/Barnard 2	~ 119	2006,66	1,108	0,954	60,3	272,3	31,2	1889
178P/Hug-Bell	7,05	2006,52	1,946	0,471	296,9	103,7	11,0	1999
179P/Jedicke	14,3	2007,93	4,073	0,308	295,9	115,9	19,9	1993
180P/NEAT	7,54	2008,40	2,468	0,358	94,9	84,8	16,9	1954
181P/Shoemaker-Levy 6	7,53	2006,90	1,127	0,707	333,6	37,9	16,9	1991
182P/LONEOS	5,02	2002,08	0,977	0,667	51,4	75,1	16,9	2002
183P/Korlevic-Juric	9,59	2008,35	3,896	0,137	161,3	5,9	18,7	1955
184P/Lovas 2	6,78	2000,23	1,459	0,593	71,4	283,7	1,5	1986
185P/Petriew	5,49	2001,67	0,945	0,696	181,9	214,1	13,9	2001
186P/Garradd	10,6	2008,22	4,266	0,117	278,6	327,9	28,9	1975
187P/LINEAR	9,41	2008,76	3,700	0,170	131,5	112,0	13,7	1999
188P/LINEAR-Mueller	9,13	2007,96	2,557	0,415	26,3	359,2	10,5	1998
189P/NEAT	4,98	2007,57	1,174	0,597	15,3	282,2	20,4	2002
190P/Mueller	8,72	2007,52	2,035	0,520	49,7	336,2	2,2	1998
191P/McNaught	6,63	2007,70	2,048	0,420	274,2	106,5	8,8	2000
192P/Shoemaker-Levy 1	17,2	2007,97	1,524	0,772	311,0	51,7	24,4	1990
193P/LINEAR-NEAT	6,55	2001,45	2,043	0,417	6,4	336,3	10,9	2001
194P/LINEAR	8,03	2008,15	1,704	0,575	130,7	352,1	11,1	2000
195P/Hill	16,5	2009,06	4,437	0,315	249,7	243,3	36,4	1993
196P/Tichy	7,37	2000,76	2,154	0,431	11,8	24,4	19,4	2000
197P/LINEAR	4,86	2003,53	1,062	0,630	188,7	66,4	25,5	2003
198P/ODAS	6,77	1998,55	1,975	0,448	68,9	358,8	1,4	1998
199P/Shoemaker 4	14,5	2009,28	2,946	0,506	191,8	92,9	24,8	1994
200P/Larsen	11,0	2008,66	3,307	0,330	132,9	234,8	12,1	1997
201P/LONEOS	6,47	2002,13	1,359	0,609	24,7	35,5	7,0	2001
202P/Scotti	7,32	2001,78	2,525	0,330	255,7	194,6	2,2	1929
203P/Korlevic	10,0	2010,11	3,184	0,314	154,6	290,6	3,0	1999
204P/LINEAR-NEAT	7,00	2001,94	1,936	0,471	355,2	109,1	6,6	2001
205P/Giacobini	6,66	2008,70	1,526	0,569	154,2	179,6	15,3	1896
206P/Barnard-Boattini	5,83	2008,82	1,145	0,646	181,4	204,2	32,9	1892
207P/NEAT	7,65	2001,20	0,940	0,758	271,2	200,7	10,2	2000
208P/McMillan	8,11	2008,37	2,525	0,375	310,4	36,4	4,4	2000
209P/LINEAR	5,03	2004,26	0,912	0,689	149,7	66,5	19,2	2004
210P/Christensen	5,71	2008,98	0,548	0,828	345,5	93,9	10,1	2003

Cometas de corto periodo

Nombre	P (años)	T	q (ua)	e	ω (°)	Ω (°)	i (°)	Prim. apar.
211P/Hill	6,73	2009,35	2,362	0,338	4,4	117,3	18,9	2003
212P/NEAT	7,78	2008,93	1,654	0,579	15,1	98,9	22,4	2000
213P/Van Ness	6,34	2005,12	2,126	0,379	3,1	312,7	10,2	2005
214P/LINEAR	6,84	2002,17	1,840	0,489	190,1	348,3	15,2	2002
215P/NEAT	8,10	2002,35	3,229	0,199	222,2	75,5	12,8	1994
216P/LINEAR	7,64	2001,12	2,152	0,445	151,5	360,0	9,0	2001
217P/LINEAR	7,82	2009,69	1,223	0,690	246,8	125,6	12,9	2001
218P/LINEAR	6,11	2003,37	1,703	0,490	10,5	226,8	18,1	2003
219P/LINEAR	6,98	2010,18	2,364	0,352	107,9	231,1	11,5	2002
220P/McNaught	5,50	2004,46	1,554	0,501	180,8	150,1	8,1	2004
221P/LINEAR	6,50	2002,57	1,790	0,486	39,6	230,1	11,4	2002
222P/LINEAR	4,83	2009,67	0,781	0,727	345,4	7,1	5,1	2004
223P/Skiff	8,42	2010,63	2,412	0,417	38,3	346,9	27,0	2001
224P/LINEAR-NEAT	6,11	2003,71	1,882	0,437	9,3	43,5	14,7	2003
225P/LINEAR	6,68	2002,77	1,192	0,664	1,3	15,5	20,7	2002
226P/Pigott-LINEAR-Kowalski	7,09	2003,09	1,917	0,481	357,2	55,1	46,3	2003
227P/Catalina-LINEAR	6,79	2003,89	1,793	0,500	90,2	49,9	6,5	1997
228P/LINEAR	8,49	2003,17	3,424	0,177	115,4	31,1	7,9	2001
229P/Gibbs	7,77	2009,59	2,440	0,378	224,0	158,0	26,1	2001
230P/LINEAR	6,27	2009,61	1,486	0,563	308,7	112,5	14,6	1996
231P/LINEAR-NEAT	8,05	2003,33	3,017	0,249	42,6	133,1	12,3	1950
232P/Hill	9,49	2009,75	2,983	0,334	53,4	56,1	14,6	1999
233P/La Sagra	5,29	2010,20	1,792	0,409	27,1	75,0	11,3	2004
234P/LINEAR	7,46	2009,98	2,856	0,252	358,5	179,8	11,5	2002
235P/LINEAR	8,00	2002,22	2,741	0,315	333,9	204,5	8,9	2002
236P/LINEAR	7,20	2010,69	1,831	0,509	119,4	245,7	16,3	2003
237P/LINEAR	7,22	2009,92	2,419	0,353	20,4	252,5	16,2	2002
238P/Read	5,63	2005,57	2,365	0,253	325,8	51,6	1,3	2005
239P/LINEAR	9,42	2000,13	1,640	0,632	220,2	256,2	11,3	2000
240P/NEAT	7,59	2010,76	2,124	0,450	351,9	75,0	23,5	2003
241P/LINEAR	10,7	2010,56	1,857	0,617	111,4	307,0	20,4	1999
242P/Spahr	13,2	1999,16	3,845	0,310	251,9	181,7	31,5	1999
243P/NEAT	7,50	2003,69	2,457	0,359	284,2	87,8	7,6	2003
244P/Scotti	11,3	2000,82	4,045	0,195	88,1	354,9	2,3	2000
245P/WISE	8,03	2010,10	2,140	0,466	316,4	318,5	21,1	2002
246P/NEAT	8,04	2005,01	2,864	0,287	176,1	78,8	16,0	2004
247P/LINEAR	7,97	2011,01	1,495	0,625	45,0	56,0	13,7	2002
248P/Gibbs	14,6	2011,11	2,145	0,642	209,9	207,8	6,4	1996
249P/LINEAR	4,63	2006,66	0,511	0,816	64,0	240,6	8,4	2006
250P/Larson	7,21	2010,87	2,214	0,407	44,9	73,8	13,3	1995
251P/LINEAR	6,52	2004,47	1,712	0,510	30,8	219,6	23,5	2004
252P/LINEAR	5,35	2000,19	1,003	0,672	343,3	191,0	10,4	2000
253P/PANSTARRS	6,47	2011,90	2,039	0,413	231,0	146,9	4,9	1998
254P/McNaught	10,1	2010,83	3,214	0,312	221,0	130,1	32,6	1980

Cometas de corto periodo

Nombre	P (años)	T	q (ua)	e	ω (°)	Ω (°)	i (°)	Prim. apar.
255P/Levy	5,29	2012,04	1,007	0,668	179,6	279,7	18,3	2006
256P/LINEAR	9,89	2003,30	2,673	0,420	124,1	81,5	27,7	2003
257P/Catalina	7,27	2006,14	2,126	0,434	117,6	208,0	20,2	2005
258P/PANSTARRS	9,22	2011,21	3,479	0,209	25,8	126,3	6,7	2002
259P/Garradd	4,50	2008,57	1,793	0,342	256,5	52,0	15,9	2008
260P/McNaught	7,09	2012,70	1,502	0,593	15,5	352,0	15,7	2005
261P/Larson	6,80	2005,95	2,194	0,389	58,5	298,6	6,3	2005
262P/McNaught-Russell	18,3	2012,94	1,291	0,814	171,1	218,0	29,0	1994
263P/Gibbs	5,27	2006,99	1,251	0,587	26,3	113,4	14,5	2006
264P/Larsen	7,68	2004,20	2,437	0,374	346,6	221,0	25,1	2004
265P/LINEAR	8,77	2003,68	1,505	0,646	32,7	344,7	14,7	2003
266P/Christensen	6,63	2007,05	2,326	0,341	98,4	5,1	3,4	2006
267P/LONEOS	5,97	2006,67	1,338	0,593	96,9	245,3	5,4	2006
268P/Bernardi	9,55	2005,62	2,345	0,479	357,4	129,7	15,6	2005
269P/Jedicke	19,2	1995,62	4,047	0,436	223,9	249,2	6,6	1993
270P/Gehrels	17,5	2013,56	3,598	0,467	211,6	225,7	2,9	1997
271P/van Houten-Lemmon	18,3	2013,55	4,257	0,387	35,5	9,8	6,9	1960
272P/NEAT	9,40	2013,19	2,438	0,452	26,0	111,9	18,3	2003
273P/Pons-Gambart	$\sim$ 187	2012,97	0,810	0,975	20,2	320,4	136,4	1827
274P/Tombaugh-Tenagra	9,12	2013,15	2,442	0,441	38,5	81,4	15,8	1931
275P/Hermann	13,8	1999,14	1,649	0,714	173,1	349,3	21,6	1999
276P/Vorobjov	12,4	2013,05	3,923	0,269	206,1	214,3	14,5	2000
277P/LINEAR	7,60	2005,85	1,919	0,504	152,3	276,4	16,7	2005
278P/McNaught	7,09	2006,49	2,088	0,434	238,1	15,5	6,7	2006
279P/La Sagra	6,76	2009,78	2,148	0,399	6,0	346,3	5,1	2002
280P/Larsen	9,58	2004,36	2,625	0,418	104,8	131,5	11,8	2004
281P/MOSS	10,7	2012,36	4,018	0,174	26,0	87,2	4,7	2000
283P/Spacewatch	8,41	2013,27	2,127	0,486	22,0	161,3	14,5	1996
284P/McNaught	7,07	2014,67	2,286	0,379	202,6	144,3	11,9	2006
285P/LINEAR	9,59	2003,93	1,711	0,621	177,3	186,5	24,5	2003
286P/Christensen	8,35	2005,65	2,367	0,425	24,7	284,1	17,0	2005
287P/Christensen	8,51	2006,46	3,039	0,271	188,9	139,2	16,3	2006
289P/Blanpain	5,32	2014,66	0,961	0,685	9,8	68,9	5,9	2003
290P/Jager	15,0	1999,19	2,133	0,649	180,9	303,5	19,1	1998
291P/NEAT	9,72	2004,24	2,596	0,430	175,8	241,1	5,9	2003
292P/Li	15,2	1998,96	2,524	0,588	319,2	91,8	24,3	1998
293P/Spacewatch	6.92	2007.11	2.109	0.419	41.4	78.4	9.1	2006
294P/LINEAR	5.73	2008.45	1.298	0.595	233.3	315.4	19.1	2008
295P/LINEAR	12.4	2002.04	2.059	0.615	73.4	7.8	21.1	2002
296P/Garradd	6.55	2014.17	1.832	0.477	350.0	263.7	25.2	2001
297P/Beshore	6.50	2008.22	2.409	0.309	131.8	98.3	10.3	2008
298P/Christensen	6.52	2007.18	2.051	0.412	95.6	57.1	8.0	2007
299P/Catalina-PANSTARRS	9.15	2015.15	3.142	0.282	323.4	271.7	10.5	2005
300P/Catalina	4.42	2005.57	0.825	0.694	222.7	95.9	5.7	2005
301P/LINEAR-NEAT	13.6	2001.09	2.346	0.587	189.4	355.8	10.6	2001

Cometas de corto periodo

Nombre	P (años)	T	q (ua)	e	ω (°)	Ω (°)	i (°)	Prim. apar.
302P/Lemmon-PANSTARRS	8.81	2007.51	3.284	0.230	208.6	121.8	6.0	2007
303P/NEAT	11.4	2003.31	2.492	0.509	356.3	348.3	7.1	2003
304P/Ory	5.84	2008.80	1.382	0.574	329.6	60.7	2.8	2008
305P/Skiff	9.97	2004.94	1.418	0.694	144.8	242.2	11.5	2004
306P/LINEAR	5.47	2003.62	1.246	0.598	0.8	341.5	8.4	2003
307P/LINEAR	14.0	2014.97	1.892	0.675	221.9	158.2	4.4	2000
308P/Lagerkvist-Carsenty	17.3	1998.20	4.242	0.365	334.3	63.2	4.8	1997
309P/LINEAR	9.41	2005.74	1.755	0.606	50.9	11.4	17.6	2005
310P/Hill	8.51	2006.80	2.398	0.425	31.2	9.1	13.2	2006
311P/PANSTARRS	3.24	2014.29	1.936	0.115	144.2	279.3	5.0	2010
312P/NEAT	6,40	2007,90	1,949	0,434	207,1	145,0	19,9	2001
313P/Gibbs	5,61	2014,66	2,391	0,242	253,5	106,5	11,0	2003
314P/Montani	19,5	1997,27	4,217	0,418	213,7	267,8	4,0	1997
315P/LONEOS	10,7	2005,67	2,376	0,510	63,1	71,2	20,1	2004
316P/LONEOS-Christensen	9,00	2006,85	3,608	0,166	191,7	246,9	9,9	2005
317P/WISE	5,01	2010,52	1,194	0,592	330,1	279,7	10,8	2010
318P/McNaught-Hartley	20,9	2015,82	2,497	0,671	312,3	36,0	17,6	1994
319P/Catalina-McNaught	6,75	2015,50	1,196	0,665	203,7	111,4	15,1	2008
320P/McNaught	5,47	2010,14	0,986	0,683	0,7	296,0	4,9	2004
321P/SOHO	3,78	2016,28	0,046	0,981	172,5	165,2	20,1	1997
322P/SOHO	3,99	2011,69	0,053	0,979	48,9	359,7	12,6	1999
323P/SOHO	4,22	2008,42	0,048	0,982	353,1	324,2	6,2	1999
324P/La Sagra	5,45	2015,92	2,620	0,154	58,6	270,7	21,4	2010
325P/Yang-Gao	6,32	2009,39	1,296	0,621	347,0	259,3	16,2	2009
326P/Hill	8,21	2007,58	2,775	0,318	278,6	99,9	2,5	2007
327P/Van Ness	6,70	2009,22	1,549	0,564	185,1	174,0	36,3	2002

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.

Cometas de corto periodo ordenados alfabéticamente
con indicación de su periodo en años

P	Nombre	P	Nombre
7,04	148P/Anderson-LINEAR	14,71	66P/du Toit
8,26	50P/Arend	5,06	79P/du Toit-Hartley
6,74	49P/Arend-Rigaux	6,41	57P/duToit-Neujmin-Delporte
8,37	47P/Ashbrook-Jackson	3,30	2P/Encke
120,06	177P/Barnard	7,52	4P/Faye
5,57	206P/Barnard-Boattini	6,51	15P/Finlay
9,60	268P/Bernardi	6,37	37P/Forbes
6,50	297P/Beshore	10,99	34D/Gale
6,65	3D/Biela	10,62	186P/Garradd
5,32	289P/Blanpain	4,50	259P/Garradd
11,81	85P/Boethin	6,55	296P/Garradd
6,84	19P/Borrelly	17,55	270P/Gehrels
16,18	140P/Bowell-Skiff	14,85	90P/Gehrels 1
10,75	154P/Brewington	7,22	78P/Gehrels 2
6,15	16P/Brooks 2	8,43	82P/Gehrels 3
5,46	5D/Brorsen	11,04	142P/Ge-Wang
70,52	23P/Brorsen-Metcalf	6,68	205P/Giacobini
6,38	87P/Bus	6,59	21P/Giacobini-Zinner
4,42	300P/Catalina	14,63	248P/Gibbs
7,28	257P/Catalina	5,27	263P/Gibbs
6,79	227P/Catalina-LINEAR	5,61	313P/Gibbs
6,75	319P/Catalina-McNaught	7,78	229P/Gibbs
9,14	299P/Catalina-PANSTARRS	6,95	84P/Giclas
13,94	101P/Chernykh	5,24	26P/Grigg-Skjellerup
5,65	210P/Christensen	7,68	65P/Gunn
6,52	298P/Christensen	75,31	1P/Halley
6,63	266P/Christensen	7,16	51P/Harrington
6,97	164P/Christensen	7,58	52P/Harrington-Abell
8,35	286P/Christensen	6,31	100P/Hartley 1
8,54	287P/Christensen	6,48	103P/Hartley 2
8,60	170P/Christensen	6,87	110P/Hartley 3
6,44	67P/Churyumov-Gerasimenko	21,46	161P/Hartley-IRAS
7,24	108P/Ciffreo	14,08	151P/Helin
3,82	167P/CINEOS	9,53	152P/Helin-Lawrence
5,53	71P/Clark	8,29	117P/Helin-Roman-Alu 1
9,57	32P/Comas Sola	8,24	132P/Helin-Roman-Alu 2
28,07	27P/Crommelin	8,49	111P/Helin-Roman-Crockett
8,10	33P/Daniel	6,52	175P/Hergenrother
6,56	6P/d'Arrest	6,90	168P/Hergenrother
9,03	72P/Denning-Fujikawa	13,84	275P/Hermann
74,35	122P/de Vico	154,91	35P/Herschel-Rigollet
7,38	54P/de Vico-Swift-NEAT	16,49	195P/Hill

Cometas de corto periodo ordenados alfabéticamente
con indicación de su periodo en años

P	Nombre	P	Nombre
6,73	211P/Hill	5,34	252P/LINEAR
8,21	326P/Hill	5,47	306P/LINEAR
8,51	310P/Hill	5,73	294P/LINEAR
9,49	232P/Hill	6,11	218P/LINEAR
6,89	17P/Holmes	6,27	230P/LINEAR
6,41	127P/Holt-Olmstead	6,48	221P/LINEAR
5,25	45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova	6,52	251P/LINEAR
5,48	88P/Howell	6,68	225P/LINEAR
7,03	178P/Hug-Bell	6,84	214P/LINEAR
366,50	153P/Ikeya-Zhang	6,98	219P/LINEAR
13,42	126P/IRAS	7,20	236P/LINEAR
8,24	58P/Jackson-Neujmin	7,22	237P/LINEAR
15,08	290P/Jager	7,46	234P/LINEAR
14,31	179P/Jedicke	7,60	277P/LINEAR
19,35	269P/Jedicke	7,65	216P/LINEAR
6,64	48P/Johnson	76,69	165P/LINEAR
9,51	59P/Kearns-Kwee	7,83	217P/LINEAR
10,83	68P/Klemola	7,92	160P/LINEAR
6,67	75D/Kohoutek	7,99	247P/LINEAR
7,04	70P/Kojima	8,00	235P/LINEAR
6,39	22P/Kopff	8,03	194P/LINEAR
10,01	203P/Korlevic	8,49	228P/LINEAR
9,58	183P/Korlevic-Juric	8,77	265P/LINEAR
15,25	99P/Kowal 1	9,39	309P/LINEAR
5,89	104P/Kowal 2	9,40	187P/LINEAR
10,26	158P/Kowal-LINEAR	9,43	239P/LINEAR
8,92	143P/Kowal-Mrkos	9,58	285P/LINEAR
15,57	134P/Kowal-Vavrova	9,93	256P/LINEAR
7,60	144P/Kushida	9,13	188P/LINEAR-Mueller
7,43	147P/Kushida-Muramatsu	13,56	301P/LINEAR-NEAT
17,27	308P/Lagerkvist-Carsenty	6,11	224P/LINEAR-NEAT
10,91	200P/Larsen	6,76	193P/LINEAR-NEAT
7,68	264P/Larsen	7,00	204P/LINEAR-NEAT
9,58	280P/Larsen	8,08	231P/LINEAR-NEAT
6,79	261P/Larson	10,67	315P/LONEOS
7,20	250P/Larson	14,32	159P/LONEOS
5,29	233P/La Sagra	5,02	182P/LONEOS
5,45	324P/La Sagra	5,97	267P/LONEOS
6,76	279P/La Sagra	6,43	201P/LONEOS
8,81	302P/Lemmon-PANSTARRS	7,67	150P/LONEOS
5,30	255P/Levy	9,00	316P/LONEOS-Christensen
15,20	292P/Li	6,88	77P/Longmore
10,79	241P/LINEAR	9,20	93P/Lovas 1
12,36	295P/LINEAR	6,62	184P/Lovas 2
13,99	307P/LINEAR	5,28	96P/Machholz 1
4,63	249P/LINEAR	5,25	141P/Machholz 2
4,83	222P/LINEAR	8,79	115P/Maury
4,85	197P/LINEAR	8,11	208P/McMillan
5,02	209P/LINEAR	10,09	254P/McNaught

Cometas de corto periodo ordenados alfabéticamente
con indicación de su periodo en años

P	Nombre	P	Nombre
5,47	320P/McNaught	70,84	12P/Pons-Brooks
5,49	220P/McNaught	185,64	273P/Pons-Gambart
6,64	191P/McNaught	6,32	7P/Pons-Winnecke
7,04	284P/McNaught	5,63	238P/Read
7,08	260P/McNaught	7,34	30P/Reinmuth 1
7,09	278P/McNaught	7,10	44P/Reinmuth 2
20,92	318P/McNaught-Hartley	6,10	83D/Russell 1
6,67	130P/McNaught-Hughes	7,39	89P/Russell 2
18,26	262P/McNaught-Russell	7,70	91P/Russell 3
10,51	97P/Metcalf-Brewington	6,58	94P/Russell 4
19,49	314P/Montani	6,82	156P/Russell-LINEAR
10,72	281P/MOSS	12,41	92P/Sanguin
6,04	124P/Mrkos	8,25	24P/Schaumasse
8,73	190P/Mueller	7,29	106P/Schuster
8,42	120P/Mueller 1	14,74	29P/Schwassmann-Wachmann 1
7,06	131P/Mueller 2	8,75	31P/Schwassmann-Wachmann 2
8,62	136P/Mueller 3	5,34	73P/Schwassmann-Wachmann 3
9,02	149P/Mueller 4	11,00	244P/Scotti
13,63	173P/Mueller 5	7,32	202P/Scotti
11,43	303P/NEAT	7,06	61P/Shajn-Schaldach
4,20	169P/NEAT	7,22	102P/Shoemaker 1
4,99	189P/NEAT	17,09	155P/Shoemaker 3
51,73	166P/NEAT	14,53	199P/Shoemaker 4
6,40	312P/NEAT	9,51	128P/Shoemaker-Holt 1-A
7,30	163P/NEAT	9,86	121P/Shoemaker-Holt 2
7,50	243P/NEAT	17,34	192P/Shoemaker-Levy 1
7,58	180P/NEAT	9,56	137P/Shoemaker-Levy 2
7,60	240P/NEAT	8,85	129P/Shoemaker-Levy 3
7,66	207P/NEAT	6,45	118P/Shoemaker-Levy 4
7,78	212P/NEAT	8,43	145P/Shoemaker-Levy 5
8,06	246P/NEAT	7,52	181P/Shoemaker-Levy 6
8,07	215P/NEAT	6,89	138P/Shoemaker-Levy 7
9,40	272P/NEAT	7,50	135P/Shoemaker-Levy 8
9,73	291P/NEAT	8,08	146P/Shoemaker-LINEAR
18,17	28P/Neujmin 1	5,32	162P/Siding Spring
5,43	25D/Neujmin 2	6,46	105P/Singer Brewster
10,77	42P/Neujmin 3	8,42	223P/Skiff
6,78	198P/ODAS	9,93	305P/Skiff
69,52	13P/Olbers	11,47	56P/Slaughter-Burnham
5,84	304P/Ory	8,49	74P/Smirnova-Chernykh
19,53	39P/Oterma	3,78	321P/SOHO
3,24	311P/PANSTARRS	3,99	322P/SOHO
6,46	253P/PANSTARRS	4,22	323P/SOHO
9,22	258P/PANSTARRS	5,53	125P/Spacewatch
8,89	119P/Parker-Hartley	6,93	293P/Spacewatch
6,72	18D/Perrine-Mrkos	8,41	283P/Spacewatch
8,07	80P/Peters-Hartley	13,41	242P/Spahr
5,46	185P/Petriew	6,69	171P/Spahr
7,09	226P/Pigott-LINEAR-Kowalski	7,06	113P/Spitaler

Cometas de corto periodo ordenados alfabéticamente
con indicación de su periodo en años

P	Nombre	P	Nombre
37,72	38P/Stephan-Oterma	18,40	271P/van Houten-Lemmon
9,35	64P/Swift-Gehrels	6,34	213P/Van Ness
133,28	109P/Swift-Tuttle	6,70	327P/Van Ness
7,43	98P/Takamizawa	12,43	276P/Vorobjov
7,65	69P/Taylor	7,59	123P/West-Hartley
5,58	9P/Tempel 1	6,47	76P/West-Kohoutek-Ikemura
5,36	10P/Tempel 2	61,86	20D/Westphal
6,30	11P/Tempel-Swift-LINEAR	8,49	36P/Whipple
33,24	55P/Tempel-Tuttle	13,21	63P/Wild 1
7,35	196P/Tichy	6,40	81P/Wild 2
9,12	274P/Tombaugh-Tenagra	6,91	86P/Wild 3
6,31	157P/Tritton	6,51	116P/Wild 4
6,63	62P/Tsuchinshan 1	5,43	46P/Wirtanen
6,56	60P/Tsuchinshan 2	5,01	317P/WISE
13,61	8P/Tuttle	8,04	245P/WISE
5,42	41P/Tuttle-Giacobini-Kresak	6,67	114P/Wiseman-Skiff
6,64	112P/Urata-Niijima	8,77	14P/Wolf
10,98	40P/Vaisala 1	6,13	43P/Wolf-Harrington
9,61	139P/Vaisala-Oterma	6,32	325P/Yang-Gao
12,59	53P/Van Biesbroeck	6,58	172P/Yeung

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.

Las lluvias de meteoros diurnas sólo son observables con radar. Dicha observación se basa en que la onda radio emitida es reflejada por los gases que ioniza el meteoro en la atmósfera superior.

Lluvias de meteoros

nombre	máximo	visibilidad	radiante		velocidad	ritmo
			α	δ	(km s^{-1})	(h^{-1})
Cuadrántidas	3 Ene	28 Dic - 7 Ene	229°	49°	43	145
Virgínidas	18 Mar	13 Feb - 8 Abr	183°	3°	31	20
Líridas	20 Abr	16 Abr - 25 Abr	272°	33°	47	45
η Acuáridas	5 May	21 Abr - 12 May	336°	$-1°$	64	120
Ariétidas (diurnas)	8 Jun	22 May - 2 Jul	45°	24°	39	66 (rad.)
ζ Perséidas (diurnas)	13 Jun	20 May - 5 Jul	63°	26 °	29	42 (rad.)
Escorpiónidas -Sagitáridas	18 Jun	1 Jun - 15 Jul	278°	$-25°$		20
β Táuridas (diurnas)	30 Jun	5 Jun - 18 Jul	79°	21°	32	27 (rad.)
δ Acuáridas	30 Jul	20 Jul - 14 Ago	339°	$-10°$	41	65
Perséidas	12 Ago	23 Jul - 22 Ago	48°	57°	60	200
Dracónidas	9 Oct	6 Oct - 10 Oct	262°	54°	24	
Oriónidas	21 Oct	15 Oct - 29 Oct	95°	16°	66	75
Táuridas	4 Nov	20 Oct - 25 Nov	55°	17°	30	35
Andromédidas	14 Nov	25 Sep - 6 Dic	26°	37°	20	5
Leónidas	17 Nov	14 Nov - 20 Nov	153°	22°	72	45
Gemínidas	13 Dic	6 Dic - 19 Dic	112°	33°	36	150
Úrsidas	22 Dic	17 Dic - 24 Dic	217°	76°	36	45

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:

$$\phi = h - p\cos H + 0{,}00873\ (p\ \mathrm{sen}\, H)^2 \tan h$$

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:

$$a = -p\ \mathrm{sen}\, H / \cos h$$

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}	$2^{\mathrm{h}}31^{\mathrm{m}}49\overset{\mathrm{s}}{.}09456$ ICRS
δ_{2000}	$89^\circ 15' 50\overset{''}{.}7923$ 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 2016
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^h52^m	$39'$	2^h51^m	$39'$	2^h50^m	$39'$	2^h50^m	$39'$	2^h50^m	$40'$	2^h50^m	$40'$
1	77,22	54,″7	84,96	50,″5	92,09	52,″1	51,34	58,″9	39,63	7,″9	59,06	16,″8
2	75,74	54,″5	83,23	50,″5	90,58	52,″3	50,41	59,″1	39,57	8,″2	60,24	17,″1
3	74,30	54,″3	81,53	50,″5	89,06	52,″4	49,42	59,″4	39,56	8,″6	61,56	17,″3
4	72,91	54,″2	79,81	50,″5	87,50	52,″5	48,40	59,″7	39,65	8,″9	62,99	17,″6
5	71,56	54,″0	78,05	50,″4	85,87	52,″7	47,40	59,″9	39,91	9,″3	64,46	17,″8
6	70,23	53,″8	76,21	50,″4	84,16	52,″8	46,48	60,″3	40,33	9,″6	65,90	18,″0
7	68,88	53,″6	74,27	50,″3	82,40	52,″9	45,71	60,″6	40,90	9,″9	67,26	18,″2
8	67,48	53,″3	72,23	50,″3	80,60	53,″1	45,10	60,″9	41,54	10,″2	68,54	18,″4
9	66,00	53,″1	70,13	50,″3	78,86	53,″3	44,65	61,″3	42,18	10,″5	69,74	18,″5
10	64,40	52,″9	68,02	50,″3	77,22	53,″5	44,30	61,″6	42,77	10,″8	70,89	18,″7
11	62,69	52,″7	65,97	50,″3	75,73	53,″8	43,98	61,″9	43,28	11,″0	72,05	18,″9
12	60,88	52,″5	64,02	50,″4	74,38	54,″0	43,64	62,″1	43,73	11,″3	73,23	19,″1
13	59,01	52,″3	62,19	50,″5	73,15	54,″2	43,24	62,″4	44,13	11,″6	74,48	19,″4
14	57,14	52,″2	60,47	50,″6	71,97	54,″5	42,77	62,″7	44,51	11,″8	75,80	19,″6
15	55,32	52,″1	58,82	50,″6	70,79	54,″7	42,25	63,″0	44,92	12,″2	77,21	19,″8
16	53,58	52,″0	57,20	50,″7	69,57	54,″8	41,71	63,″3	45,37	12,″5	78,72	20,″0
17	51,95	51,″8	55,54	50,″7	68,29	55,″0	41,16	63,″5	45,91	12,″8	80,30	20,″2
18	50,39	51,″7	53,82	50,″8	66,94	55,″2	40,65	63,″9	46,53	13,″1	81,94	20,″4
19	48,88	51,″6	52,02	50,″8	65,54	55,″4	40,20	64,″2	47,26	13,″4	83,62	20,″6
20	47,35	51,″5	50,14	50,″9	64,11	55,″7	39,84	64,″5	48,08	13,″7	85,30	20,″7
21	45,76	51,″4	48,20	50,″9	62,69	55,″9	39,58	64,″9	48,98	14,″0	86,94	20,″9
22	44,08	51,″2	46,22	51,″0	61,30	56,″2	39,42	65,″2	49,95	14,″3	88,54	21,″0
23	42,28	51,″1	44,24	51,″1	59,98	56,″4	39,35	65,″6	50,94	14,″5	90,07	21,″1
24	40,39	51,″0	42,29	51,″2	58,75	56,″7	39,37	65,″9	51,94	14,″8	91,53	21,″2
25	38,42	50,″8	40,40	51,″4	57,61	57,″0	39,44	66,″2	52,91	15,″0	92,95	21,″4
26	36,41	50,″8	38,59	51,″5	56,57	57,″3	39,54	66,″5	53,83	15,″3	94,37	21,″5
27	34,39	50,″7	36,86	51,″7	55,62	57,″6	39,64	66,″8	54,69	15,″5	95,84	21,″7
28	32,39	50,″6	35,21	51,″8	54,73	57,″8	39,70	67,″1	55,51	15,″7	97,40	21,″8
29	30,44	50,″6	33,63	52,″0	53,89	58,″1	39,72	67,″4	56,31	16,″0	99,09	22,″0
30	28,55	50,″6			53,06	58,″4	39,70	67,″6	57,13	16,″2	100,91	22,″1
31	26,73	50,″6			52,22	58,″6			58,03	16,″5		

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 2016
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
	$2^{h}51^{m}$	$40'$	$2^{h}52^{m}$	$40'$	$2^{h}53^{m}$	$40'$	$2^{h}54^{m}$	$40'$	$2^{h}54^{m}$	$39'$	$2^{h}54^{m}$	$39'$
1	$42^{s}.85$	$22''.3$	$41^{s}.75$	$23''.3$	$40^{s}.69$	$19''.4$	$27^{s}.80$	$11''.9$	$56^{s}.72$	$61''.5$	$57^{s}.48$	$50''.3$
2	$44^{s}.84$	$22''.4$	$43^{s}.71$	$23''.2$	$42^{s}.30$	$19''.2$	$29^{s}.04$	$11''.6$	$57^{s}.35$	$61''.1$	$57^{s}.01$	$49''.9$
3	$46^{s}.83$	$22''.5$	$45^{s}.58$	$23''.1$	$43^{s}.93$	$19''.0$	$30^{s}.32$	$11''.3$	$57^{s}.96$	$60''.8$	$56^{s}.43$	$49''.6$
4	$48^{s}.75$	$22''.5$	$47^{s}.38$	$23''.0$	$45^{s}.60$	$18''.9$	$31^{s}.65$	$11''.1$	$58^{s}.52$	$60''.4$	$55^{s}.74$	$49''.2$
5	$50^{s}.58$	$22''.6$	$49^{s}.15$	$23''.0$	$47^{s}.33$	$18''.7$	$33^{s}.01$	$10''.8$	$59^{s}.40$	$59''.6$	$54^{s}.95$	$48''.8$
6	$52^{s}.32$	$22''.7$	$50^{s}.93$	$22''.9$	$49^{s}.11$	$18''.5$	$34^{s}.37$	$10''.5$	$59^{s}.69$	$59''.2$	$54^{s}.09$	$48''.5$
7	$53^{s}.98$	$22''.7$	$52^{s}.76$	$22''.8$	$50^{s}.94$	$18''.3$	$35^{s}.71$	$10''.1$	$59^{s}.86$	$58''.8$	$53^{s}.19$	$48''.2$
8	$55^{s}.61$	$22''.8$	$54^{s}.64$	$22''.8$	$52^{s}.80$	$18''.1$	$37^{s}.00$	$9''.8$	$59^{s}.93$	$58''.4$	$52^{s}.30$	$47''.9$
9	$57^{s}.24$	$22''.9$	$56^{s}.59$	$22''.7$	$54^{s}.66$	$17''.9$	$38^{s}.22$	$9''.5$	$59^{s}.95$	$58''.1$	$51^{s}.47$	$47''.6$
10	$58^{s}.91$	$23''.0$	$58^{s}.60$	$22''.7$	$56^{s}.51$	$17''.7$	$39^{s}.34$	$9''.1$	$59^{s}.94$	$57''.7$	$50^{s}.74$	$47''.3$
11	$60^{s}.64$	$23''.0$	$60^{s}.67$	$22''.6$	$58^{s}.31$	$17''.4$	$40^{s}.35$	$8''.7$	$59^{s}.99$	$57''.4$	$50^{s}.11$	$47''.0$
12	$62^{s}.44$	$23''.1$	$62^{s}.77$	$22''.5$	$60^{s}.03$	$17''.1$	$41^{s}.26$	$8''.4$	$60^{s}.12$	$57''.1$	$49^{s}.54$	$46''.7$
13	$64^{s}.32$	$23''.2$	$64^{s}.88$	$22''.4$	$61^{s}.65$	$16''.9$	$42^{s}.09$	$8''.0$	$60^{s}.36$	$56''.7$	$48^{s}.96$	$46''.4$
14	$66^{s}.28$	$23''.3$	$66^{s}.97$	$22''.3$	$63^{s}.17$	$16''.6$	$42^{s}.89$	$7''.7$	$60^{s}.68$	$56''.4$	$48^{s}.29$	$46''.1$
15	$68^{s}.30$	$23''.4$	$69^{s}.00$	$22''.2$	$64^{s}.60$	$16''.3$	$43^{s}.71$	$7''.4$	$61^{s}.02$	$56''.0$	$47^{s}.48$	$45''.7$
16	$70^{s}.35$	$23''.4$	$70^{s}.95$	$22''.0$	$65^{s}.98$	$16''.1$	$44^{s}.61$	$7''.1$	$61^{s}.29$	$55''.6$	$46^{s}.51$	$45''.4$
17	$72^{s}.40$	$23''.4$	$72^{s}.81$	$21''.8$	$67^{s}.36$	$15''.8$	$45^{s}.62$	$6''.8$	$61^{s}.44$	$55''.2$	$45^{s}.40$	$45''.0$
18	$74^{s}.43$	$23''.4$	$74^{s}.57$	$21''.7$	$68^{s}.81$	$15''.6$	$46^{s}.73$	$6''.5$	$61^{s}.44$	$54''.8$	$44^{s}.20$	$44''.7$
19	$76^{s}.40$	$23''.4$	$76^{s}.28$	$21''.5$	$70^{s}.37$	$15''.4$	$47^{s}.88$	$6''.1$	$61^{s}.29$	$54''.4$	$42^{s}.94$	$44''.5$
20	$78^{s}.29$	$23''.4$	$77^{s}.97$	$21''.4$	$72^{s}.03$	$15''.1$	$49^{s}.01$	$5''.8$	$61^{s}.03$	$54''.0$	$41^{s}.67$	$44''.2$
21	$80^{s}.10$	$23''.4$	$79^{s}.71$	$21''.3$	$73^{s}.76$	$14''.9$	$50^{s}.05$	$5''.4$	$60^{s}.68$	$53''.7$	$40^{s}.41$	$43''.9$
22	$81^{s}.84$	$23''.4$	$81^{s}.53$	$21''.2$	$75^{s}.52$	$14''.6$	$50^{s}.96$	$5''.0$	$60^{s}.30$	$53''.3$	$39^{s}.20$	$43''.7$
23	$83^{s}.55$	$23''.4$	$83^{s}.46$	$21''.1$	$77^{s}.23$	$14''.3$	$51^{s}.74$	$4''.6$	$59^{s}.92$	$53''.0$	$38^{s}.03$	$43''.4$
24	$85^{s}.28$	$23''.4$	$85^{s}.50$	$21''.0$	$78^{s}.86$	$14''.0$	$52^{s}.39$	$4''.2$	$59^{s}.56$	$52''.7$	$36^{s}.89$	$43''.2$
25	$87^{s}.08$	$23''.4$	$87^{s}.60$	$20''.8$	$80^{s}.36$	$13''.7$	$52^{s}.95$	$3''.9$	$59^{s}.23$	$52''.3$	$35^{s}.78$	$43''.0$
26	$88^{s}.99$	$23''.4$	$89^{s}.71$	$20''.7$	$81^{s}.75$	$13''.4$	$53^{s}.46$	$3''.5$	$58^{s}.94$	$52''.0$	$34^{s}.68$	$42''.7$
27	$91^{s}.02$	$23''.5$	$91^{s}.77$	$20''.5$	$83^{s}.04$	$13''.1$	$53^{s}.94$	$3''.2$	$58^{s}.67$	$51''.7$	$33^{s}.55$	$42''.5$
28	$93^{s}.15$	$23''.5$	$93^{s}.75$	$20''.3$	$84^{s}.25$	$12''.8$	$54^{s}.43$	$2''.8$	$58^{s}.42$	$51''.4$	$32^{s}.37$	$42''.2$
29	$95^{s}.34$	$23''.5$	$95^{s}.62$	$20''.0$	$85^{s}.43$	$12''.5$	$54^{s}.95$	$2''.5$	$58^{s}.16$	$51''.0$	$31^{s}.11$	$41''.9$
30	$97^{s}.54$	$23''.4$	$97^{s}.39$	$19''.8$	$86^{s}.60$	$12''.2$	$55^{s}.51$	$2''.2$	$57^{s}.85$	$50''.7$	$29^{s}.75$	$41''.6$
31	$99^{s}.69$	$23''.3$	$99^{s}.07$	$19''.6$			$56^{s}.10$	$1''.8$			$28^{s}.27$	$41''.4$

El día 4 de noviembre la Polar culmina dos veces en Greenwich, siendo las coordenadas en su segundo paso: $\alpha = 2^{h}54^{m}59^{s}.01$ y $p = 40'0''.0$.

Distancia polar:

$$p = 90^{\circ} - \delta$$

Declinación de la Polar:

$$\delta = 90^{\circ} - p$$

Mínimos de β Persei (Algol) en 2016

fecha y hora		fecha y hora		fecha y hora		fecha y hora	
Ene 1	11^h54^m	Abr 2	06^h13^m	Jul 3	00^h21^m	Oct 2	18^h18^m
Ene 4	08^h43^m	Abr 5	03^h02^m	Jul 5	21^h09^m	Oct 5	15^h06^m
Ene 7	05^h33^m	Abr 7	23^h51^m	Jul 8	17^h58^m	Oct 8	11^h55^m
Ene 10	02^h22^m	Abr 10	20^h41^m	Jul 11	14^h47^m	Oct 11	08^h44^m
Ene 12	23^h11^m	Abr 13	17^h30^m	Jul 14	11^h36^m	Oct 14	05^h33^m
Ene 15	20^h01^m	Abr 16	14^h19^m	Jul 17	08^h24^m	Oct 17	02^h21^m
Ene 18	16^h50^m	Abr 19	11^h08^m	Jul 20	05^h13^m	Oct 19	23^h10^m
Ene 21	13^h39^m	Abr 22	07^h57^m	Jul 23	02^h02^m	Oct 22	19^h59^m
Ene 24	10^h29^m	Abr 25	04^h47^m	Jul 25	22^h50^m	Oct 25	16^h48^m
Ene 27	07^h18^m	Abr 28	01^h36^m	Jul 28	19^h39^m	Oct 28	13^h37^m
Ene 30	04^h07^m	Abr 30	22^h25^m	Jul 31	16^h27^m	Oct 31	10^h26^m
Feb 2	00^h57^m	May 3	19^h14^m	Ago 3	13^h16^m	Nov 3	07^h15^m
Feb 4	21^h46^m	May 6	16^h03^m	Ago 6	10^h05^m	Nov 6	04^h03^m
Feb 7	18^h35^m	May 9	12^h52^m	Ago 9	06^h53^m	Nov 9	00^h52^m
Feb 10	15^h25^m	May 12	09^h41^m	Ago 12	03^h42^m	Nov 11	21^h41^m
Feb 13	12^h14^m	May 15	06^h30^m	Ago 15	00^h31^m	Nov 14	18^h30^m
Feb 16	09^h04^m	May 18	03^h19^m	Ago 17	21^h19^m	Nov 17	15^h19^m
Feb 19	05^h53^m	May 21	00^h08^m	Ago 20	18^h08^m	Nov 20	12^h08^m
Feb 22	02^h42^m	May 23	20^h57^m	Ago 23	14^h56^m	Nov 23	08^h57^m
Feb 24	23^h32^m	May 26	17^h46^m	Ago 26	11^h45^m	Nov 26	05^h46^m
Feb 27	20^h21^m	May 29	14^h35^m	Ago 29	08^h34^m	Nov 29	02^h35^m
Mar 1	17^h10^m	Jun 1	11^h24^m	Set 1	05^h22^m	Dic 1	23^h24^m
Mar 4	14^h00^m	Jun 4	08^h13^m	Set 4	02^h11^m	Dic 4	20^h14^m
Mar 7	10^h49^m	Jun 7	05^h02^m	Set 6	23^h00^m	Dic 7	17^h03^m
Mar 10	07^h38^m	Jun 10	01^h50^m	Set 9	19^h48^m	Dic 10	13^h52^m
Mar 13	04^h28^m	Jun 12	22^h39^m	Set 12	16^h37^m	Dic 13	10^h41^m
Mar 16	01^h17^m	Jun 15	19^h28^m	Set 15	13^h26^m	Dic 16	07^h30^m
Mar 18	22^h06^m	Jun 18	16^h17^m	Set 18	10^h14^m	Dic 19	04^h19^m
Mar 21	18^h56^m	Jun 21	13^h06^m	Set 21	07^h03^m	Dic 22	01^h09^m
Mar 24	15^h45^m	Jun 24	09^h54^m	Set 24	03^h52^m	Dic 24	21^h58^m
Mar 27	12^h34^m	Jun 27	06^h43^m	Set 27	00^h40^m	Dic 27	18^h47^m
Mar 30	09^h24^m	Jun 30	03^h32^m	Set 29	21^h29^m	Dic 30	15^h36^m

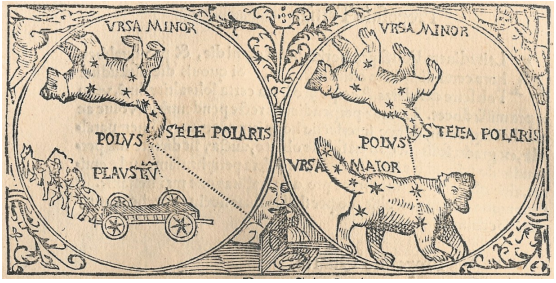
Mínimos de β Lyrae (Sheliak) en 2016

fecha y hora		fecha y hora		fecha y hora		fecha y hora	
Ene 1	17^h27^m	Abr 1	07^h44^m	Jul 13	20^h37^m	Oct 12	10^h53^m
Ene 14	16^h04^m	Abr 14	06^h20^m	Jul 26	19^h13^m	Oct 25	09^h30^m
Ene 27	14^h41^m	Abr 27	04^h57^m	Ago 8	17^h50^m	Nov 7	08^h06^m
Feb 9	13^h17^m	May 10	03^h34^m	Ago 21	16^h27^m	Nov 20	06^h43^m
Feb 22	11^h54^m	May 23	02^h10^m	Set 3	15^h03^m	Dic 3	05^h20^m
Mar 6	10^h31^m	Jun 5	00^h47^m	Set 16	13^h40^m	Dic 16	03^h56^m
Mar 19	09^h07^m	Jun 17	23^h24^m	Set 29	12^h17^m	Dic 29	02^h33^m
		Jun 30	22^h00^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
U Cet	02 34	−13 09	6,8	13,4	234	Ene 15
T UMa	12 36	+59 29	6,6	13,4	256	Ene 16
R Crv	12 20	−19 15	6,7	14,4	317	Ene 18
R Cyg	19 37	+50 12	6,1	14,2	426	Ene 20
T Cas	00 23	+55 48	6,9	13,0	444	Feb 03
V Cas	23 12	+59 42	6,9	13,4	228	Feb 11
R Gem	07 07	+22 42	6,0	14,0	369	Feb 15
R Cas	23 58	+51 24	4,7	13,5	430	Feb 16
R Lep	05 00	−14 48	5,5	11,7	432	Mar 08
R Tri	02 37	+34 16	5,4	12,6	266	Mar 12
R Vul	21 04	+23 49	7,0	14,3	136	Mar 28
S Vir	13 33	−07 12	6,3	13,2	377	Mar 28
o Cet	02 19	−02 59	2,0	10,0	331	Abr 01
R Peg	23 07	+10 33	6,9	13,8	378	Abr 03
R LMi	09 46	+34 31	6,3	13,2	371	Abr 04
U Ori	05 56	+20 10	4,8	12,6	372	Abr 04
T Her	18 09	+31 01	6,8	13,9	165	Abr 06
R Boo	14 37	+26 44	6,2	12,1	223	Abr 23
RT Cyg	19 44	+48 47	6,4	12,7	190	May 07
SS Vir	12 25	+00 48	6,0	9,6	354	May 07
R Vir	12 39	+06 59	6,0	12,1	145	May 14
S UMa	12 44	+61 06	7,0	12,4	226	May 17
T Cep	21 10	+68 29	5,2	11,3	388	May 18
T Hya	08 56	−09 08	6,7	13,2	289	May 19
S CMi	07 33	+08 19	6,6	13,2	332	May 26
X Oph	18 38	+08 50	5,9	9,2	334	May 26
R Aqr	23 44	−15 17	5,8	12,4	386	May 29
U Her	16 26	+18 54	6,5	13,4	406	Jun 06
R Aql	19 06	+08 14	5,5	12,0	284	Jun 08
V Oph	16 27	−12 26	7,3	11,6	297	Jun 29
R Leo	09 48	+11 26	4,4	11,3	312	Jul 04
R Ser	15 51	+15 08	5,2	14,4	356	Jul 08
R Sgr	19 17	−19 18	6,7	12,8	268	Jul 11
R Cnc	08 17	+11 44	6,1	11,8	361	Jul 24
S Her	16 52	+14 56	6,4	13,8	307	Jul 25
U Cyg	20 20	+47 54	5,9	12,1	462	Jul 28
R Dra	16 33	+66 45	6,7	13,0	245	Ago 07
V Mon	06 23	−02 12	6,0	13,7	333	Ago 17
R UMa	10 45	+68 47	6,7	13,4	301	Ago 27
S CrB	15 21	+31 22	5,8	14,1	360	Ago 28
V CrB	15 50	+39 34	6,9	12,6	357	Oct 01
χ Cyg	19 51	+32 55	3,3	14,2	406	Oct 06
S Peg	23 21	+08 55	7,1	13,8	319	Nov 14
R Aur	05 17	+53 35	6,7	13,9	457	Dic 04
R Hya	13 30	−23 17	3,0	11,0	389	Dic 27

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.

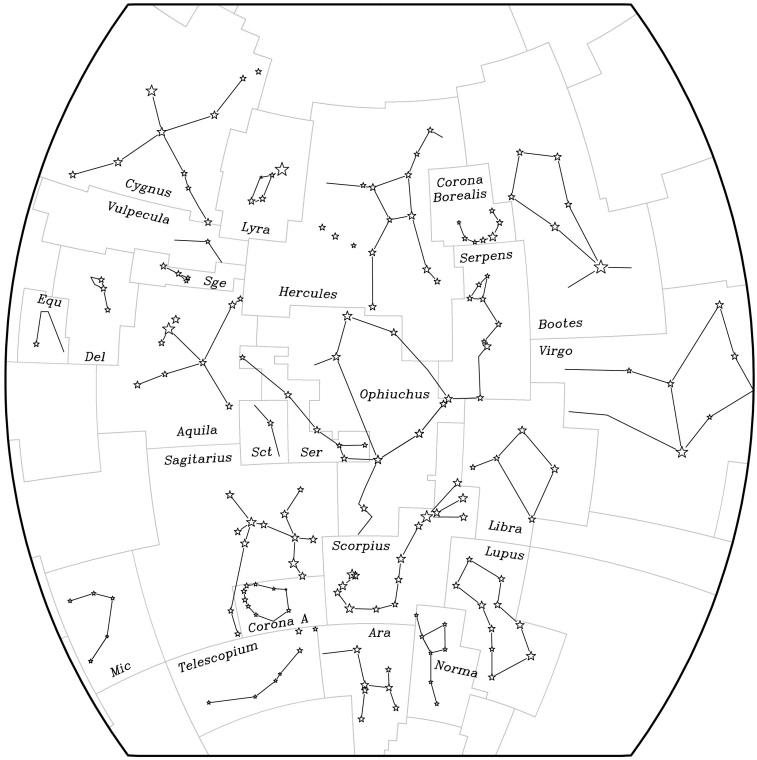
Constelaciones

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

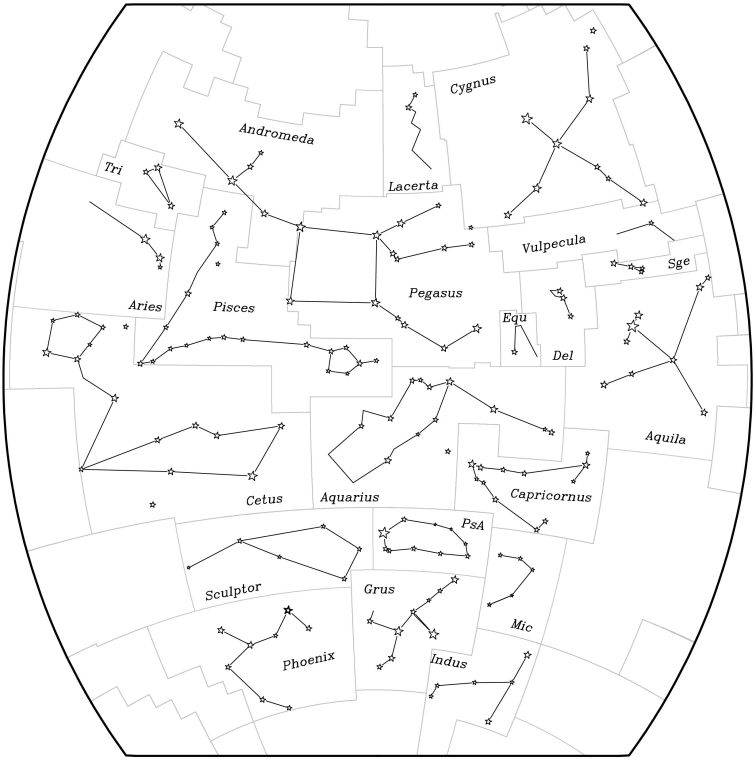
Constelaciones (cont.)

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

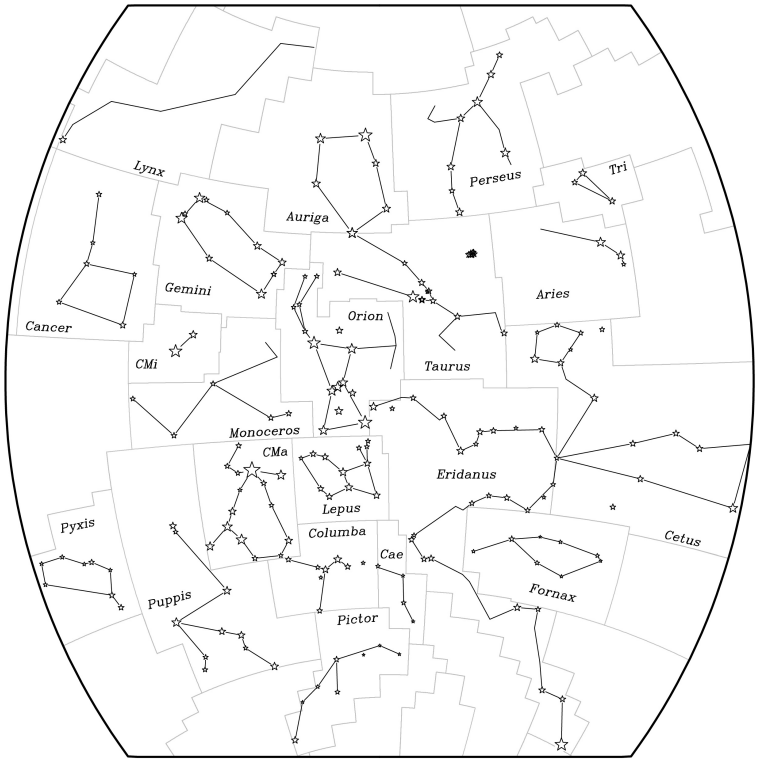
N_* es el número aproximado de estrellas más brillantes que la magnitud 6.



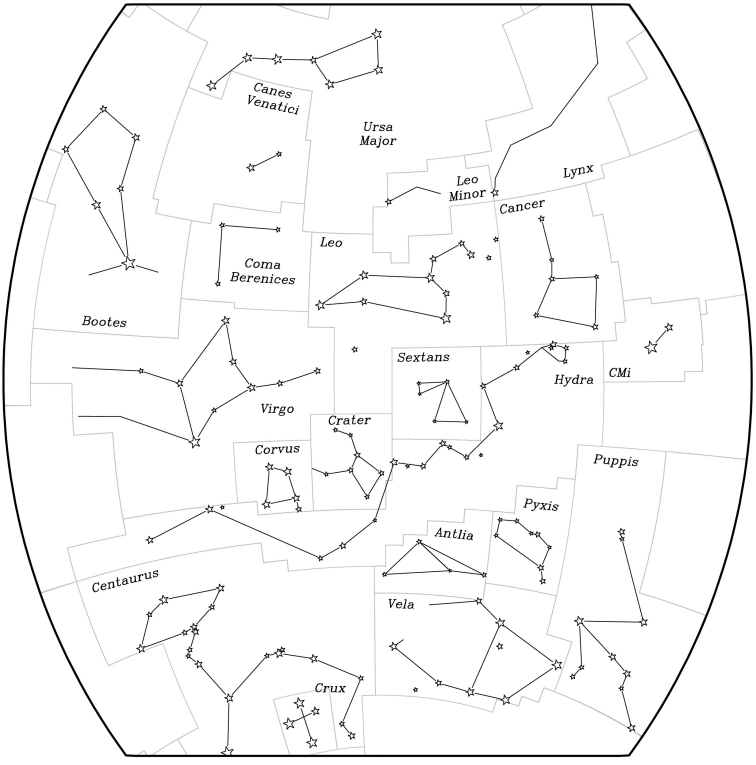
Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de -65° y $+65^\circ$, y con ascensiones rectas desde 13 a 21 horas, que corresponden a los bordes derecho e izquierdo de la figura, respectivamente.



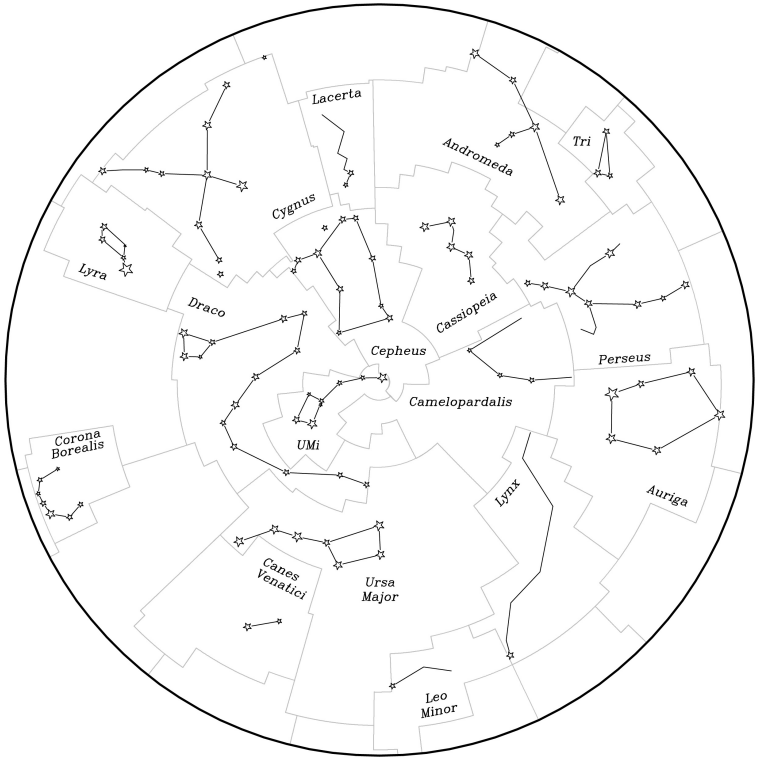
Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de -65° y $+65^\circ$, y con ascensiones rectas desde 19 a 3 horas, que corresponden a los bordes derecho e izquierdo de la figura, respectivamente.



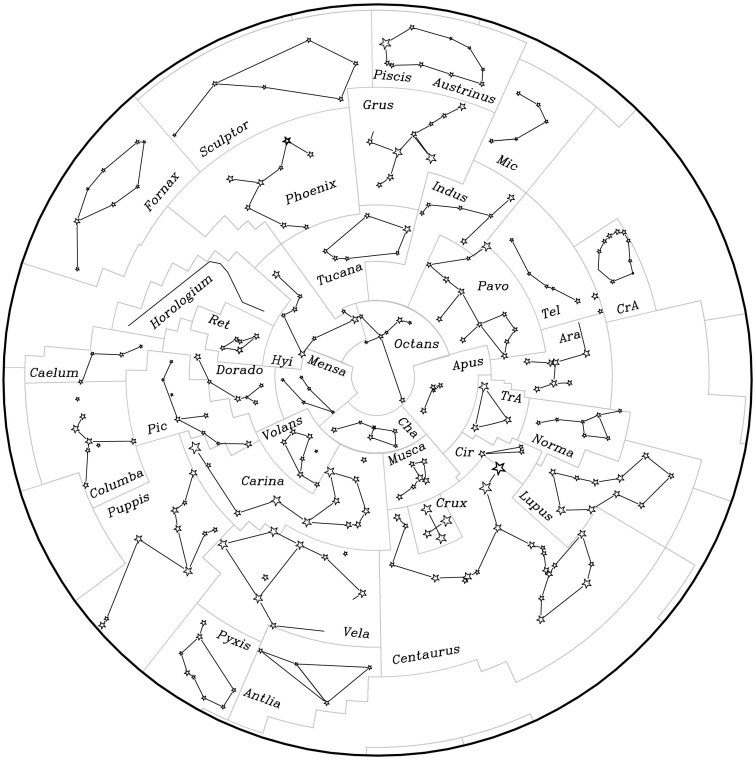
Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de -65° y $+65^\circ$, y con ascensiones rectas desde 1 a 9 horas, que corresponden a los bordes derecho e izquierdo de la figura, respectivamente.



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	13,3	324*
γ Ari	01 53,5	19 18	AB	4,52	4,58	7,4	1
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	117,3	290
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	348
κ Tau	04 25,4	22 18	AB	4,22	5,29	344,5	174
83 Tau	04 30,6	13 43	AC	4,75	6,09	5,0	311
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	2,6	3
δ Ori	05 32,0	00 18	AC	2,41	6,83	51,5	1
Struve 747	05 35,0	−06 00	AB	4,70	5,51	35,9	224
λ Ori	05 35,1	09 56	AB	3,51	5,45	4,4	44
ι Ori	05 35,4	−05 55	AB	2,77	7,73	11,6	141
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	173,3	338
β Mon	06 28,8	−07 02	AB	4,62	5,00	6,9	133
β Mon	06 28,8	−07 02	AC	4,62	5,39	9,6	126
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	178,8	286
α Gem	07 34,6	31 53	AB	1,93	2,97	5,1	54*
k Pup	07 38,8	−26 48	AB	4,40	4,62	10,2	317
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	66*
ι Cnc	08 46,7	28 46		4,13	5,99	30,4	308
ε Hya	08 46,8	06 25	AB,C	3,49	6,66	2,8	308*
38 Lyn	09 18,8	36 48	AB	3,92	6,09	2,5	224
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	4,6	126*
54 Leo	10 55,6	24 45		4,48	6,30	6,5	113
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	504,1	88
γ Vir	12 41,7	−01 27	AB	3,48	3,53	2,4	4*
α CVn	12 56,0	38 19		2,85	5,52	19,2	228

Estrellas dobles o múltiples

nombre	α_{2000} (h m)	δ_{2000} (° ′)	componentes	magnitudes prim.	magnitudes sec.	separ. (″)	A.P. (°)
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	112
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	6,4	306
η Lup	16 00,1	−38 24	AB	3,37	7,50	15,0	19
ν Sco	16 12,0	−19 28	AC	4,35	6,60	41,1	336
ε Nor	16 27,2	−47 33		4,51	6,12	22,8	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	3,9	322
ν Dra	17 32,2	55 11		4,87	4,90	62,0	311
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	258
70 Oph	18 05,5	02 30	AB	4,22	6,17	6,4	125*
ε Lyr	18 44,3	39 40	AB,CD	4,67	4,56	207,9	171
ζ Lyr	18 44,8	37 36	AD	4,34	5,62	43,7	150
θ Ser	18 56,2	04 12	AB	4,59	4,93	22,4	103
α Vul	19 28,7	24 40		4,61	5,93	426,6	28
β Cyg	19 30,7	27 58	AB	3,19	4,68	34,3	54
δ Cyg	19 45,0	45 08	AB	2,89	6,27	2,7	217*
ε Dra	19 48,2	70 16		4,01	6,87	3,2	21
α Cap	20 18,1	−12 33	AE	3,66	4,34	381,2	290
γ Del	20 46,7	16 07	AB	4,36	5,03	9,0	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	2,1	165
δ Cep	22 29,2	58 25	AC	4,21	6,11	40,7	191

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 280. 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 281.

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

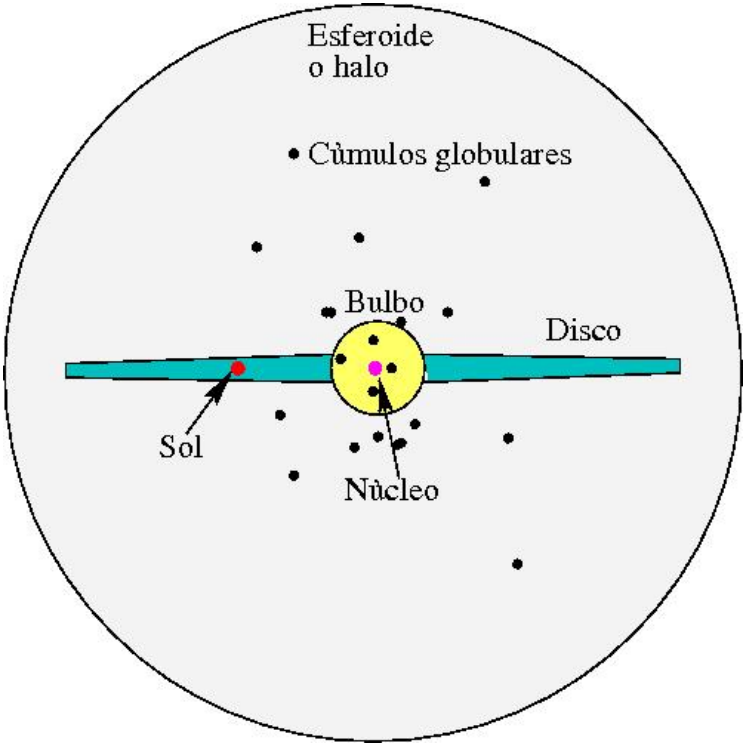
La Vía Láctea

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} ($^\circ$ $'$)	comentario
1952 (M1)	neb. del *Cangrejo*, en Taurus	5 34	22 01	1,°3 al NO de ζ Tau, de $7' \times 5'$, 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} ($^\circ$ $'$)	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, $\sim$7', V=7,6, la mejor
	7009	*Saturno*	21 04	$-$11 23	en Aquarius, oval $\sim$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	$\sim$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:

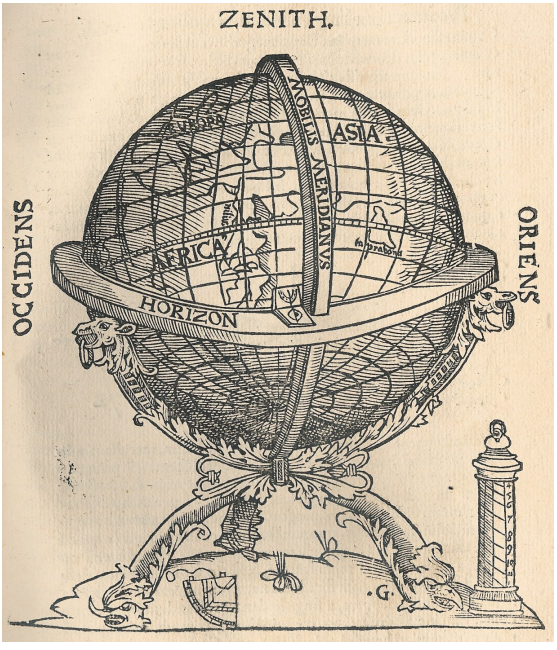
$$D_C = D_A\,(1+z) = D_L/(1+z)$$

Récord de distancia

El objeto más lejano descubierto hasta julio de 2015 posiblemente sea la galaxia brillante EGSY8p7, cuyo 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. Hay otras galaxias cuyos corrimientos pudieran ser mayores, con valores entre 8 y 12, pero han sido estimados solo fotométricamente y sin confirmación espectroscópica.

A una distancia algo menor que EGSY8p7 se encuentra la galaxia en la que ha tenido lugar el brote de rayos γ GRB 090423 descubierto, como su nombre indica, en abril de 2009 y que tiene un corrimiento al rojo espectroscópico de $z = 8{,}26$. (Se denomina *brote de rayos gamma* a un fugaz destello de rayos γ asociado con un tipo de explosión extremadamente energética que ha sido observada en galaxias distantes.)

LA TIERRA


ZENITH.
MOBILIS MERIDIANVS
ASIA
AFRICA
HORIZON
OCCIDENS
ORIENS
.G.

LA TIERRA

Datos físicos, geodésicos y cartográficos
Elipsoide de referencia
Posición geográfica de capitales de provincia
Posición geográfica de observatorios
Datos sísmicos
Datos geomagnéticos

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 (400), 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 = $23^{\mathrm{h}}\ 56^{\mathrm{m}}\ 4^{\mathrm{s}}{,}098\,904$
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^m45^s	655
Málaga	36 43 18	04 25 07	O	-17^m40^s	8
Melilla	35 17 46	02 56 28	O	-11^m45^s	15
Móstoles	40 19 29	03 51 49	O	-15^m27^s	661
Murcia	37 59 09	01 07 38	O	-04^m31^s	42
Ourense (Orense)	42 20 15	07 51 43	O	-31^m27^s	139
Oviedo	43 21 48	05 50 32	O	-23^m22^s	232
Palencia	42 00 32	04 31 59	O	-18^m08^s	734
Palma de Mallorca	39 34 36	02 39 11	E	$+10^m37^s$	33
Palmas de G. C., Las	28 06 04	15 24 45	O	$-1^h1^m39^s$	13
Pamplona / Iruña	42 49 15	01 38 25	O	-06^m34^s	449
Pontevedra	42 26 05	08 38 46	O	-34^m35^s	20
Sabadell	41 32 53	02 06 33	E	$+08^m26^s$	190
Salamanca	40 57 43	05 39 56	O	-22^m40^s	803
Sta. Cruz de Tenerife	28 27 53	16 16 48	O	$-1^h5^m07^s$	5
Santander	43 27 51	03 48 14	O	-15^m13^s	15
Segovia	40 57 05	04 07 29	O	-16^m30^s	1002
Sevilla	37 23 15	05 59 29	O	-23^m58^s	10
Soria	41 46 10	02 27 56	O	-09^m52^s	1064
Terrassa (Tarrasa)	41 33 48	02 00 48	E	$+08^m03^s$	286
Tarragona	41 07 13	01 15 34	E	$+05^m02^s$	69
Teruel	40 20 43	01 06 29	O	-04^m26^s	913
Toledo	39 51 31	04 01 23	O	-16^m06^s	512
Valencia	39 28 35	00 22 29	O	-01^m30^s	16
Valladolid	41 39 12	04 43 19	O	-18^m53^s	692
Vigo	42 14 26	08 43 29	O	-34^m54^s	28
Vitoria-Gasteiz	42 51 05	02 40 17	O	-10^m41^s	550
Zamora	41 30 00	05 45 13	O	-23^m01^s	649
Zaragoza	41 39 28	00 52 43	O	-03^m31^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)	$-23^\circ00'3$	$-04^h31^m02^s$	5080
Arecibo (Puerto Rico)	$+18^\circ20'8$	$-04^h27^m01^s$	496
ATCA, Narrabri (Australia)	$-30^\circ18'9$	$+09^h58^m12^s$	208
Cerro Pachón (Chile)	$-30^\circ14'3$	$-04^h42^m56^s$	2738
Cerro Paranal (Chile)	$-24^\circ37'6$	$-04^h41^m37^s$	2635
Effelsberg (Alemania)	$+50^\circ31'6$	$+00^h27^m32^s$	369
Green Bank (EE.UU.)	$+38^\circ25'8$	$-05^h19^m22^s$	836
Greenwich (R.U.)	$+51^\circ28'6$	$00^h00^m00^s$	47
HET, McDonald O. (EE.UU.)	$+30^\circ40'9$	$-06^h56^m04^s$	2026
Jodrell Bank (R.U.)	$+53^\circ14'2$	$-00^h09^m14^s$	78
Kitt Peak (EE.UU.)	$+31^\circ42'5$	$-07^h26^m23^s$	2120
La Silla (Chile)	$-29^\circ15'4$	$-04^h42^m55^s$	2347
Las Campanas (Chile)	$-29^\circ00'5$	$-04^h42^m48^s$	2282
Lick (EE.UU.)	$+37^\circ20'6$	$-08^h06^m33^s$	1283
LOFAR (Holanda)	$+52^\circ54'5$	$+00^h27^m29^s$	
Mauna Kea (EE.UU.)	$+19^\circ49'7$	$-10^h21^m53^s$	4200
MERLIN (R.U.)	$+53^\circ14'2$	$-00^h09^m14^s$	78
Meudon (Francia)	$+48^\circ48'3$	$+00^h08^m56^s$	162
Monte Graham (EE.UU.)	$+32^\circ42'1$	$-07^h19^m34^s$	3182
Monte Hopkins, F.L. Whipple O. (EEUU)	$+31^\circ41'3$	$-07^h23^m32^s$	2606
Monte Palomar (EE.UU.)	$+33^\circ21'4$	$-07^h47^m27^s$	1706
Monte Pastukhov (Rusia)	$+43^\circ39'2$	$+02^h45^m46^s$	2070
Monte Wilson (EE.UU.)	$+34^\circ13'3$	$-07^h52^m15^s$	1742
Nançay (Francia)	$+47^\circ22'8$	$+00^h08^m56^s$	162
Narayangaon, Pune (India)	$+19^\circ05'5$	$+04^h56^m12^s$	650
París (Francia)	$+48^\circ50'0$	$+00^h09^m21^s$	67
Parkes (Australia)	$-33^\circ00'0$	$+09^h53^m03^s$	392
Pico Sacramento y Punto Apache (EEUU)	$+32^\circ46'8$	$-07^h03^m17^s$	2788
Plateau de Bure (Francia)	$+44^\circ38'0$	$+00^h23^m38^s$	2552
Potsdam (Alemania)	$+52^\circ25'4$	$+00^h52^m03^s$	46
Sierra Negra (Méjico)	$+18^\circ59'1$	$-06^h29^m16^s$	4580
Sutherland (Sudáfrica)	$-32^\circ22'8$	$+01^h23^m47^s$	1771
VLA, Socorro (EEUU)	$+34^\circ04'7$	$-07^h10^m28^s$	2124
Yerkes (EEUU)	$+42^\circ34'2$	$-05^h54^m14^s$	334

Datos geofísicos

Datos sísmicos

La siguiente tabla muestra la sismicidad de magnitud igual o superior a 4,0 en la península Ibérica, islas Baleares e islas Canarias, ordenada por magnitudes, durante el periodo comprendido entre setiembre de 2014 y setiembre de 2015.

Terremotos de magnitud igual o superior a 4,0 en la península Ibérica, islas Baleares e islas Canarias entre el 01/09/2014 y el 01/09/2015

Fecha	Latitud (°)	Longitud (°)	Prof. (km)	Mag.	Máx. Int. (EMS)	Localización
06/09/14	37,09	+03,15	12	4,1		Mediterráneo-Argelia
07/09/14	+39,65	–14,18		4,6		Atlántico
08/09/14	36,46	+03,21	30	4,4		S Argel (Argelia)
08/09/14	37,35	–16,26	30	4,0		Azores-Cabo S. Vicente
20/09/14	37,18	–13,28		4,0		Azores-Cabo S. Vicente
28/09/14	+38,56	–18,23		4,3		Atlántico
10/10/14	36,53	+03,05	13	4,2		NE Blida (Argelia)
11/10/14	37,18	–13,18		4,3		Azores-Cabo S. Vicente
13/10/14	37,03	–13,37	29	5,0		Azores-Cabo S. Vicente
17/10/14	37,25	+04,15		4,0		Mediterráneo-Argelia
23/10/14	36,71	–09,77	40	4,1	II	SW Cabo S. Vicente
25/10/14	35,76	+04,72		4,1		NW M'Sila (Argelia)
27/10/14	36,38	+01,68	16	4,0		NW Ain Defla (Argelia)
28/10/14	33,68	–05,19		4,0		NE Azrou(Marruecos)
31/10/14	37,12	–14,48	30	4,5		Azores-Cabo S. Vicente
02/11/14	35,76	–04,52	102	4,0	II	Alborán oeste
03/11/14	34,87	–11,42	40	5,7	II	SW Cabo S. Vicente
06/11/14	32,84	–13,12	27	4,3		Atlántico-Marruecos
08/11/14	36,00	–14,12	30	4,4		Azores-Cabo S. Vicente
15/11/14	36,38	+03,41		4,9		W Bouira (Argelia)
15/11/14	36,40	+03,47	9	4,7		W Bouira (Argelia)
26/11/14	35,91	–07,54	47	4,0		Golfo de Cádiz
10/12/14	35,52	–04,80	76	4,1		Alborán oeste
13/12/14	37,31	–14,36		4,4		Azores-Cabo S. Vicente
15/12/14	37,24	–13,12		4,1		Azores-Cabo S. Vicente
16/12/14	36,54	+02,94		4,2		NE Blida (Argelia)
19/12/14	36,48	+03,01		4,8		E Blida (Argelia)
19/12/14	36,56	+02,92		4,2		NE Blida (Argelia)
21/12/14	36,57	+02,89		4,1		NE Blida (Argelia)
22/12/14	35,14	–05,88	66	4,0		Ksar Kebir (Marruecos)
23/12/14	36,48	+03,09	28	4,2		SW Argel (Argelia)
23/12/14	36,38	+03,21	22	5,2		E Blida (Argelia)
23/12/14	36,60	+03,06	23	4,0		SE Argel (Argelia)
23/12/14	36,41	+03,19	25	5,0		SE Blida (Argelia)

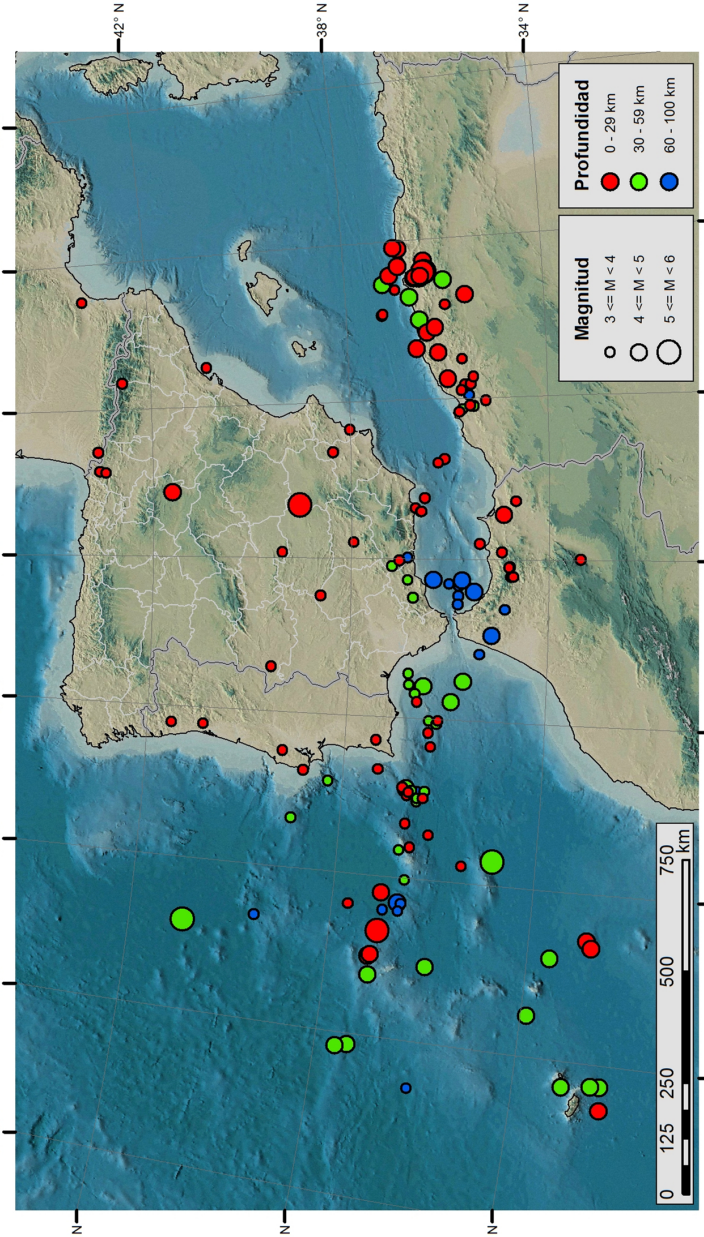
Terremotos de magnitud igual o superior a 4,0 en la península Ibérica, islas Baleares e islas Canarias entre el 01/09/2014 y el 01/09/2015

Fecha	Latitud (°)	Longitud (°)	Prof. (km)	Mag.	Máx. Int. (EMS)	Localización
23/12/14	42,93	–14,24		4,3		Atlántico
26/12/14	36,50	+03,00		5,2		E Blida (Argelia)
01/01/15	36,89	+03,80	28	4,5		Boumerdas (Argelia)
03/01/15	33,55	–13,61	50	4,5		Atlántico-Marruecos
06/01/15	32,76	–13,27	30	4,7		Atlántico-Marruecos
06/01/15	32,74	–13,28	23	4,5		Atlántico-Marruecos
18/01/15	36,49	–07,18	46	4,0	I-II	Golfo de Cádiz
20/01/15	37,19	+03,59		4,2		Mediterráneo-Argelia
21/01/15	35,68	+05,57		4,2		SE Setif (Argelia)
22/01/15	36,53	+02,94		4,0		NE Blida (Argelia)
01/02/15	36,61	+02,95		4,7		NE Blida (Argelia)
01/02/15	36,51	+02,95		4,0		NE Blida (Argelia)
02/02/15	37,37	–13,76		4,0		Azores-Cabo S. Vicente
08/02/15	35,60	+02,58	15	4,1		E Tissemsilt (Argelia)
09/02/15	36,35	–04,51	94	4,0	II	Alborán oeste
12/02/15	37,63	–16,17		4,2		Azores-Cabo S. Vicente
21/02/15	36,75	+02,94		4,0		W Argel (Argelia)
21/02/15	36,61	+01,27	27	4,1		N Chlef (Argelia)
23/02/15	+39,05	–02,63	17	5,2	V	Ossa Montiel (Albacete)
05/03/15	33,16	–05,29		4,6		S Azrou (Marruecos)
06/03/15	34,92	–02,89	5	4,0	III	S Nador (Marruecos)
08/03/15	37,59	–16,33	30	4,5		Azores-Cabo S. Vicente
15/03/15	35,66	+05,93		5,1		SE Setif (Argelia)
16/03/15	36,48	+03,04	16	4,6		NE Blida (Argelia)
16/03/15	36,49	+03,05	23	4,2		NE Blida (Argelia)
16/03/15	35,61	+05,89		4,5		SE Setif (Argelia)
17/03/15	36,00	+00,50	15	4,5		NE Mostagem (Argelia)
17/03/15	35,74	+05,74		4,5		SE Setif (Argelia)
18/03/15	31,26	–07,69		4,3		Marruecos
18/03/15	35,72	+05,82		4,1		SE Setif (Argelia)
18/03/15	35,57	+05,99		4,6		NE Biskra (Argelia)
21/03/15	36,17	+01,17	19	4,3		SW Chlef (Argelia)
21/03/15	35,72	+05,76		5,1		SE Setif (Argelia)
21/03/15	35,78	+05,66		4,0		SE Setif (Argelia)
23/03/15	36,46	+03,07	31	4,1		E Blida (Argelia)
24/03/15	35,70	+05,67		4,7		SE Setif (Argelia)
24/03/15	42,71	–14,30		4,5		Atlántico
28/03/15	37,26	+02,73		4,2		Mediterráneo-Argelia
28/03/15	37,28	+02,65		4,1		Mediterráneo-Argelia
31/03/15	36,70	–12,63	65	4,3		Azores-Cabo S. Vicente
02/04/15	32,22	–17,04	28	4,5		Atlántico-Madeira
04/04/15	36,58	+03,08	7	4,0		S, Argel (Argelia)

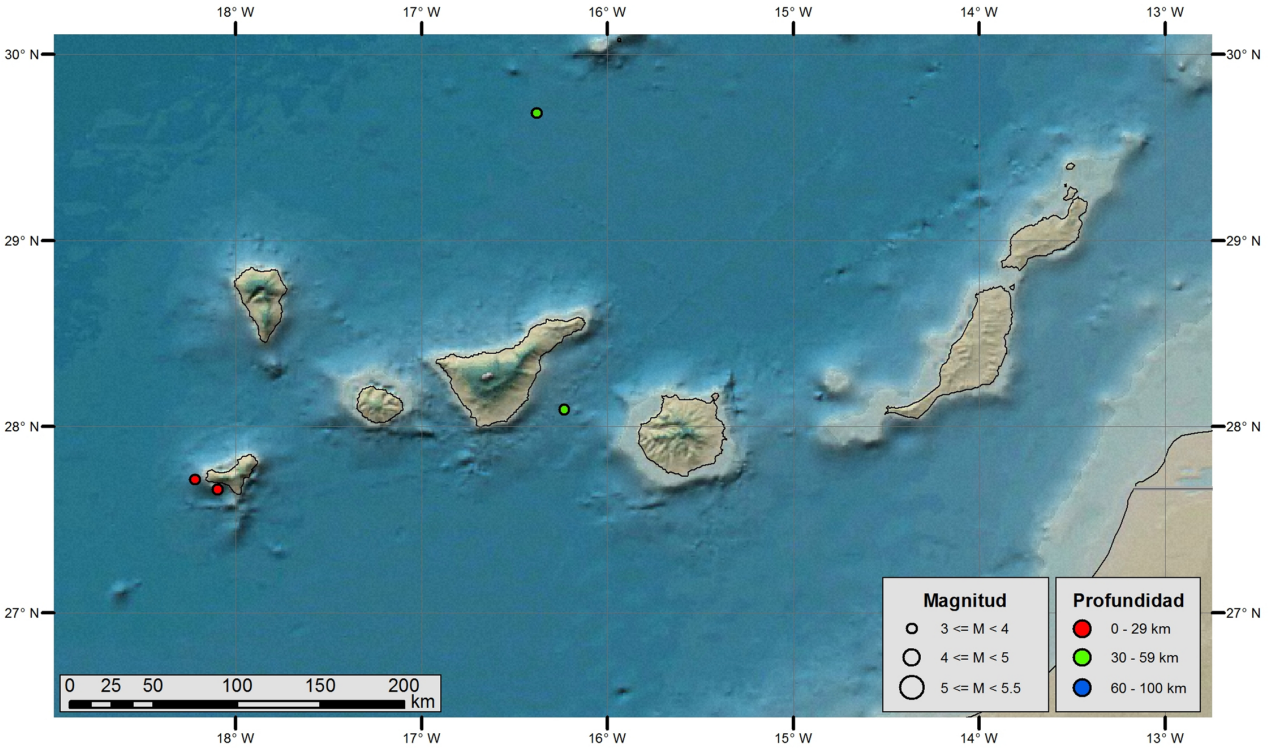
Terremotos de magnitud igual o superior a 4,0 en la península Ibérica, islas Baleares e islas Canarias entre el 01/09/2014 y el 01/09/2015

Fecha	Latitud (°)	Longitud (°)	Prof. (km)	Mag.	Máx. Int. (EMS)	Localización
09/04/15	37,40	–14,33		4,3		Azores-Cabo S. Vicente
13/04/15	37,24	–13,12		4,3		Azores-Cabo S. Vicente
27/04/15	33,03	–16,61	50	4,1		Atlántico-Madeira
27/04/15	32,43	–05,85		4,6		Beni-Mellal(Marruecos)
07/05/15	37,14	–12,87		4,3		Azores-Cabo S. Vicente
08/05/15	37,03	–12,40	20	4,4		Azores-Cabo S. Vicente
08/05/15	36,95	+05,20		4,9		Mediterráneo-Argelia
10/05/15	40,93	–13,65	30	5,2		Atlántico
11/05/15	35,98	+04,14		4,1		SE Bouira (Argelia)
11/05/15	37,16	–14,01	25	4,3		Azores-Cabo S. Vicente
11/05/15	37,25	–13,84		4,1		Azores-Cabo S. Vicente
11/05/15	37,13	–13,96	20	4,1		Azores-Cabo S. Vicente
14/05/15	32,26	–06,47		4,4		Beni-Mellal(Marruecos)
18/05/15	37,26	–13,90		4,3		Azores-Cabo S. Vicente
20/05/15	33,88	–15,01	30	4,4		Azores-Cabo S. Vicente
20/05/15	36,47	+03,10	16	4,2		NE Blida (Argelia)
22/05/15	36,61	+02,83		4,1		N Blida (Argelia)
31/05/15	32,28	–16,50	30	4,0		Atlántico-Madeira
07/06/15	36,84	–12,31		4,1		Azores-Cabo S. Vicente
13/06/15	36,73	+05,76		4,2		Mediterráneo-Argelia
16/06/15	36,71	+02,58	31	4,1		Mediterráneo-Argelia
22/06/15	37,12	–12,65		4,1		Azores-Cabo S. Vicente
27/06/15	36,95	–11,66		4,1		SW Cabo S. Vicente
29/06/15	37,84	–15,75		4,1		Azores-Cabo S. Vicente
04/07/15	35,69	–07,02	57	4,1		Golfo de Cádiz
04/07/15	36,92	+03,37	10	4,0		Mediterráneo-Argelia
11/07/15	36,02	+02,96	30	4,4		SE Medea (Argelia)
11/07/15	32,45	–16,51	41	4,4		Atlántico-Madeira
15/07/15	35,43	+04,82		4,7		SE M'Sila (Argelia)
17/07/15	36,58	–12,04		4,0		Azores-Cabo S. Vicente
25/07/15	37,23	+02,92	30	4,0		Mediterráneo-Argelia
03/08/15	43,51	–16,47		4,0		Atlántico
05/08/15	41,62	–02,27	4	4,0	III-IV	W Gómara (Soria)
08/08/15	37,38	–13,54		4,3		Azores-Cabo S. Vicente
22/08/15	36,22	+01,80	24	4,6		W Ain Defla (Argelia)
23/08/15	36,53	+02,00	31	4,1		Mediterráneo-Argelia
25/08/15	36,98	+03,84	14	4,4		Mediterráneo-Argelia
27/08/15	+38,94	–19,08		4,4		Atlántico

En los siguientes mapas se observa la distribución de los terremotos de magnitud igual o superior a 3,0 de la península Ibérica con las islas Baleares y de la islas Canarias entre setiembre de 2014 y setiembre de 2015.



Sismicidad de la Península Ibérica y zonas próximas registrada desde 01/09/2014 a 01/09/2015 con magnitud igual o superior a 3



Sismicidad de las Islas Canarias registrada desde 01/09/2014 a 01/09/2015 con magnitud igual o superior a 3

La siguiente tabla muestra la sismicidad mundial de magnitud igual o superior a 6,5, ordenada por magnitudes, durante el periodo comprendido entre setiembre de 2014 y setiembre de 2015, el mapa de las siguientes páginas corresponde a la distribución de los terremotos de magnitud igual o superior a 5,5 en el mundo.

Listado de terremotos de magnitud igual o superior a 6,5 registrados en el mundo entre el 01/09/2014 y el 01/09/2015

Fecha	Latitud (°)	Longitud (°)	Prof. (km)	Magnitud	Localización
15/08/15	–10,90	+163,88	6	6,6	Islas Salomón
10/08/15	–09,35	+158,06	15	6,6	Islas Salomón
27/07/15	–02,64	+138,52	48	7,0	W Abepura (Indonesia)
27/07/15	+52,38	–169,45	29	6,9	Alaska
18/07/15	–10,40	+165,14	11	7,0	Islas Salomón
16/07/15	+13,87	–058,54	18	6,5	NE Barbados
10/07/15	–09,30	+158,40	12	6,7	Islas Salomón
23/06/15	+27,74	+139,73	460	6,5	W Chichi-jima (Japón)
17/06/15	–35,36	–17,16	10	7,0	dorsal Atlántico Sur
30/05/15	+27,84	+140,49	664	7,8	W Chichi-jima (Japón)
29/05/15	+56,59	–156,43	73	6,7	Alaska
22/05/15	–11,11	+163,22	10	6,8	Islas Salomón
22/05/15	–11,06	+163,70	11	6,9	Islas Salomón
20/05/15	–10,88	+164,17	11	6,8	Islas Salomón
19/05/15	–54,33	–132,16	7	6,7	dorsal Pacífico-Antártica
12/05/15	+38,91	+142,03	35	6,8	SE Ofunato (Japón)
12/05/15	+27,81	+086,07	15	7,3	SE Kodari (Nepal)
07/05/15	–07,22	+154,56	10	7,1	Papua Nueva Guinea
05/05/15	–05,46	+151,88	55	7,5	Papua Nueva Guinea
01/05/15	–05,20	+151,78	44	6,8	Papua Nueva Guinea
30/04/15	–05,38	+151,77	31	6,7	Papua Nueva Guinea
26/04/15	+27,77	+086,02	23	6,7	SE Kodari (Nepal)
25/04/15	+28,22	+084,82	10	6,6	E Besisahar (Nepal)
25/04/15	+28,23	+084,73	8	7,8	E Besisahar (Nepal)
17/04/15	–15,88	–178,60	10	6,5	S Wallis y Futuna
30/03/15	–15,50	–173,03	11	6,5	S Samoa
29/03/15	–04,73	+152,56	41	7,5	Papua Nueva Guinea
27/02/15	–07,30	+122,53	552	7,0	Indonesia
16/02/15	+39,86	+142,88	23	6,7	NE Miyako (Japón)
13/02/15	+52,65	–031,90	17	7,1	dorsal Atlántico Norte

Datos proporcionados por el Servicio Geológico de los Estados Unidos
http//earthquake.usgs.gov/earthquakes/

Listado de terremotos de magnitud igual o superior a 6,5 registrados en el mundo entre el 01/09/2014 y el 01/09/2015

Fecha	Latitud (°)	Longitud (°)	Prof. (km)	Magnitud	Localización
11/02/15	–23,11	–066,69	223	6,7	W El Aguilar (Argentina)
23/01/15	–17,03	+168,52	220	6,8	República de Vanuatu
07/01/15	+05,90	–082,66	8	6,5	S Punta de Burica (Panamá)
08/12/14	+07,94	–082,69	20	6,6	S Punta de Burica (Panamá)
07/12/14	–06,51	+154,46	23	6,6	Papua Nueva Guinea
02/12/14	+06,16	+123,13	614	6,6	Islas Filipinas
26/11/14	+01,96	+126,58	39	6,8	Indonesia
21/11/14	+02,30	+127,06	35	6,5	Indonesia
16/11/14	–37,65	+179,66	22	6,7	NE Gisborne (N. Zelanda)
15/11/14	+01,89	+126,52	45	7,1	Indonesia
07/11/14	–05,99	+148,23	53	6,6	Papua Nueva Guinea
01/11/14	–19,69	–177,76	434	7,1	Islas Fiji
14/10/14	+12,53	–088,12	40	7,3	S Intipuca (El Salvador)
09/10/14	–32,10	–110,86	10	6,6	Dorsal del Pacífico Oriental
09/10/14	–32,11	–110,81	17	7,0	Dorsal del Pacífico Oriental
17/09/14	+13,76	+144,43	130	6,7	N Guam (EEUU)

Datos proporcionados por el Servicio Geológico de los Estados Unidos
`http//earthquake.usgs.gov/earthquakes/`

Magnitud

El concepto de magnitud sísmica fue introducido por Richter en el año 1935[1] para proporcionar una medida instrumental objetiva del tamaño de los terremotos frente a la intensidad sísmica basada en percepciones hasta cierto punto subjetivas y siempre asociadas a un determinado lugar de observación.

La magnitud, por lo tanto, trata de representar mediante un único número la envergadura de un terremoto y está relacionada con la energía liberada en forma de ondas sísmicas.

En la práctica es difícil, a partir de medidas sencillas en un sismograma, cumplir este objetivo, entre otras razones porque los parámetros a medir dependen del tipo de terremoto. Debido a esto se han desarrollado diferentes definiciones de magnitud. Cuatro de los tipos de magnitud más comunes son magnitud local M_L, magnitud de ondas internas m_b, magnitud de ondas superficiales M_S y magnitud momento M_W. Se ha tratado de escalar conjuntamente las diferentes magnitudes, de modo que sean lo más consistentes posible.

[1]Richter, C.F. 1935, An instrument earthquake magnitude scale. Bulletin seismological society of America 25, 1-32.

Gutenberg y Richter en los años 1942[2] y 1956[3] desarrollaron relaciones entre la energía propagada en forma de ondas sísmicas (E_s) y la magnitud de las ondas internas (m_b) o la magnitud superficial (M_s). Estas relaciones son:

$$log(E_s) = 2,4\, m_b - 1,3$$
$$log(E_s) = 1,5\, M_s + 4,2$$

donde la energía viene dada en julios (J).

Intensidad

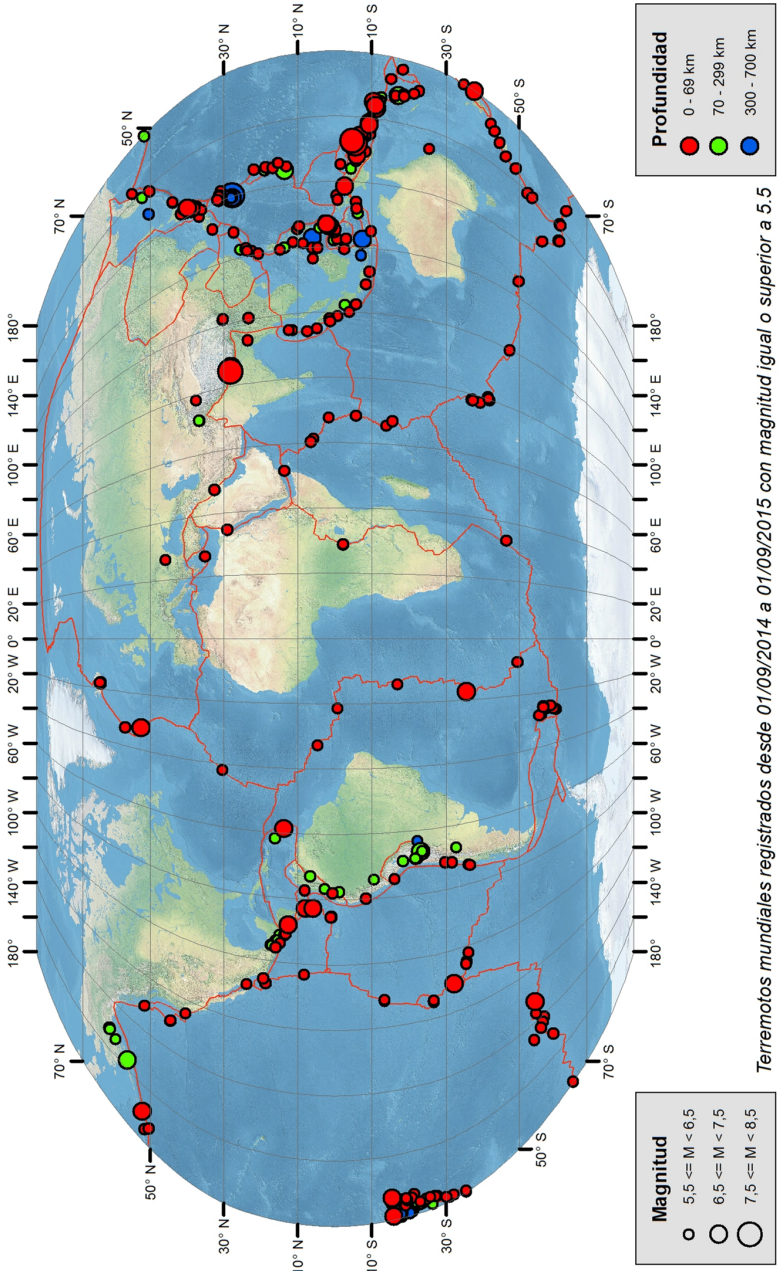
La intensidad sísmica o intensidad macrosísmica es una clasificación de la severidad de la sacudida del suelo producida por un terremoto, basada en los efectos observados en un área limitada. Es por lo tanto un parámetro descriptivo de la fuerza de un terremoto en un determinado lugar. A un mismo terremoto se le asocian un conjunto de intensidades, cada una de ellas correspondiente al lugar donde se ha evaluado esté parámetro.

En Europa, la escala utilizada normalmente es la Escala Macrosísmica Europea (EMS-98). En la siguiente tabla se muestra un resumen de la misma[4].

[2] Gutenberg, B. & Richter, C.F. 1942, Earthquake magnitude, intensity and acceleration. Bulletin seismological society of America 32, 163-191.

[3] Gutenberg, B. & Richter, C.F. 1956, Magnitude and energy of earthquakes. Annali di geofisica 9, 1-15.

[4] Grünthal, G, (Ed) European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98). Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie 15, 100 pp. 1998. `http//seismohazard.gfz-potsdam.de/projects/ems/index.html`.


Profundidad
0 - 69 km
70 - 299 km
300 - 700 km
Magnitud
5,5 <= M < 6,5
6,5 <= M < 7,5
7,5 <= M < 8,5
Terremotos mundiales registrados desde 01/09/2014 a 01/09/2015 con magnitud igual o superior a 5.5

Escala Macrosísmica Europea (EMS-98)

Int. EMS	Definición	Tipos de daños
I	No sensible	No se siente.
II	Sentido levemente	Sentido solamente por muy pocas personas en reposo en el interior de viviendas.
III	Débil	Sentido en el interior por poca gente. La gente en reposo siente un temblor leve.
IV	Observado ampliamente	Sentido por muchos en el interior y muy pocos en el exterior. Pocas personas se despiertan. Ventanas, puertas y platos vibran.
V	Fuerte	Sentido por casi todos en el interior y unos pocos en el exterior. Algunos se asustan. Muchas personas se despiertan. Los edificios tiemblan en su totalidad. Los objetos colgantes se balancean considerablemente. Las puertas y ventanas se abren y se cierran. Pequeños objetos se desplazan.
VI	Causa daños leves	Mucha gente se asusta y corre al exterior. Caen pequeños objetos. Muchas viviendas sufren daños leves no estructurales, grietas delgadas y caída de piezas de guarnecido.
VII	Causa daños	La mayoría de la gente se asusta y corre al exterior. Los muebles son desplazados y caen muchos objetos de las repisas. Muchos edificios ordinarios bien construidos sufren daños moderados, pequeñas grietas en los muros, caídas de guarnecido y de trozos de chimeneas. Los edificios antiguos pueden tener grandes grietas en los muros y fallas en las paredes y tabiques.
VIII	Causa daños severos	A mucha gente le cuesta mantenerse de pie. Muchas viviendas muestran grietas grandes en los muros. Unos pocos edificios ordinarios bien construidos muestran daños serios en los muros, mientras que las estructuras antiguas y débiles pueden colapsar.
IX	Destructivo	Pánico general. Muchas construcciones débiles colapsan. Incluso los edificios ordinarios bien construidos muestran daños serios, fallas graves en los muros y fallas estructurales parciales.
X	Muy destructivo	Muchos edificios ordinarios bien construidos colapsan.
XI	Devastador	La mayoría de los edificios ordinarios bien construidos colapsan, incluso algunos con buen diseño sismorresistente son destruidos.
XII	Completamente devastador	Casi todos los edificios son destruidos.

Datos geomagnéticos

En el mapa siguiente se puede determinar el valor de la declinación magnética, diferencia entre el norte geográfico y el norte magnético que señalan las brújulas, en cualquier punto de la península o de las islas Baleares, en la fecha 1 de enero de 2005. Para obtener los valores de un punto del mapa se interpola en las isógonas o curvas de igual valor de la declinación, representadas por las *líneas rojas*.

Para obtener la declinación magnética en una época distinta sumamos al valor obtenido en el mapa para el 1 de enero de 2005, el producto de la variación secular por la diferencia, expresada en años, entre la fecha que se desea y la de referencia del mapa (2005.0). La variación secular en un punto del mapa la obtenemos interpolando en las isóporas, representadas por *líneas azules*.

Para una mejor comprensión, indicamos en primer lugar los valores de la declinación en Madrid para una latitud $40°25'05''$ Norte y longitud $3°41'11''$ Oeste a fecha 1 de enero de 2005, interpolando entre las isógonas (líneas rojas):

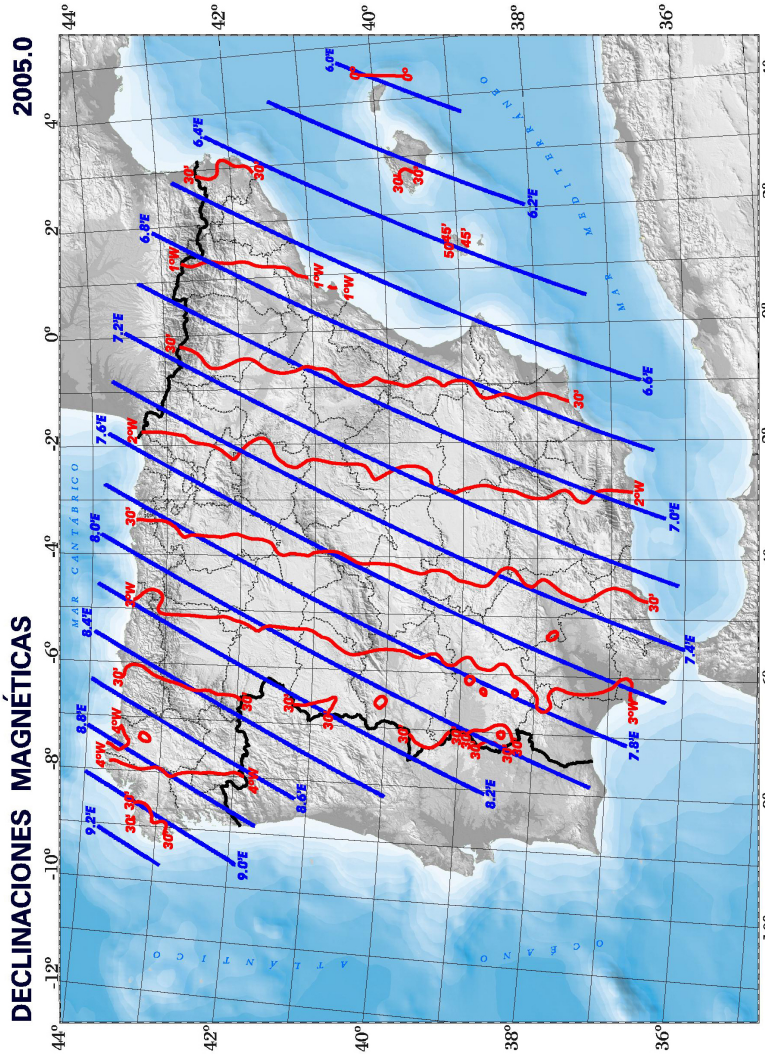
$$D_{2005,0} = 2°24' \text{ Oeste}$$

Si queremos conocer la declinación a fecha 1 de julio de 2016, en el mismo punto de Madrid, obtenemos del mapa interpolando en las isóporas (líneas azules) su variación secular (ΔD) :

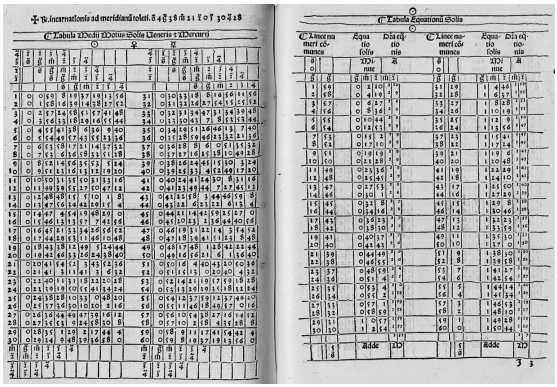
$$\Delta D = 7',5 \text{ Este}$$

Y el valor de la declinacion magnética será:

$$\begin{aligned} D_{2016,5} &= -2°24' + [7',5\ (2016,5 - 2005,0)] \\ &= -57',75 \simeq 58' \text{ Oeste} \end{aligned}$$


DECLINACIONES MAGNÉTICAS
2005.0
MAR CANTÁBRICO
ATLÁNTICO
OCÉANO
MEDITERRÁNEO
MAR

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:

$$\text{corrección en } \lambda: \text{ multiplicar por } \left[0{,}983 + \left(\frac{0{,}075}{\lambda}\right)^2\right]$$

$$\text{corrección en la presión}: \text{ multiplicar por } \frac{P}{1000}$$

$$\text{corrección en la temperatura}: \text{ multiplicar por } \frac{283}{273+T}$$

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:

$$R = \frac{60''}{\tan\left(h + \frac{7{,}31}{h+4{,}4}\right)} \quad \frac{0{,}28P}{273+T}$$

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	$6{,}6738\ 10^{-11}$ 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 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	$\mathcal{M}_\oplus$	5,9726 10^{24} kg
radio ecuatorial de la Tierra	$\mathcal{R}_\oplus$	6,3781366 10^6 m
masa solar	$\mathcal{M}_\odot$	1,9885 10^{30} kg
radio solar	$\mathcal{R}_\odot$	6,960 10^8 m
luminosidad solar absoluta	$L_\odot$	3,846 10^{26} W
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	$\simeq$ 0,3 pc (parsecs) $\simeq 10^{16}$ m
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 (1$^{\text{er}}$ 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 (2$^{\text{do}}$ 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 (3$^{\text{er}}$ 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 (4$^{\text{to}}$ 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$^{\text{h}}$ TU del día 15 de enero de 2016. De la tabla correspondiente al mes obtenemos los valores:

T_{-2}:	13 de enero	$V_{-2} = 22^{\mathrm{h}}{,}09511$
T_{-1}:	14 de enero	$V_{-1} = 23^{\mathrm{h}}{,}00800$
T_0:	15 de enero	$V_0 = 23^{\mathrm{h}}{,}91028$
T_1:	16 de enero	$V_1 = 24^{\mathrm{h}}{,}80908$
T_2:	17 de enero	$V_2 = 25^{\mathrm{h}}{,}71280$

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:

$$V = V_0 + \frac{p}{2}(V_1 - V_{-1}) = 24{,}02285$$

Dado que $|V_1 - 2V_0 + V_{-1}| = 0{,}00348 \geq 0{,}00003$, añadimos otro término:

$$V = 24{,}02285 + \frac{p^2}{2}(V_1 - 2V_0 + V_{-1}) = 24{,}02282$$

Dado que $|V_2 - 2V_1 + 2V_{-1} - V_{-2}|/30 = 0{,}00052 \geq 0{,}00003$, añadimos otro término:

$$V = 24{,}02282 + \frac{p(p^2-1)}{12}(V_2 - 2V_1 + 2V_{-1} - V_{-2}) = 24{,}02266$$

Dado que $|V_2 - 4V_1 + 6V_0 - 4V_{-1} + V_{-2}|/100 = 0{,}00001 \leq 0{,}00003$, no hace falta añadir ningún término más, resultando:

$$V = 24^{\mathrm{h}}01^{\mathrm{m}}21^{\mathrm{s}}{,}6$$

El valor que se obtiene a partir de las efemérides del JPL es: $24^{\mathrm{h}}01^{\mathrm{m}}21^{\mathrm{s}}{,}54$, 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 15 de enero de 2016 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:

$$p = 2\,\frac{V - V_0}{V_1 - V_{-1}} = 0{,}0996$$

instante al que le corresponde un valor calculado: $V_{calc} = 23{,}99983$. La corrección a aplicar a p es:

$$\Delta p = 2\,\frac{V - V_{calc}}{V_1 - V_{-1}} = 0{,}0002$$

Al nuevo valor $p = 0{,}0998$ le corresponde $V_{calc} = 24{,}00001$, valor que consideramos suficientemente aproximado, pues su discrepancia con el valor buscado es menor o similar a $0^{\mathrm{s}}{,}1 = 0^{\mathrm{h}}{,}00003$. El instante de tiempo buscado es:

$$T = T_0 + p\,(T_1 - T_0) = 0^{\mathrm{h}} + 0{,}0998 \times 24^{\mathrm{h}} = 2^{\mathrm{h}}{,}395$$

o sea, las $2^{\mathrm{h}}23^{\mathrm{m}}{,}7$ del día 15 de enero de 2016. El instante calculado a partir de las efemérides es: $2^{\mathrm{h}}23^{\mathrm{m}}43^{\mathrm{s}}$.

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

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	$HC_{11}N$
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	

Moléculas con nitrógeno y oxígeno

NO	N_2O	HNO	HNCO
NH_2CHO	CH_3CONH_2	HCNO	HOCN
HCOCN			

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^+			

Moléculas "metálicas"

HCl	NaCl	KCl	AlCl
AlF	NaCN	MgNC	MgCN
HF	FeO ?	CF^+	AlNC
AlO	AlOH	HCl^+	H_2Cl^+
TiO	KCN	FeCN	TiO_2

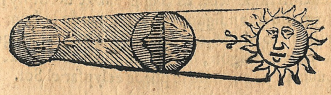
Fulerenos

C_{60}	C_{70}	C_{60}^+

Tabla actualizada a setiembre de 2013. En ella hay 187 especies moleculares, incluidas 8 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

Una aproximación a la astronomía del antiguo Egipto desde diversas perspectivas

por *José Lull*

¿Cuál es el destino de la Vía Láctea?

por *Santiago García Burillo*

UNA APROXIMACIÓN A LA ASTRONOMÍA DEL ANTIGUO EGIPTO DESDE DIVERSAS PERSPECTIVAS

José Lull

Universidad Autónoma de Barcelona

Los antiguos egipcios nos han legado documentos, en su mayor parte de carácter religioso y funerario, por los que podemos hacernos una idea aproximada de cuáles eran sus conocimientos astronómicos y su cosmovisión. El cielo estrellado sirvió como marco de referencia a muchas de las manifestaciones culturales del antiguo Egipto, por lo que la influencia directa o indirecta de la astronomía en la civilización egipcia la podemos hallar en ámbitos muy diversos, no sólo en su mundo funerario sino también desde la propia religión hasta en la arquitectura. En las siguientes líneas nos acercaremos a ese conocimiento astronómico realizando un recorrido a través de los textos cosmogónicos egipcios, del reflejo de sus concepciones cosmogónicas en su arquitectura, de las alineaciones astronómicas como hierofanías e imagen del orden cósmico, de sus sacerdotes astrónomos, de sus instrumentos astronómicos para medir el tiempo, y de su conocimiento de los cuerpos de la bóveda celeste.

El universo según los textos cosmogónicos egipcios

Con el análisis de los textos cosmogónicos egipcios, descubrimos la percepción que tuvieron los egipcios del inicio, forma y fin del universo (Lull 2006). Una de las más importantes y antiguas cosmogonías egipcias fue la procedente de la ciudad de Iunu, Heliópolis. Según ésta, el universo precreacional era oscuro, inerte, silencioso, sin tiempo y sin espacio (de hecho, en los *Textos de los Sarcófagos* se lee: "cuando yo estaba solo en el *nun* no había un espacio en el que pudiera estar"). Con estos adjetivos se

describe el *nun*, el océano primordial, pero *nun* es el "no ser", una manera de intentar definir un concepto tan abstracto como la nada. En el *nun*, se activó la fuerza vital del dios Atum, el demiurgo, y con éste comenzó la creación del mundo. Atum se generó a sí mismo e inició la creación del resto de los dioses tan pronto emergió del *nun* con el *benben*, la colina primordial que marca el primer espacio y el comienzo del tiempo en un universo en el que el caos devino en orden, lo inerte en móvil, el silencio en ruido, y la oscuridad en luz (Figura 1).



Figura 1: Detalle de una viñeta del *Libro de los Muertos* de la dama Anhai, dinastía XXI (ca. 1050 a.C.). Nun, deificado, aparece sosteniendo la barca solar (cortesía del *Museo Británico*).

Los primeros dioses formados tras la creación reflejaron las partes básicas del universo egipcio. Así, tanto Shu como su contrapartida femenina Tefnut son divinidades relacionadas con el aire y la atmósfera, mientras

que Geb es el dios de la tierra y Nut la diosa del cielo. El *Libro de la Vaca Sagrada* (Hornung 1982) hace referencia a la separación de estas partes en el momento en que Nut se alzó creando la bóveda celeste, procurando a Ra un espacio alejado del mundo terrestre.

El universo egipcio era cíclico como el renacer del Sol cada mañana por el horizonte oriental. Así, su fin no es sino una vuelta a los orígenes, a la oscuridad primigenia en la que, no obstante, la esencia del demiurgo permanecerá para, de nuevo, reactivarse y volver a crear a los dioses y el resto del mundo. Como señala una inscripción del templo ptolemaico de Dendera, el creador es "el que viene a la existencia después del fin del tiempo cíclico y no desaparece" (Daumas 1987: 152).



Figura 2: Detalle de una papiro de la dinastía XXI donde se observa el *uróboros* con el joven dios solar en su interior. En la parte inferior, los dos leones simbolizan el ayer y el mañana (Wikipedia).

Sólo el *nun* y el dios primordial vuelven a encontrarse al final del universo, del mismo modo que lo hicieron al principio de éste. En dicho sentido, uno de los textos más claros que explican el fin del universo es el capítulo 175 del *Libro de los Muertos* (Hornung 1979: 367), cuando dice: "tú vivirás por millones y millones de años, un tiempo de millones de años. Sin embargo, yo destruiré todo lo que he creado. Esta tierra volverá al *nun*, al agua primordial, tal y como fue en su comienzo. Yo sobreviviré junto con Osiris, después de que yo me transforme en otras serpientes, las cuales no conocen los hombres y no han visto los dioses". En la última sentencia de este pasaje se está indicando claramente, además, que el estado

del universo más remoto, el precreacional, tenía una naturaleza que es totalmente desconocida no sólo para los hombres sino también para las divinidades, pues todos ellos son producto de la creación que siguió a Atum y, por tanto, nunca estuvieron allí. La serpiente, además, según el contexto también es sinónimo del caos o del mundo precreacional, tanto cuando amenaza el mundo creado como cuando permanece inmóvil en el *nun*.

En relación a esta idea del universo cíclico, hay que recordar que la forma del *uróboros* o serpiente que se muerde la cola (como plasmación del tiempo cíclico) tiene su origen precisamente en Egipto (Figura 2). En cuanto a esto último, vale la pena recordar una obra del poeta alejandrino Claudius Claudianus, muerto a principios del siglo V d.C., y que reproduce en texto lo que describe la antigua iconografía egipcia. En el *Homenaje a Estilicón* Claudianus (Derchain 1956: 4-6) dice de la serpiente:

> "Desconocida, lejana, inaccesible a nuestra raza, casi prohibida a los mismos dioses, existe una caverna, la de la inmensa eternidad, madre tenebrosa de los años, que produce las edades y las vuelve a llamar a su vasto seno. Una serpiente defiende el perímetro de esta gruta; devora todas las cosas con voluntad serena, y sus escamas permanecen perpetuamente jóvenes. Con la boca vuelta hacia atrás, devora su propia cola, y, deslizándose en silencio, vuelve a pasar por el lugar donde ha comenzado".

En la iconografía egipcia es difícil encontrar esquemas que reproduzcan, en imagen, su percepción de las partes del universo y del espacio que en él ocupa Egipto o su mundo conocido. Una excepción es la tapa de un sarcófago de la dinastía XXX, conservado en el Museo Metropolitano de Nueva York (Clère 1958: 31). En la imagen que reproduce, un círculo interior presenta una lista de *nomoi* o provincias de Egipto. Alrededor, un segundo círculo muestra símbolos que representan a los *khasut* o países extranjeros, con las diosas del este y del oeste a izquierda y derecha, señalando de ese modo los límites de la Tierra. Con ello, queda claro que Egipto se concibe como el centro del mundo. Pero ese mundo está circundado por la figura de la diosa Nut, cuyo cuerpo queda adornado de estrellas y discos solares, recreando así el cielo por el que el Sol navega en su viaje nocturno.

Pero más allá de la esfera dominada por Nut y el ámbito celeste, como señala el *Libro de Nut* (Neugebauer y Parker 1960) y los comentarios del papiro Carlsberg I (Lange y Neugebauer 1940), existe una última esfera que corresponde al *nun*: "La lejana región del cielo existe en absoluta oscuridad. Se desconocen sus fronteras sur, norte, oeste y este. Éstas están establecidas en el *nun*, inertes. Allí no existe la luz del *ba*, una tierra cuyo sur, norte, oeste y este no es conocida por los dioses y los *akhu*. Allí no existe ningún tipo de luz". Entre el mundo conocido y el *nun*, los egipcios

creían en la existencia de otro nivel, dentro del cuerpo de Nut, al que llamaban *duat*, un lugar que aunque no era visible a los ojos de los vivos podía ser descrito y definido, pues era por allí por donde el Sol circulaba en las horas nocturnas y donde diversos tipos de difuntos permanecían. Básicamente éste es el universo concebido por los egipcios. Así, el mundo conocido por los seres y por los dioses (la tierra, el cielo, la *duat*), está flotando en un océano inerte y de oscuridad extrema, el *nun*, razón por la que los egipcios opinaban que las fuentes del Nilo tenían su origen en una resurgencia del *nun* o que la bóveda celeste les protegía de las caóticas aguas del mismo (Lull 2006: 47).

El universo y el orden reflejado en la arquitectura y en las alineaciones astronómicas

La cosmovisión egipcia se plasmó en la propia arquitectura de los templos, siguiendo un esquema que muestra la estructura del universo en el momento en que emergió la colina primordial (Figura 3). Según la mitología, sobre un junco que había en la cima de la colina que surgió del *nun*, un halcón sagrado apareció volando y se posó. La sacralidad del lugar fue entonces definida por medio de un muro, con lo que de ese modo se dispuso el primer templo de Egipto.

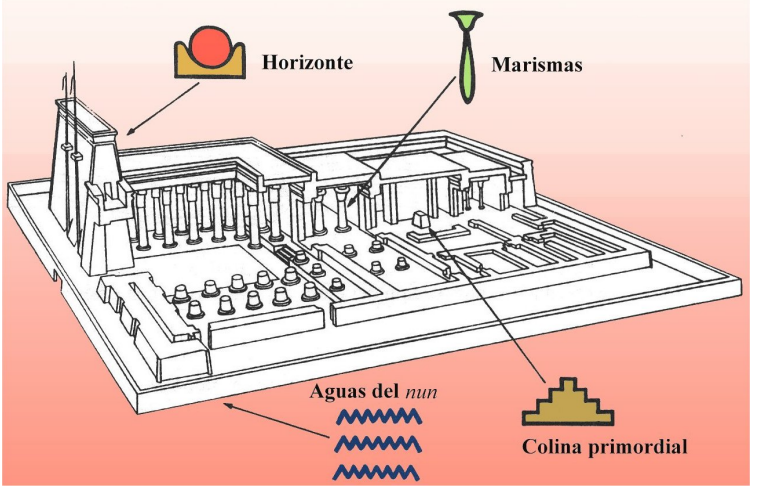


Figura 3: Las partes de un templo egipcio como esquema del universo del que surgió la colina primordial (modificado de M.A. Molinero y D. Sola, *Arte y Sociedad del Egipto antiguo*, Madrid 2000: 85).

El muro que rodea todo el templo y define su *témenos* representa, de manera más evidente a partir de la época ptolemaica, las aguas del *nun*. En esa época dicho muro se construye con ladrillos de adobe, en hiladas que proporcionan al muro el aspecto de las ondas de las aguas primordiales. Ello indicaba que hasta dicho muro llegaba el caos del *nun*, pero en el interior reinaba el orden del cosmos. La entrada al recinto se realizaba a través de una puerta monumental flanqueada por dos torres, conformando así el llamado "pilono", cuya forma recuerda la del jeroglífico *akhet*, el horizonte por el que sale el Sol cada día, confirmando la permanencia del orden creado sobre el caos.

Cuando se avanza hacia el interior del templo en dirección al *sancta sanctorum* el nivel del suelo va ascendiendo progresivamente al tiempo que el techo es cada vez más bajo. Con ello se recuerda el ascenso desde los bordes de la colina primordial hasta su cumbre que, realmente, se halla más cercana al cielo. Del mismo modo, la presencia de salas columnadas en la parte inicial del templo, así como su propia decoración con motivos vegetales y colores asociados intentan simular la naturaleza pantanosa que rodeaba la colina primordial; al tiempo, la decoración estrellada del techo quería reflejar el ámbito celeste. El naos del *sancta sanctorum*, el lugar habitado por el dios, representaba la cima de la colina, el lugar más cercano al cielo (Wilkinson 2000: 76). El que el naos del templo de Horus de Edfú, uno de los raros ejemplos conservados *in situ*, quede rematado por una forma piramidal no es casualidad, pues las pirámides, símbolos solares, son representaciones de la propia colina, dado que ésta simboliza la creación y regeneración deseada por el difunto.

El orden cósmico también podía quedar vinculado a los templos por medio del *pedj-sesh* o ritual del estiramiento de la cuerda (Letellier 1977: 912-913). Esta ceremonia fundacional, que se remonta a fechas muy antiguas en la historia de Egipto, consistía en estirar una larga cuerda apuntando hacia un objetivo, a veces astronómico (como una estrella importante o una posición relevante del Sol). Con esta alineación se establecían los ejes maestros del templo.

En fechas recientes, el astrofísico Juan Antonio Belmonte ha realizado un completísimo estudio de las orientaciones de la práctica totalidad de los templos egipcios, obteniendo resultados muy interesantes (Belmonte y Shaltout 2009: 215-279). Veamos sólo algunos ejemplos. En el caso del templo de Hathor en Dendera (Figura 4) una inscripción nos revela hacia qué objetivo concreto se alineó el templo durante el ritual fundacional: "el rey de las Dos Tierras ha estirado la cuerda con satisfacción, y con su vista hacia el *akh* de Meskhetiu, ha establecido la casa de la diosa, la señora de Dendera" (Shaltout y Belmonte 2005; Lull 2006: 335). El *akh* de Meskhetiu (UMa) corresponde a la estrella Alkaid (η UMa), cuyo orto tenía lugar a un azimut de 18º en la época en la que se construyó el templo de Hathor, el cual fosilizó este hecho al alinearse con dicha estrella.

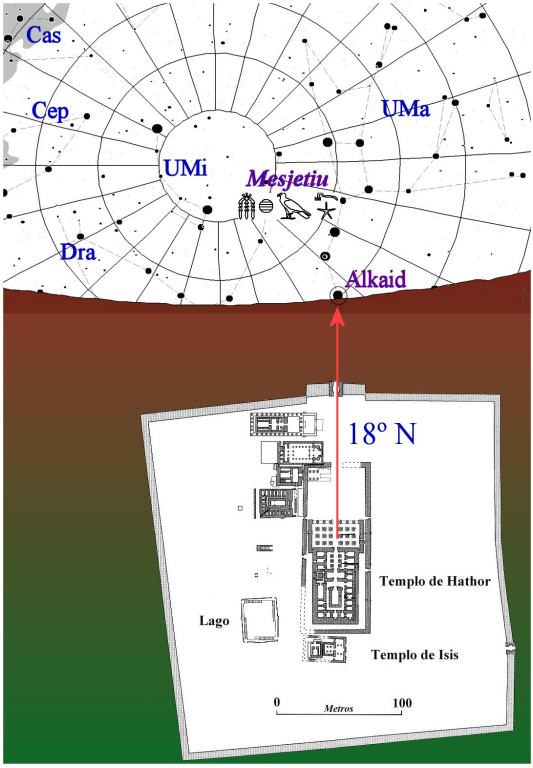


Figura 4: El templo de Hathor en Dendera está alineado al orto de la estrella Alkaid, según podía verse a mediados del siglo I a.C. (tomado de J. Lull, *Astronomía* 84, 2006: 31).

El conocido templo de Ramsés II en Abu Simbel muestra una interesante alineación solar que se repite actualmente cada 21 de octubre y 21 de febrero. Los primeros rayos de Sol se introducen en él hasta proyectarse, a más de 60 metros en el interior, en el pequeño santuario donde se hallan, de izquierda a derecha, las estatuas de Ptah, Amón-Ra, Ramsés II y Ra-Horus-del-Horizonte, de modo que el Sol comienza a iluminar a Amón-Ra, dios solar, sigue con Ramsés II (cuyo nombre significa "nacido de Ra") y termina con otro dios solar, Ra-Horus-del-Horizonte, no iluminando en ningún momento a Ptah, pues éste es un dios que se relaciona con el mundo de la ultratumba y, de hecho, es representado con el cuerpo vendado a modo de momia. Esta hierofanía, no obstante, tenía también un motivo calendárico, pues las dos alineaciones anuales coincidían, en época de Ramsés II, con el comienzo de dos de las tres estaciones del año egipcio (Belmonte, Shaltout y Fekri 2009: 232).

En el área tebana la alineación predominante es la del orto solar del solsticio de invierno, efeméride que marca el punto a partir del cual el astro rey comienza su revitalización. Ésta se constata, por ejemplo, en el templo de Mentuhetep III sobre la colina de Thoth, en templos funerarios como los de Hatshepsut y Amenhetep III y, principalmente, en el gran templo de Amón en Karnak (Figura 5).



Figura 5: El templo de Karnak durante el solsticio de invierno (Youtube: sacredsitesinstone).

Otras alineaciones con un claro simbolismo astronómico las hallamos, asimismo, en las pirámides. Todas sus entradas se sitúan en el lado norte, para permitir así que los *akhu* (especie de espíritus) de los difuntos faraones pudieran dirigirse hacia las estrellas circumpolares, pues estas representaban la inmortalidad (Lull 2006: 284-285). En este sentido, una de las alineaciones más atractivas es la que se producía a través de los dos orificios del *serdab*[1] del rey Netjerkhet en el lado norte de su pirámide, pues a través de ellos la estatua del rey podía observar las estrellas Kochab (β UMi) y Dubhe (α UMa) (Belmonte, Shaltout y Fekri 2009: 251-253), que en la simbología egipcia representaban los extremos de unos instrumentos empleados durante el llamado ritual de la apertura de la boca, que servía para proporcionar el aliento de vida al difunto, y que en el cielo egipcio podrían haber quedado plasmados en las constelaciones de la Osa Mayor y la Osa Menor. Por otra parte, es igualmente interesante señalar que el extremo de estos instrumentos pudo haberse realizado con hierro meteórico, conocido como *Bia en pet* en egipcio (es decir, "hierro del cielo") y que mucho antes de la Edad del Hierro ya era utilizado en Egipto en algunos contextos (Lull 2008).

[1] habitación para la estatua del *ka* del difunto.

Los sacerdotes observadores del cielo

En el antiguo Egipto, los mejores conocedores de los fenómenos celestes eran los sacerdotes astrónomos (Lull 2008b) que desde las terrazas de sus templos observaban el firmamento. A ellos debemos el calendario de 365 días y la división en 24 horas del día.

Uno de los astrónomos más antiguos que podemos reconocer en la documentación fue el gran sacerdote heliopolitano Tjenti, de la V dinastía. Entre sus títulos figuran los de "superior de los secretos del cielo" y "observador de los secretos del cielo". Pero estos astrónomos eran, sobre todo, horólogos, interesados principalmente en observar aquellas estrellas que les servían para medir las horas de la noche. De hecho, en egipcio eran conocidos como *ununti*, que podríamos traducir literalmente como "observador de las horas". No es casual que la palabra "hora", en egipcio *unut*, se escriba de modo muy similar a, precisamente, uno de los términos que se traducen como "estrella", *unut*. Evidentemente, todos estos vocablos se relacionan entre sí, pues su asociación dio origen a estas palabras. También era designado como *imi unut* "el que está en las horas", recordando una vez más su cometido, o *sebay* "el de las estrellas", en clara referencia al objeto principal de sus observaciones. Al contrario que en Mesopotamia, el astrónomo egipcio antiguo no se vinculó a la astrología (Vercoutter 1988: 62), creencia que sólo en la segunda mitad del I milenio a.C., por influencia grecobabilónica, se introduce en Egipto.

En ocasiones, por otro lado, los sacerdotes astrónomos podían distinguirse por una vestimenta especial. Uno de los mejores ejemplos nos lo proporciona Anen, cuñado del gran rey Amenhetep III, tal y como nos demuestra una estatua suya conservada en el Museo Egipcio de Turín (Figura 6). Las estrellas que decoran la piel de pantera con la que se cubre el torso relacionan a este personaje de manera inequívoca con la observación de la bóveda celeste. Algo similar se observa, en ocasiones, en las representaciones de la diosa Seshat, divinidad protagonista en el ritual del estiramiento de la cuerda mencionado líneas atrás.

En época tardía, un sacerdote astrónomo llamado Horkhebi (Neugebauer y Parker 1969: 214-216) nos legó una estatua cuyas inscripciones aportan interesante información sobre las funciones que desempeñaba como astrónomo:

> "(...) aquel que observa todo lo observable en el cielo y en la tierra, experimentado en la observación de las estrellas sin cometer error, el que anuncia los ortos y ocasos en su momento, (...), el que predice el orto helíaco de toda [estrella] en un buen año, el que anuncia el orto helíaco de Sirio al comienzo del año y la observa en su primer día de festival, calculando su curso en los tiempos determinados, observando lo que ella hace todos los días, pues todo lo

que ella ha anunciado está a su cargo. Aquel que conoce lo que va hacia el norte y al sur del disco solar, anunciando todas sus maravillas y estableciendo sus tiempos; él señala cuándo han ocurrido, viniendo en sus tiempos; aquel que divide las horas del día y de la noche sin errar en la noche (...), uno que es sabio en todo aquello que se ve en el cielo, que ha esperado, uno que es experimentado con respecto a sus conjunciones y movimientos regulares (...)".



Figura 6: El astrónomo Anen, dinastía XVIII, ca. 1350 a.C. (tomado de J. Lull, *Astronomía* 103, 2008: 75)

Los conocimientos astronómicos de los sacerdotes egipcios debían ser tenidos en consideración y, como algunas partes de la liturgia religiosa egipcia, eran secretos y desconocidos por otras personas. Así se desprende de una cita de Estrabón (XVII 1:29):

> "En Heliópolis yo he visto las grandes casas en las que vivían los sacerdotes. Se dice que en otro tiempo esta ciudad fue la residencia de los sacerdotes, hombres de ciencia y astrónomos (...) Estos sacerdotes, que tenían unos conocimientos tan profundos de los fenómenos celestes, los mantenían con gran secreto y eran poco deseosos de compartir su saber."

Un autor ligeramente anterior a Estrabón, Diodoro de Sicilia (I, 81), también dejó constancia de la sabiduría y la minuciosidad con la que los astrónomos egipcios anotaban las posiciones de los astros: "En cuanto a la observación de las posiciones y de los movimientos astrales, también es objeto de la atención de los egipcios más que de todos los otros pueblos; ellos conservan anotaciones sobre cualquier estrella desde un número increíble de años".

Por desgracia, sin embargo, no ha llegado a nosotros ni un solo tratado de astronomía del antiguo Egipto. Debieron poseer tablas y guías donde habrían reunido parte de sus conocimientos, rollos de papiro que debían guardarse en los archivos de los templos. En el caso concreto de la biblioteca del templo del dios Horus de Edfú han sobrevivido, inscritos en sus paredes, los títulos de 31 obras, entre las que existieron al menos dos de astronomía. Una lleva por título: "Conocimiento de los retornos periódicos de los dos espíritus celestiales: el Sol y la Luna"; mientras que la segunda se titula: "El gobierno de los retornos periódicos de las estrellas". Igualmente, el papiro Carlsberg I, en sus comentarios en demótico del *Libro de Nut*, cita como obras de referencia una amplia serie de libros vinculados a la astronomía de los que sólo conocemos el título: "La descripción de los movimientos de las estrellas", "Libro para observar el disco solar", "Libro del cielo", etc.

Midiendo el tiempo con las estrellas y el Sol

Para los antiguos egipcios el día estaba dividido en 24 horas, de las que, invariablemente, doce correspondían al día y otras doce a la noche. Aunque en invierno hay menos horas de luz y la noche es más larga, y durante el verano sucede lo contrario, los egipcios seguían manteniendo a partes iguales sus horas de noche y de día, si bien la duración de las mismas cambiaba. Es posible que la división del día en doce horas nocturnas y diurnas tenga alguna relación con los doce meses del calendario civil.

Aunque los más antiguos relojes astronómicos conservados en Egipto, las tablas de los relojes estelares diagonales, proceden todos ellos del Primer Período Intermedio e Imperio Medio (hace unos 4 000 años, aproximadamente), diversas citas de los Textos de las Pirámides muestran que ya durante el Imperio Antiguo los egipcios debían tener perfectamente desarrollado el sistema de decanos horarios, es decir, de series de estrellas que les servían para medir las horas de la noche a lo largo de todo el año. En este sentido el texto PT 515 es suficientemente explícito: "El rey ha aclarado la noche, el rey ha despachado las horas" (Faulkner 1969: 101).

Los egipcios establecieron un sistema de 36 decanos, uno por cada semana del año civil (recordemos que las semanas egipcias eran de diez días) más otros 12 decanos utilizados durante los días epagómenos con los que cerraban el año sumando 365 días.

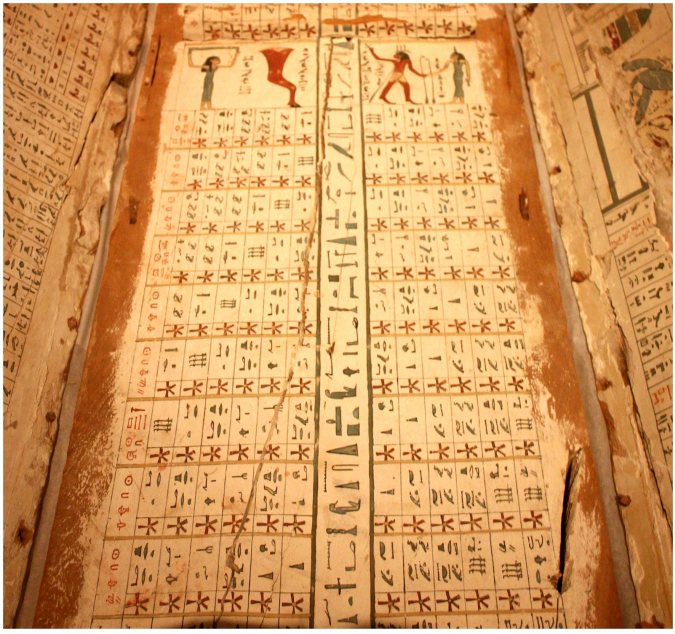


Figura 7: Parte de la lista decanal de un reloj estelar diagonal de la dinastía XI (cortesía del *Roemer und Pelizaeus Museum* de Hildesheim).

Los 17 ejemplos que tenemos de relojes estelares diagonales proceden de tapas de ataúdes de las dinastías IX a XII (Neugebauer y Parker 1960: 1-32; Locher 1998: 697-702). En ellos los decanos aparecen listados en series de doce, por columnas, repartidos en 36 décadas (Figura 7). El final

de la duodécima hora de la noche quedaba marcada por el orto helíaco de su decano, al que seguían las primeras luces del día. Cada decano marca una hora concreta de la noche durante un período de 10 días. Cuando el Sol se oculta y se hacen visibles las estrellas, el primer decano de cada columna, el que marca la primera hora de la noche durante esa década, es visible sobre el horizonte oriental. La primera hora era necesariamente más corta según pasaban los días, pues debemos tener en cuenta que las estrellas salen cada día unos cuatro minutos antes que la noche anterior. La segunda hora de la noche acababa cuando salía el siguiente decano, y así sucesivamente hasta el crepúsculo matutino, en el que el 12º decano de la noche deja de ser visible.



Figura 8: El bay era un instrumento utilizado a modo de mira. (Foto del autor, *Neues Museum*, Berlín).

El funcionamiento es, pues, sencillo y se basa en la observación de los ortos de determinadas estrellas o grupos de estrellas (los decanos) cuya separación angular respecto al decano precedente y posterior está suficientemente equilibrada como para organizar la división de las 12 horas de la noche en partes más o menos iguales. Eso sí, dado que en verano hay menos horas de oscuridad que en invierno, la secuencia de doce decanos

que dan las horas en verano debe estar formada por estrellas más cercanas angularmente entre sí, mientras que la secuencia de decanos de invierno debía apoyarse en estrellas separadas por más grados.

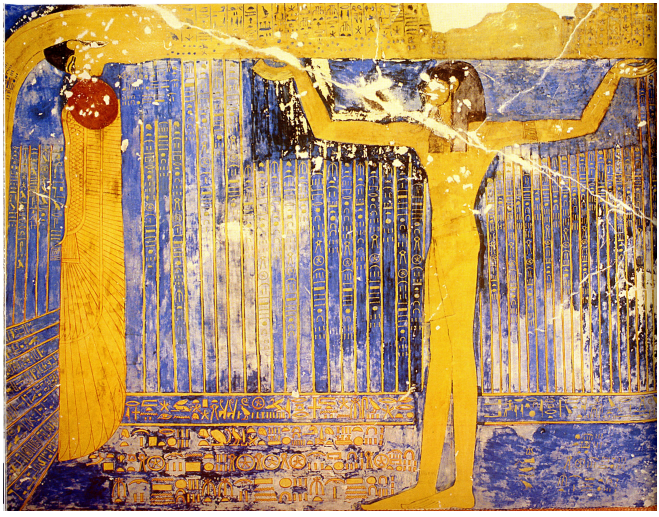


Figura 9: El Libro de la Nut informa del momento en que cada estrella horaria está en su "primera hora", "encerrada por la *duat*" (en conjunción), o en su "nacimiento" (orto helíaco). (Foto del autor, tumba de Ramsés IV).

En algún momento durante el Imperio Medio los egipcios comenzaron a desarrollar un sistema nuevo de medición de las horas de la noche, los relojes de tránsito decanal, básicamente haciendo uso de las mismas estrellas. Si el reloj estelar diagonal se basaba en la observación de la salida de los decanos por el horizonte oriental, el nuevo método iba a seguir el paso de éstos por el meridiano central. Este método parece, pues, más preciso, ya que elimina en gran medida el factor de las condiciones atmosféricas al nivel del horizonte. Sin embargo, también es cierto que la exactitud con la que los egipcios podían medir el paso de una estrella por el meridiano era limitada, pues los instrumentos que utilizaban, como el *bay* (Figura 8), que era una mira, y el *merkhyt*, básicamente una plomada, dependían en buena parte de la pericia del observador.

Los ejemplos de relojes de tránsito decanal aparecen en algunas tumbas y cenotafios del Imperio Nuevo, formando parte del *Libro de Nut*, llamado así porque se desarrolla alrededor de una representación de la figura de la diosa celeste, Nut. Se trata de un compendio de textos mitológicos y astronómicos de gran interés. Los ejemplos más conocidos son los del

cenotafio de Seti I en Abidos y el de la tumba de Ramsés IV en el Valle de los Reyes (Figura 9), si bien aporta información igualmente importante el papiro del período romano Carlsberg I.

Según indica el texto jeroglífico del *Libro de Nut*, la "primera hora" es señalada por el día en que el decano empieza su trabajo como marcador de la primera hora de la noche tras 120 días de operatividad desde que había comenzado a señalar la última hora de la noche (marcando la hora no en su orto sino al cruzar el meridiano central). El momento "encerrado por la *duat*" señala el día en que el decano entra en conjunción con el Sol y deja de ser visible por la noche, 90 días después de que el decano finalizase su trabajo como marcador de la primera hora. Finalmente, el "nacimiento" indica el momento del orto helíaco del decano, 70 días después de ser encerrado por la *duat* (es decir, de estar en conjunción). Desde ese instante, el decano pasa 80 días en el horizonte oriental matutino hasta que su culminación es observada por vez primera en el alba, señalando la duodécima hora de la noche. Este formato de observación evidencia el empleo de un año esquemático de 360 días.

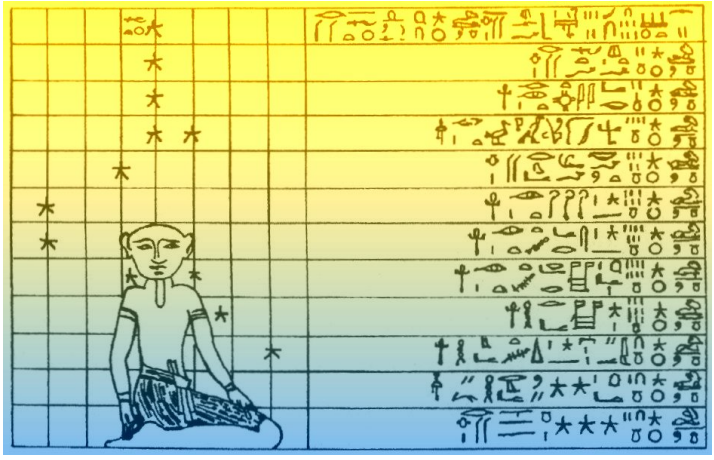


Figura 10: Tabla 4 del reloj de Ramsés IX (modificado de R.W. Sloley, "Primitive Methods of Measuring Time with Special Reference to Egypt", JEA 17, 1931: 169).

Durante el Imperio Nuevo encontramos otro método de contabilizar las horas de la noche basado principalmente, como el reloj de tránsito decanal, en la observación de la culminación de los decanos. En este caso, la información astronómica era repartida en 24 tablas, dos por cada mes, en cada una de las cuales se listaba la posición de 13 estrellas decanales, con la primera estrella como marcadora de la primera hora de la noche (Figura 10).

Cada una de las tablas podía venir acompañada de la figura de un hombre sentado visto de frente, con una red de 7 líneas verticales y 13 horizontales sobre él. La línea vertical central, que en muchas ocasiones se hacía coincidir con la vertical de la nariz de la figura, representa el meridiano central. Las otras 6 líneas verticales representan líneas de tránsito anteriores o posteriores a la del meridiano central y tomaban como referencia la vertical sobre partes del cuerpo como los ojos, orejas y hombros.

En cuanto a las líneas horizontales, la primera de ellas informa del comienzo de la noche, mientras que las doce siguientes corresponden a las doce horas de la noche, con el nombre de las estrellas que las dictan y su posición respecto al sistema de coordenadas ideado. Las 24 tablas recogen un período de 360 días, por lo que los epagómenos se despreciaban en este tipo de relojes. Por otra parte, si repasamos la lista de decanos de los relojes estelares diagonales del Imperio Medio o la del reloj de tránsito decanal del *Libro de Nut* con las estrellas mencionadas en los relojes estelares ramésidas, veremos cómo casi sorprendentemente sólo hay tres entradas similares, la de "la estrella de Sah" (quizás Rigel en Orión), la de "la estrella de Sepedet" (Sirio en CMa) y la de la "estrella de los miles" (Alcyone en las Pléyades).

Como en los relojes ramésidas muchas de las horas de la noche finalizan sin que ninguna estrella esté en el meridiano central, quizá en ello tenemos que ver que junto a este reloj estelar podría haberse usado, como complemento, una clepsidra, relojes de agua documentados desde la dinastía XVIII (hacia 1550 a.C., aproximadamente) y que los egipcios fueron perfeccionando con el tiempo (Lull 2006: 134-145). Los relojes estelares no fueron los únicos empleados por los egipcios, pues también desarrollaron varios tipos de relojes solares. De estos últimos podríamos diferenciar entre los llamados relojes de sombra y los relojes de sol, propiamente dichos.

Había diversos modelos de relojes de sombra, pero el más antiguo, representado en el cenotafio del rey Seti I en Abidos, consiste en una tabla horizontal, con un tope vertical en uno de sus extremos (Figura 11). Sobre este tope había una segunda barra horizontal colocada perpendicularmente a la primera, que es la que llevaba las marcas horarias. El reloj debía orientarse hacia el este para que la sombra del Sol, a través de la segunda barra horizontal, se proyectase sobre la primera. El mejor funcionamiento de este tipo de reloj se daba en las ocho horas centrales del día, pues tanto en el amanecer como en el atardecer las sombras son tan extensas que sobrepasan la longitud de la tabla. A mediodía, el reloj debía ser girado 180º y orientado hacia el oeste, pues en ese momento el Sol alcanza su culminación y el instrumento deja de ser utilizable en su posición original.

En una pieza procedente de Sais (Clagett 1995: 41), de comienzos del Tercer Período Intermedio, las marcas horarias van acompañadas con los nombres de las horas, de tal modo que sabemos que la primera se llamaba *webenet* ("la que amanece"), la segunda *seshemet* ("la que introduce"),

la tercera *mek nebes* (“la que protege a su señor”), la cuarta *seshtat* (“la secreta”), la quinta *neseretet* (“la de la llama”) y, la sexta hora del día, *akhat* (“la estante”).

El problema del reloj de sombra estriba en que posee una única escala horaria, fija para todo el año y que, por tanto, no considera que el comportamiento de la sombra es mucho más complicado al vincularse a los cambios de declinación del Sol entre su posiciones más extremas en el solsticio de verano y de invierno. Sin embargo, para resolver este problema Bruins (1965: 137) propuso que sobre el cabezal del reloj debían insertarse, según la estación del año, crucetas de mayor o menor altura, si bien esto no soluciona el hecho de que la escala horaria sigue siendo la misma.

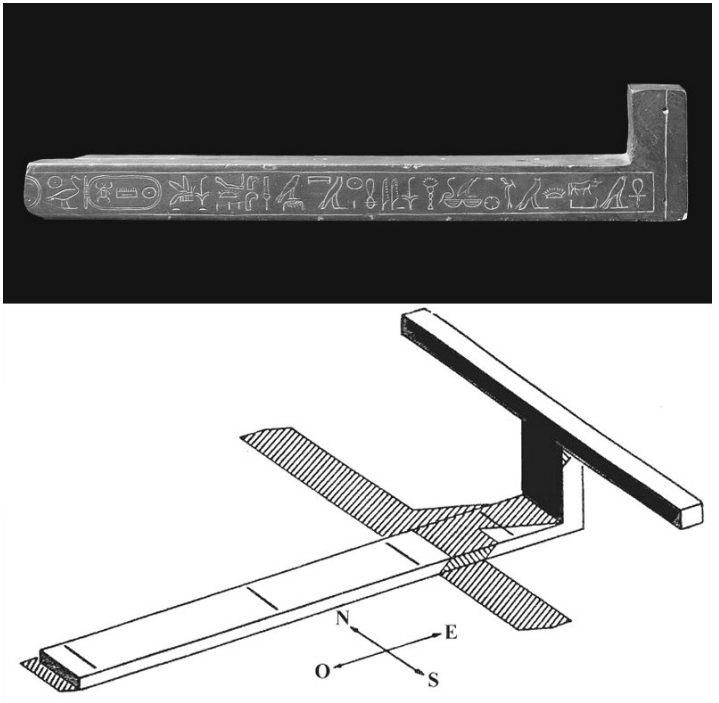


Figura 11: Resto de un reloj de sombra y reconstrucción del reloj de Seti I (cortesía del *Neues Museum*, Berlín; EAT I: 117).

Con el tiempo los egipcios desarrollaron sus relojes de sombra e idearon uno en el que la sombra quedara proyectada en un plano inclinado y no en una superficie horizontal, como hemos visto anteriormente. Este tipo de proyección permitía que el reloj no tuviera que contar con una base larga

sino más comprimida y, por el mismo motivo, solucionaba en cierta medida la cuestión de las sombras tan alargadas de las primeras y últimas luces del día. Uno de los ejemplares más completos de reloj de sombra de plano inclinado procede de Qantara, al este del Delta. Este reloj posee un sistema de siete escalas por lo que reconocía que dado que la longitud y el arco hiperbólico de las sombras proyectadas varían a lo largo del año, cada mes debía tener una escala propia que se aproximase lo mejor posible a los cambios de declinación del Sol.



Figura 12: Reloj de sol hallado recientemente, por la Universidad de Basilea, en el Valle de los Reyes (Wikipedia).

En los relojes de sol, similares a los que podemos ver pegados en las fachadas de muchas casas, las horas son marcadas por el cambio de la dirección angular de la sombra proyectada por el Sol por medio de un gnomon. Los relojes de sol más antiguos que se conocen en Egipto son de la dinastía XVIII (Figura 12) y del reinado de Merenptah (hacia 1210 a.C.) (Borchardt 1920: 48).

Los planetas observados por los egipcios

Desde el Imperio Medio (Loprieno-Behlmer 1986: col. 12), hace unos 4 000 años, tenemos documentos en los que aparecen mencionados los cinco planetas observables a simple vista: Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno. En realidad, es casi seguro que con anterioridad los egipcios ya los hubieran diferenciado del resto de las estrellas del firmamento, si bien nos falta documentación y no podemos concluir desde qué preciso momento eran conocedores de ello.

Mercurio era conocido como *Sebegu*, nombre cuyo significado desconocemos. Usualmente, el nombre del planeta va acompañado de la figura del dios Seth, siendo éste el único planeta que se relaciona con dicha divinidad. Para este planeta se hacía uso del epíteto "Seth en el crepúsculo vespertino, un dios en el crepúsculo matutino", lo que clarifica que los egipcios habían reconocido que Mercurio era la misma "estrella" que se observaba unas veces al amanecer y otras al anochecer, al menos desde el reinado de Ramsés VI (que es cuando se documenta el epíteto), aunque es seguro que habrían llegado a esta conclusión mucho antes.

En los *Textos de las Pirámides*, numerosas fórmulas hacen mención de un astro denominado "el dios de la mañana" o, también, "la estrella de la mañana". Ese nombre nos recuerda a nuestro "lucero del alba", el planeta Venus. En el completo estudio, desde el punto de vista astronómico, que Krauss (1997) ha dedicado a los *Textos de las Pirámides*, dicho autor llegó a la conclusión de que en este compendio religioso Venus es el planeta nombrado por los egipcios como "la estrella de la mañana".

Venus suele representarse como una personificación del pájaro *benu* en los techos astronómicos del Imperio Nuevo, aunque en época tardía aparece como un dios bicéfalo o bifronte (Figura 13), posiblemente porque, como Mercurio, tiene dos aspectos (matutino y vespertino), ambos diferenciados pero a la vez identificados como dos formas de un mismo astro.

Hasta la dinastía XXX Marte fue conocido como "Horus del Horizonte", si bien desde la época ptolemaica pasó a denominarse "Horus el rojo". Este nombre define la característica visual más sobresaliente de este astro, su color. También era designado como "el que viaja hacia atrás", nombre que describe perfectamente una de las cualidades del movimiento aparente del planeta sobre el fondo estrellado del firmamento, dado que debido a la diferente velocidad de translación y de la amplitud de las órbitas de la Tierra y Marte, un observador que siga a este planeta durante varios meses percibirá como tras un período de avance continuo hacia el este, seguirá otro de retroceso, el llamado movimiento retrógrado. Marte es, una vez más, una forma del dios Horus representado de pie sobre una barca, con cuerpo humano y cabeza de halcón, usualmente coronada con una estrella.

Júpiter era conocido, principalmente, como "Horus, el que une las Dos Tierras" o "Horus, misterio de las Dos Tierras". Como forma del dios

Horus, Júpiter aparece representado de manera idéntica a Saturno, es decir, como una divinidad antropomorfa con cabeza de halcón, con una estrella sobre la cabeza y usualmente estante sobre una barca.

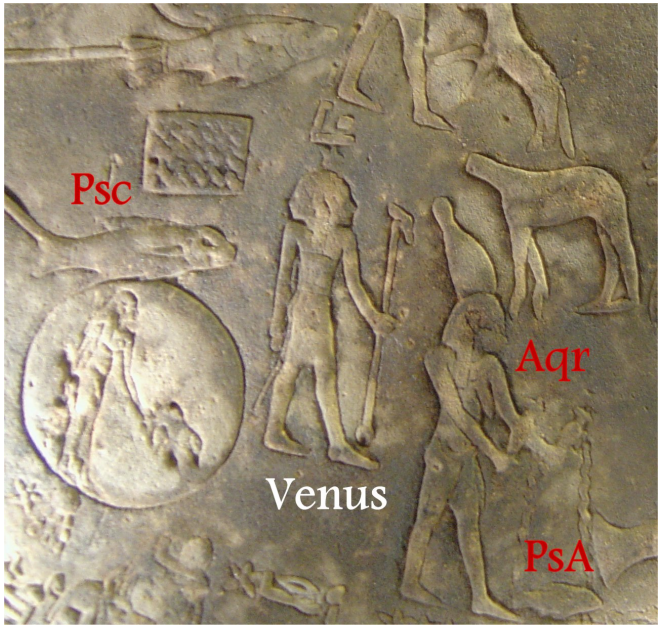


Figura 13: Venus bifronte, entre Pisces y Aquarius, en el zodíaco de Dendera (Foto del autor, *Museo del Louvre*, París).

Los egipcios denominaban a Saturno con nombres como "Horus, toro del cielo". Su inclusión en los *Textos de las Pirámides*, hace 4 500 años, nos lleva a pensar que los egipcios conocían ya a Saturno desde fechas mucho más tempranas. En cuanto a la iconografía se refiere, generalmente, Saturno aparece representado como una divinidad antropomorfa hieracocéfala.

Registro de eclipses y cometas en Egipto

El eclipse solar mencionado en el papiro BM 13588 es el único eclipse conocido señalado en un texto egipcio (Lull 2007). Casualmente, así como en otras culturas antiguas como la mesopotámica tenemos numerosos registros de este tipo de fenómenos astronómicos, en el caso de Egipto, donde la escritura hizo acto de presencia ya en el último cuarto del IV milenio a.C., no encontramos más que un ejemplo referido a un eclipse de

610 a.C. pero citado en un papiro del siglo I a.C. Evidentemente, la única explicación coherente que podemos encontrar a esta realidad es que hasta el momento no hayamos tenido la suerte de encontrar catálogos o registros astronómicos egipcios.

En el papiro demótico Berlín 13588 un sacerdote llamado Amasis, recuerda que escuchó en la ciudad egipcia Tjeben, la Daphne griega, lo siguiente: "El cielo se tragó el disco solar cuando él fue llevado a la sala de embalsamamiento, en el que el cuerpo del rey Psamético debía ser preparado para el enterramiento". El Psamético al que se refiere el texto no es otro que Psamético I, fundador de la dinastía XXVI, y el eclipse referido es el parcial de Sol de 30 de septiembre de 610 a.C., por lo que la muerte del faraón debió acontecer entre finales de julio, agosto y septiembre de aquel año dado que, como dice el texto, el cadáver del difunto monarca se hallaba aún en la sala de embalsamamiento.

Como en otras culturas antiguas, los egipcios también asociaban a desgracias la observación de estos fenómenos, dado que por inesperados podían tomarse como una manifestación de la ruptura del orden cósmico. Ello se desprende de la *Crónica del Príncipe Osorkón*, un texto de hace 2 800 años en el que, en relación al año 15 del rey Takelot II, se asocia un eclipse de Luna con la desgracia de la guerra.

Del mismo modo que ocurre con los eclipses, es llamativa la escasez de registros de otros fenómenos "imprevistos" en la bóveda celeste. Tal es el caso de los cometas. El documento más antiguo que hace mención a un cometa es una tablilla cuneiforme babilónica que se refiere a uno observado en el año 675 a.C. (Kronk 1999: 1). Sin embargo, en Egipto no contamos con ningún documento en que se haga mención de la aparición de un cometa. Nos encontramos, pues, ante un problema de las fuentes escritas, de igual modo que vimos al tratar de los eclipses.

En cuanto a las estrellas fugaces, sí que tenemos, en cambio, en la estela de Tutmosis III en Gebel Barkal, una posible referencia (a menos que intente ser una alusión al propio faraón) a un avistamiento de lo que hubiera podido ser un bólido. Por otro lado, en el *Cuento del Náufrago*, un texto literario egipcio, parece reconocerse también la mención de un tremendo meteoro que llega a superar la fricción de la atmósfera causando la muerte de muchos seres.

Algunas estrellas, cúmulos y constelaciones egipcias

La extensión limitada de este texto no permite una completa descripción e identificación del cielo de los antiguos egipcios, por lo que para ello será preciso remitir al lector a los últimos y más completos estudios que sobre este tema se han realizado (véase Lull y Belmonte 2006; Lull y Belmonte 2009). No obstante, sí conviene introducir someramente este

tema mostrando algunas de las equivalencias.

Aunque en los *Textos de las Pirámides*, ya se nombran ciertas estrellas y constelaciones egipcias, como Sah (Orión) y Sepedet (Sirio), la información más abundante comienza a aparecer a finales del Primer Período Intermedio e Imperio Medio, pues en los relojes estelares diagonales ya se mencionan casi medio centenar de estrellas. Posteriormente, en el Imperio Nuevo, se incrementa en número y variedad el conjunto de documentos de carácter astronómico. Así, contamos con techos astronómicos que contienen no sólo listas de decanos sino también representaciones de algunas constelaciones. Otras fuentes de información son los relojes estelares decanales, los relojes ramésidas y, ya en la época ptolemaica, más techos, ataúdes, sarcófagos y clepsidras, y documentos como el famoso zodíaco de Dendera (Lull y Belmonte 2015).

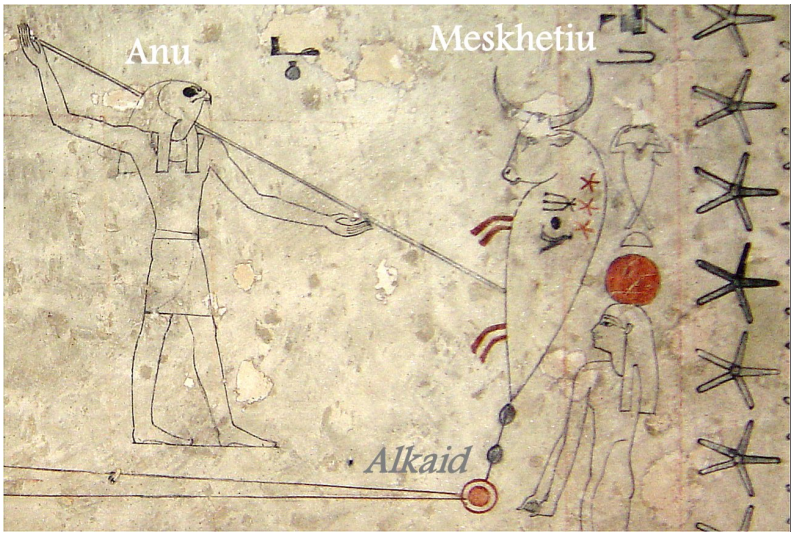


Figura 14: La constelación de Meskhetiu y la de Anu en el techo astronómico de Senenmut (Foto del autor, tumba TT353).

De las constelaciones boreales egipcias, la más conocida es la de Meskhetiu, con forma de toro o pata de toro, correspondiente a las estrellas principales de nuestra Osa Mayor (Lull 2008c). En el techo astronómico de Senenmut se observa como la tercera de las estrellas que forman la cola de esta constelación está coloreada en rojo y circundada, a su vez, por otro círculo rojo (Figura 14). Se trata de Alkaid (85 UMa), que sirvió de referencia a los egipcios para establecer algunas alineaciones astronómicas, como en Dendera.

Asociada a Meskhetiu en los techos astronómicos hallamos la constelación de Anu, que se muestra como una divinidad con cabeza de halcón sosteniendo una lanza con la que arponea la figura del toro Meskhetiu. Anu podría desarrollarse entre Canes Venatici, Osa Mayor, Leo Minor y Lynx.

La constelación de Isis-Djamet es una de las más representativas en los techos astronómicos del Imperio Nuevo, generalmente con forma de hipopótamo hembra a la que se suma un cocodrilo a la espalda. Esta constelación de antiquísima tradición egipcia está presente también en el zodíaco de Dendera, presidiendo el cielo boreal junto a Meskhetiu. Posiblemente coincide con la Reret de los relojes ramésidas, y podría extenderse por las estrellas de Bootes, Corona Borealis, Hercules y Draco.

Las constelaciones egipcias obedecen a una mitología que, por desgracia, desconocemos en su mayor parte. Sin embargo, precisamente con el grupo de constelaciones formadas por Meskhetiu, Anu e Isis-Djamet, tenemos una excepción. Anu, con seguridad, simboliza al halcón Horus durante el combate con su tío Seth, y en el *Libro de la Noche*, compilado durante la época ramésida, hay un pasaje que combinado con un texto del papiro Jumilhac deja muy claro quiénes representan dichas constelaciones. Los textos dicen: "Esta pierna de Seth está en el cielo septentrional unida a dos postes de amarre de piedra por una cadena de oro. Está confiado a Isis, como hipopótamo, guardarla", "Después de que él (Horus) cortase su pierna (la de Seth), lo levantó en la mitad del cielo, estando las divinidades allí para guardarlo, la pierna *meskhet* del cielo septentrional, y la gran hipopótamo *reret-weret* lo sostiene de modo que no pueda viajar entre los dioses". Meskhetiu es, pues, la pata de toro que Horus (Anu) arrancó a Seth durante su lucha y que en el cielo boreal debe permanecer custodiada por Isis (la hipopótamo) atada mediante cadenas de oro.

En los techos astronómicos y documentos asociados al esquema de éstos, aparecen otro grupo de constelaciones que parecen formar un conjunto. Una de ellas es Saq, con forma de cocodrilo con la cola recogida, vinculada quizás al cocodrilo Khaku "el saqueador". En el techo de Senenmut, bajo "el saqueador" hay una figura en forma de león con cola de cocodrilo que recibe el nombre de "el león divino que está entre ellos". La indicación "entre ellos" debe hacer referencia a que el león se sitúa entre dos constelaciones con aspecto de cocodrilo, pues la figura que hay bajo este león es otro saurópsido, esta vez llamado Hetep-redwy "el sosegado de pies", epíteto del dios Sobek.

Es muy interesante señalar que el león puede corresponder con el Leo zodiacal. Realmente, Leo es una de las pocas constelaciones en la que un observador puede reconocer fácilmente la forma del animal que simboliza, por lo que no sería descartable que los egipcios también hubieran recreado la figura de un león en este grupo de estrellas. Por otra parte, tanto en los techos de Seti I (Figura 15) como en el de Tausert y Ramsés VI, al león se asocia un pájaro que en el zodíaco de Dendera lo volvemos a hallar,

igualmente mirando en dirección opuesta. Esto refuerza más la posibilidad de que el Leo zodiacal y el de los techos astronómicos sean realmente el mismo. Igualmente, la constelación de Mai "león", mencionada en los relojes ramésidas, debe ser la misma que en los techos astronómicos se conoce como "el león divino", es decir, el Leo zodiacal.

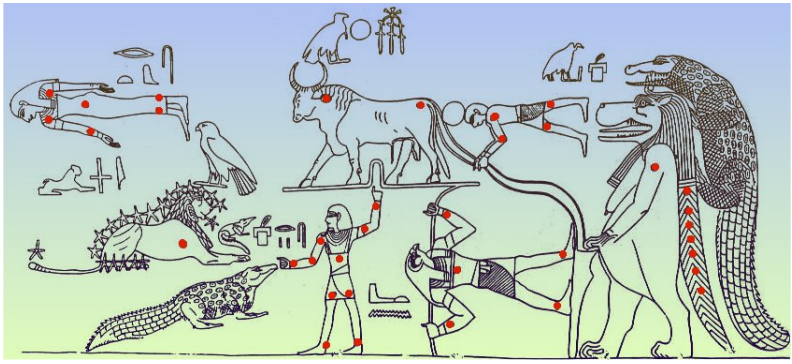


Figura 15: Constelaciones boreales representadas en el techo astronómico de Seti I (modificado de EAT III: 198).

En cuanto a las constelaciones decanales que fueron representadas por los egipcios, aparte de la identificación de Sepedet con Canis Major y de Sah con Orión, reconocida por todos los investigadores, podemos citar los casos de Seret / Sit, la constelación del "carnero", situada en el área en torno a Capricornus, y la de Wia "la barca", situada en las estrellas de Sagittarius, principalmente, y Scorpius (como Khentet). Precisamente, una de las estrellas de Khentet, llamada Tjemes-en-khentet "la roja de Khentet", corresponde con toda seguridad a Antares (Lull 2004), la estrella α Scorpii.

Igualmente curiosa es la equivalencia del decano epagómeno Shetuy (usualmente en forma de dos tortugas) con las estrellas Procyon y Gomeisa (CMi). Un apoyo a esta hipótesis se encuentra en la excepcional representación de las constelaciones boreales que aparece en el techo de la primera cámara de la tumba de Petosiris en Atfieh, dado que si, como supone el autor, el personaje anónimo que arponea al cocodrilo "de pies sosegados" equivale a Gemini, en Atfieh éste arponea precisamente a una tortuga que se sitúa ante aquél, de modo que configuran un grupo muy claro en la bóveda celeste: el león en Leo, el cocodrilo en Hydra, el arponeador en Gemini y las tortugas en Canis Minor.

Pero no todo el cielo plasmado en los escritos e iconografía egipcia se refiere a estrellas o constelaciones. También registraron cúmulos abiertos y algunos de los objetos visibles con aspecto nebular, como la galaxia M31 (Lull 2006b). Estos objetos de apariencia nebular recibieron el nombre de

khet "cúmulo" por los egipcios y fueron numerados en orden de Ascensión Recta en las listas de los techos astronómicos. Nos encontramos así con un tipo de objeto que los egipcios quisieron diferenciar del resto de estrellas.

El llamado "tercer cúmulo" podría coincidir con la constelación de Delphinus, el "cuarto cúmulo" con la galaxia de Andrómeda, el "quinto cúmulo" con las Pléyades, cúmulo conocido también en las fuentes egipcias como *Khau* "las miles". El "sexto cúmulo" podría asociarse a las Híades, y el cúmulo llamado *Neseru* con M44 (el Pesebre, en Cancer) o IC 2602 (θ Carinae). A estos cúmulos, mencionados en los techos astronómicos, hay que sumar los mencionados en los relojes ramésidas. Así, las llamadas *sebau nu mu* "estrellas del agua" podrían corresponder a M44 o a la región entre γ Velorum y ζ Puppis, que contiene gran cantidad de estrellas. Finalmente, otra entrada interesante y susceptible de relacionarse con una agrupación de estrellas o cúmulo abierto es *sebau ashau*, "multitud de estrellas", cuyo nombre es también muy significativo y que con enorme probabilidad podría hacer referencia a la constelación de Coma Berenices, que forma el cúmulo abierto Mel 111.

Precisamente la constelación de Coma Berenices tiene su origen en el Egipto ptolemaico y obedece a una hermosa historia que merece ser recordada. Ptolomeo III Evergetes, rey de Egipto (246-222 a.C.), partió en campaña militar contra el rey Seleuco II. Su esposa, Berenice II, temerosa de que su marido hallara la muerte en dicha guerra, prometió a la diosa Afrodita entregar su bella cabellera si éste volvía victorioso. Como Ptolomeo III regresó tras un gran éxito militar, Berenice cumplió su juramento y depositó en el templo de Afrodita su cabellera. Sin embargo, ésta fue robada, con lo que para aplacar la ira de la pareja real el astrónomo Conón de Samos tuvo la habilidad de decir que una nueva constelación había aparecido en el cielo, Coma Berenices ("Cabellera de Berenice"), dado que los cabellos de la reina fueron llevados al cielo por la propia Afrodita.

Una de las más famosas representaciones astronómicas egipcias, si bien de época de Ptolomeo XII o de la famosa Cleopatra VII (mediados s. I a.C.) la hallamos en el llamado zodíaco o planisferio de Dendera. Es la única representación a modo de planisferio circular que nos ha legado el antiguo Egipto (Figura 16).

El borde interior del círculo del zodíaco está ocupado por 36 constelaciones decanales egipcias, conformando casi un círculo graduado. Las constelaciones zodiacales, por otro lado, no fueron representadas todas a una misma distancia del centro del planisferio (polo norte celeste), es decir, no están a una misma declinación en el planisferio. La declinación más baja en el planisferio de Dendera la tiene Aquarius, y la más alta Cancer, en el lado opuesto, es decir, justo como corresponde a la inclinación de la eclíptica de mediados del siglo I a.C., cuando se confeccionó este planisferio.

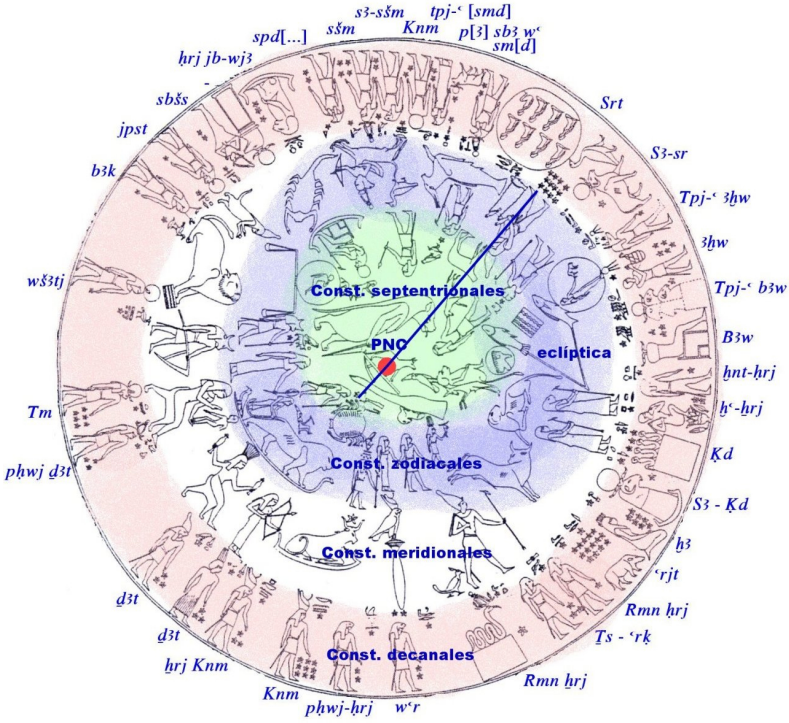
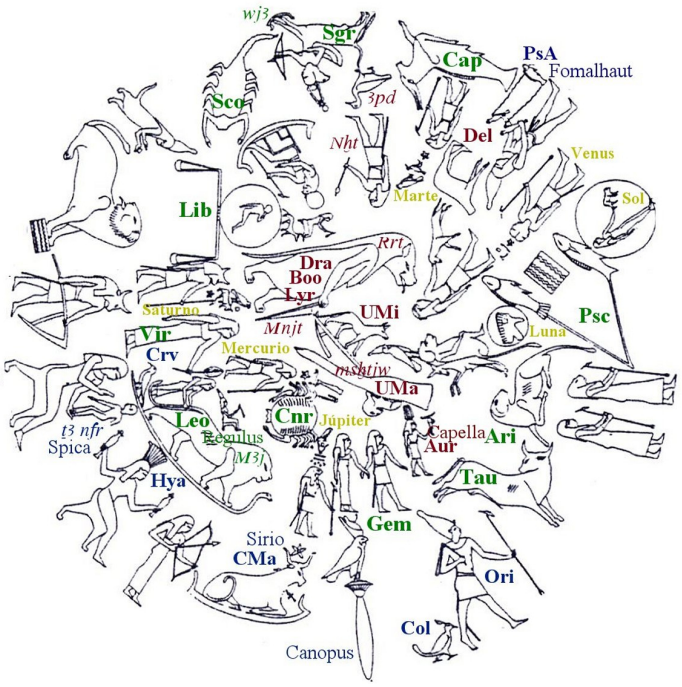


Figura 16: El zodíaco de Dendera. Distribución de las constelaciones y decanos e inclinación de la eclíptica (izq.), e identificación de las...

El planisferio de Dendera también incluye los cinco planetas visibles a simple vista en la antigüedad, identificables con facilidad gracias a que junto a ellos aparece su nombre inscrito en caracteres jeroglíficos. Así, Mercurio es la figura que se sitúa entre Virgo (Vir) y Leo, Venus entre Pisces (Psc) y Aquarius (Aqr), Marte en Capricornus (Cap), Júpiter en Cancer (Cnr), y Saturno entre Virgo (Vir) y Libra (Lib).

En el planisferio hay constelaciones de tradición egipcia (como las constelaciones boreales de Meskhetiu, Isis-Djamet, la azada de Upuaut (UMi), y muchas otras), pero también de tradición griega y babilónica, especialmente las zodiacales. En este caso, no obstante, los egipcios intentaron asimilar lo mejor posible esas nuevas agrupaciones de estrellas, intentando adaptar su iconografía a formas más fácilmente reconocibles en el contexto egipcio. Así, por ejemplo, Aquarius aparece como el dios Hapy vertiendo las aguas de la inundación sobre un pez que corresponde a Piscis Austrinus o a su estrella principal α PsA Fomalhaut (ver fig. 13), o Gemini aparece no como Castor y Pollux sino como los hermanos egipcios Shu y Tefnut.



...principales constelaciones, estrellas y planetas (der.) (tomado de J. Lull, "El planisferio egipcio del templo de Dendera", *Astronomía* 113, 2008: 79-80).

En otras ocasiones, en un intento por no eliminar por completo la iconografía de una constelación típicamente egipcia y sustituirla por una nueva forma extranjera, los egipcios tomaron la opción de mantener las dos formas. Un ejemplo podría ser el de Sagittarius, un centauro o sátiro ajeno a la tradición egipcia coincidente en la bóveda celeste precisamente con una de las pocas constelaciones egipcias representadas desde el Imperio Nuevo, la de Wia (la "barca"). Parece que tal era la importancia de Wia que los egipcios decidieron conservar su imagen colocándola siempre, aún en pequeño formato, junto a la de Sagittarius (en el caso del zodíaco de Dendera, se sitúa bajo las patas delanteras de Sgr; ver fig. 16).

Además, hay figuras que tal vez no representen constelaciones si no que sean alegorías, como las de Satet y Anuket situadas inmediatamente a la izquierda de la vaca de Sepedet (CMa) y que como ésta quedan vinculadas a la inundación. Otras de menor tamaño posiblemente se refieren a estrellas concretas. Tal es el caso, por ejemplo, de la estrella Regulus (α Leo), que

podría haber sido representada en forma del pequeño rey egipcio situado junto a la imagen del león. De hecho, no debe ser casual que en el mundo babilónico fuera conocida como Lugal "rey", o que el nombre latino de la estrella, Regulus, signifique precisamente "pequeño rey".

Referencias

Belmonte, J. A. y Shaltout, M. 2009, "In Search of Cosmic Order". Selected Essays on Egyptian Archaeoastronomy, El Cairo: Supreme Council of Antiquities.

Belmonte, J.A; Shaltout, M. y Fekri, M. 2009, "Astronomy, Landscape and Symbolism: A Study of the Orientation of Ancient Egyptian Temples", en Belmonte, J. A. y Shaltout, M., In Search of Cosmic Order. Selected Essays on Egyptian Archaeoastronomy, El Cairo: Supreme Council of Antiquities.

Borchardt, L. 1920 "Die altägyptische Zeitmessung", en E. von Bassermann-Jordan (ed.), Die Geschichte der Zeitmessung und der Uhren, I. Berlín: Vereinigung Wissenschaftlicher Verleger.

Bruins, E.M. 1965, "The Egyptian Shadow Clock", Janus 52.

Clagett, M. 1995, "Ancient Egyptian Science, II: Calendars, Clocks, and Astronomy", Filadelfia: American Philosophical Society.

Clère, J.J. 1958, "Fragments d'une Nouvelle Représentation Égyptienne du Monde", Mitteilungen des Deutschen Archäologischen Instituts Abteilung Kairo 16.

Daumas, Fr. 1987, "Le temple de Dendara IX", El Cairo: Institut Français d'Archéologie Orientale.

Derchain, Ph. 1956, "A propos de Claudien", Zeitschrift für Ägyptische Sprache und Altertumskunde 81.

Faulkner, R.O., 1988, "The Ancient Egyptian Pyramid Texts", Oxford: University Press.

Hornung, E. 1979, "Das Totenbuch der Ägypter". Zurich / Munich: Artemis Verlag.

Hornung, E. 1982, "Der ägyptische Mythos von der Himmelskuh: Ein Ätiologie des Unvollkommenen", OBO 46, Freiburg: Universitätsverlag Freiburg.

Krauss, R. 1997, "Astronomische Konzepte und Jenseitsvorstellungen in den Pyramidentexten". Wiesbaden: Otto Harrassowitz.

Kronk, G. W. 1999, "Cometography. A Catalog of Comets, I". Cambridge: Cambridge University Press.

Lange, H.O. y Neugebauer, O. 1940, "Papyrus Carlsberg No. I. Ein hieratisch-demotischer kosmologischer Text". Copenhague: Munksgaard.

Letellier, B. 1977, "Gründungszeremonie", Lexikon der Ägyptologie, II. Wiesbaden: Otto Harrassowitz.

Locher, K. 1998, "Middle Kingdom Astronomical Coffin Lids, Extension of the Corpus from 12 to 17 Specimens Since Neugebauer Parker", en Transactions of the 7th International Congress of Egyptologists, Lovaina.

Loprieno-Behlmer, H. 1986, "Stern", en Lexikon der Ägyptologie VI. Wiesbaden: Otto Harrassowitz.

Lull, J. 2004, "Identification of an Ancient Egyptian Star: Tms n xntt 'the Red Star of Khentet"', Göttinger Miszellen 199.

Lull, J. 2006, "La astronomía en el antiguo Egipto", Valencia: Publicacions de la Universitat de València.

Lull, J. 2006b, "Los cúmulos estelares en las listas decanales y en los relojes ramésidas del antiguo Egipto", en Lull, J. (ed.), Trabajos de Arqueoastronomía: ejemplos de África, América, Europa y Oceanía, Oliva: Agrupación Astronómica de La Safor.

Lull, J. 2007, "Sobre el eclipse solar del papiro demótico Berlín 13588 y el "eclipse lunar" de la Crónica del Príncipe Osorkón", Boletín de la Asociación Española de Orientalistas 43.

Lull, J. 2008, "El empleo del hierro meteórico en el antiguo Egipto", Huygens 73.

Lull, J. 2008b, "El astrónomo en el antiguo Egipto", Astronomía 103.

Lull, J. 2008c, "Meschetiu in der Mythologie und der Orientierung der ägyptischen Tempel", Acta Praehistorica et Archaeologica 40.

Lull, J. y Belmonte, J.A. 2006, "A Firmament above Thebes: uncovering the constellations of Ancient Egyptians", Journal for the History of Astronomy 37.

Lull, J. y Belmonte, J.A. 2009, "The Constellations of Ancient Egypt", en Belmonte, J. A. y Shaltout, M., In Search of Cosmic Order. Selected Essays on Egyptian Archaeoastronomy, El Cairo: Supreme Council of Antiquities.

Lull, J. y Belmonte, J.A. 2015, "Egyptian Constellations", en Ruggles C. (ed.), Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy, Nueva York: Springer Verlag.

Neugebauer, O. y Parker, R.A. 1960, "Egyptian Astronomical Texts, I: The Early Decans", Londres: Percy Lund.

Neugebauer, O y Parker, R.A. 1969, "Egyptian Astronomical Texts, III: Decans, Planets, Constellations and Zodiacs". Londres: Percy Lund.

Shaltout, M. y Belmonte, J.A. 2005, "On the Orientation of Ancient Egyptian Temples, I: Upper Egypt and Lower Nubia", Journal for the History of Astronomy 36.

Vercoutter, J. 1988, "La astronomía egipcia", en R. Taton (ed.), Historia general de las ciencias: las antiguas ciencias del Oriente. Barcelona: Orbis.

Wilkinson, R.H. 2000, "The Complete Temples of Ancient Egypt". Londres: Thames and Hudson.

¿CUÁL ES EL DESTINO DE LA VÍA LÁCTEA?

Santiago García Burillo

Observatorio Astronómico Nacional
Instituto Geográfico Nacional - Ministerio de Fomento

Abstract

The recent determination of the three-dimensional motion between Andromeda (M 31) and the Milky Way has allowed astronomers to predict with high accuracy the past history and the future evolution of the encounter between both galaxies. In about 4 billion years, Andromeda is going to start a dramatic collision with the Milky Way that will disrupt the stellar disks of both systems. The most likely scenario contemplates that the two galaxies are bound to merge and eventually form a massive giant elliptical after 10 billion years from now. During this colossal event, the supermassive black holes in our two galaxies will interact, and possibly merge. And if enough material piles up around the resulting beast, maybe our Milky Way could become a quasar.

Introducción

Nuestra Galaxia (también conocida como la *Vía Láctea*, *Milky Way* (MW) en su acepción inglesa) y la galaxia Andrómeda (M 31) son las galaxias más masivas del Grupo Local de galaxias (van den Bergh 2000). Este grupo incluye una cincuentena de objetos, en su mayoría galaxias enanas poco masivas. Como en el caso de la mayoría de los grupos de galaxias, el Grupo Local está muy probablemente desacoplado del movimiento cosmológico de expansión acelerada del universo y puede, por lo tanto, considerarse como una entidad gravitacionalmente ligada, y en cierto modo, *abandonada* a su suerte. En este contexto, concocer cuál será la evolución futura del Grupo Local, reviste un gran interés astronómico.

Situada a una distancia de unos 770 kpc (2,5 millones de años luz) de la Vía Láctea, Andrómeda es la galaxia espiral más próxima a nosotros. La componente radial de la velocidad de M 31 relativa a la Galaxia, medible fácilmente por el efecto Doppler del desplazamiento de sus líneas espectrales, se conoce con precisión desde hace mucho tiempo. Dicha velocidad radial indica claramente un *inquietante* movimiento de aproximación a la Vía Láctea ($V_{\rm rad} \simeq -120$ km/s, medida respecto al sistema de referencia galacto-céntrico; Binney & Tremaine 1987). Este movimiento hizo sospechar a los astrónomos que una colisión violenta entre Andrómeda y la Galaxia era un escenario muy probable (Dubinski et al. 1996; Peebles et al. 2001; Cox & Loeb 2008). No obstante, la determinación de la componente transversal de la velocidad relativa de Andrómeda, esencial a la hora de caracterizar completamente su órbita en el espacio, sólo ha podido lograrse más recientemente con la precisión requerida. La razón por la que dicha medida ha tardado en ser obtenida radica en la dificultad intrínseca en medir movimientos propios (*transversales*) de objetos celestes, que por definición se encuentran muy lejanos, en escalas de tiempo *humanas* (e.g., del orden de años).

A la distancia de M 31, para medir una velocidad transversal que fuese comparable a la velocidad radial de ~ 100 km/s, se requería alcanzar una precisión en la medida de los movimientos propios del orden de 0,027 milisegundos de arco por año. Dicha precisión fué utilizada recientemente por primera vez por un equipo de investigadores para medir los movimientos propios de un conjunto de estrellas de M 31. Lograr esta hazaña técnica requirió realizar observaciones con el telescopio espacial Hubble durante un periodo de siete años en la pasada década. Los resultados de estas medidas y sus implicaciones fueron desarrollados en detalle en una serie de tres publicaciones científicas de la revista *The Astrophysical Journal*, aparecidas en el año 2012 (Sohn et al., 2012; van der Marel et al., 2012a, 2012b).

En el presente artículo se describen las consecuencias fundamentales que dichas investigaciones tienen a la hora de prever la evolución futura y el destino de nuestra Galaxia en relación a su *tormentosa* interacción con Andrómeda.

Los movimientos propios de Andrómeda

Durante el periodo referido, que va desde finales del año 2002 al 2010, el telescopio espacial Hubble registró los movimientos propios de miles de estrellas en tres zonas de M 31. Los campos observados estaban situados en el halo (cerca del eje menor de la galaxia), en el disco externo (cerca del eje mayor de la galaxia), y en una cola de interacción que se encuentra ligada al sistema. Las figuras 1 y 2 ilustran las observaciones realizadas en el campo del halo de M 31.

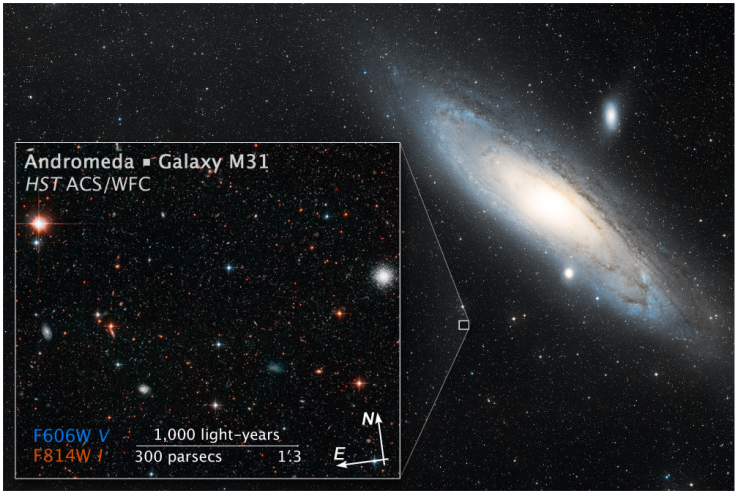


Figura 1: Una imagen óptica de la galaxia Andrómeda (M 31). Los astrónomos seleccionaron tres campos entre los que se encuentra uno situado en el halo de la galaxia, que se muestra en la figura, para que el telescopio espacial Hubble (HST) midiese los movimientos propios de sus estrellas respecto al campo profundo de galaxias, haciendo uso de la alta resolución espacial y sensibilidad del HST. Imagen cortesía de NASA, ESA, and Z. Levay (STScI).

El registro de los movimientos propios se hizo relativo a un sistema de referencia que *necesariamente* debía estar *en reposo* durante el periodo que abarcaban las medidas. Dicho sistema de referencia estuvo definido por un conjunto de centenares de galaxias compactas lejanas del fondo. Estas galaxias pudieron detectarse al mismo tiempo en cada uno de los tres campos seleccionados. Al tratarse de objetos mucho más lejanos que M 31, se puede considerar que las galaxias del fondo se encuentran *en reposo* en todas las imágenes registradas durante el periodo de tiempo en el que se midieron los movimientos propios de las estrellas de Andrómeda (ver figura 3). Aunque en principio se podían haber utilizado fuentes tipo cuásar[1] para definir el sistema de referencia en reposo, el menor número de cuásares detectables en las imágenes, en comparación con el número de galaxias del fondo, desaconsejó el uso de aquéllos en aras de lograr la mayor precisión posible en las medidas.

[1]Un cuásar es una fuente astronómica de energía electromagnética, que incluye desde radiofrecuencias hasta luz visible y rayos X. En telescopios ópticos, la mayoría de los cuásares aparecen como simples puntos de luz, aunque algunos parecen ser los centros de galaxias activas. La gran cantidad de energía emitida por estas fuentes se produce durante la alimentación de los agujeros negros supermasivos que se cree se encuentran en los núcleos de estas galaxias.

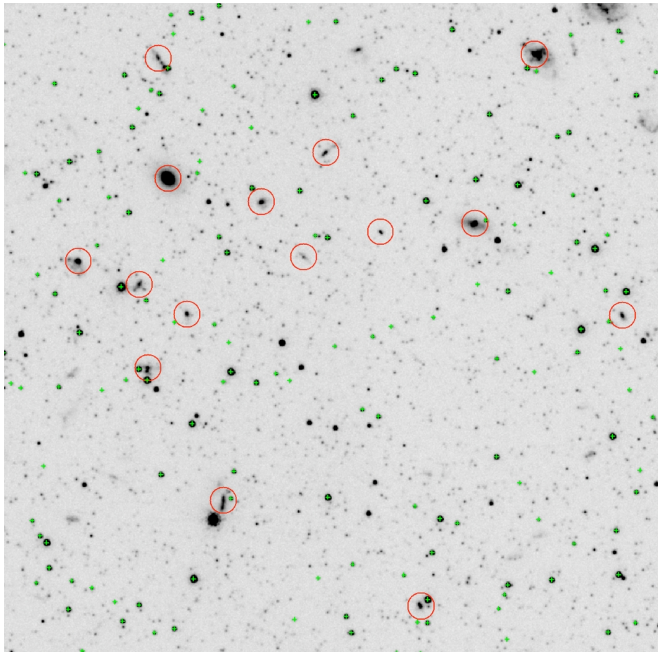


Figura 2: La figura muestra la imagen óptica de una fracción de tamaño $25'' \times 25''$ del campo observado por el telescopio espacial Hubble en el halo de la galaxia Andrómeda (M 31). Las galaxias lejanas, utilizadas como referencia para la medida de los movimientos propios de las estrellas de Andrómeda, se identifican por los círculos rojos. Las estrellas cuyos movimientos propios se registran aparecen identificadas con pequeñas cruces de color verde. Figura adaptada del artículo publicado por Sohn et al. (2012).

Como resultado de esta ambiciosa campaña de observaciones se alcanzó una precisión sin precedentes en el registro de movimientos propios: $\sim$ 12 microsegundos de arco por año. Este record fué posible en gran medida gracias a la resolución espacial y sensibilidad del telescopio Hubble, pero también gracias a que se promediaron medidas de miles de estrellas en los tres campos seleccionados en M 31. Como prueba de la solidez del experimento, los movimientos propios que se dedujeron en los tres campos observados fueron satisfactoriamente consistentes, dentro de los límites de precisión de las medidas.

En la actualidad se está utilizando la emisión procedente de las líneas máser de agua, detectada en un número significativo de complejos en el disco de M 31 (Darling 2011), con objeto de medir los movimientos

propios de dichas regiones emisoras mediante técnicas de interferometría de muy larga base (*Very Long Base Interferometry: VLBI*). Este tipo de observaciones, que permite alcanzar precisiones de ≤ 10 microsegundos de arco por año, se estima que servirán muy pronto (sólo 4-5 años después de las primeras medidas del 2011) para corroborar los resultados obtenidos por el telescopio Hubble y, además, gracias a su mayor precisión, detectar el aumento del tamaño aparente de Andrómeda en su viaje de aproximación hacia nuestra Galaxia.

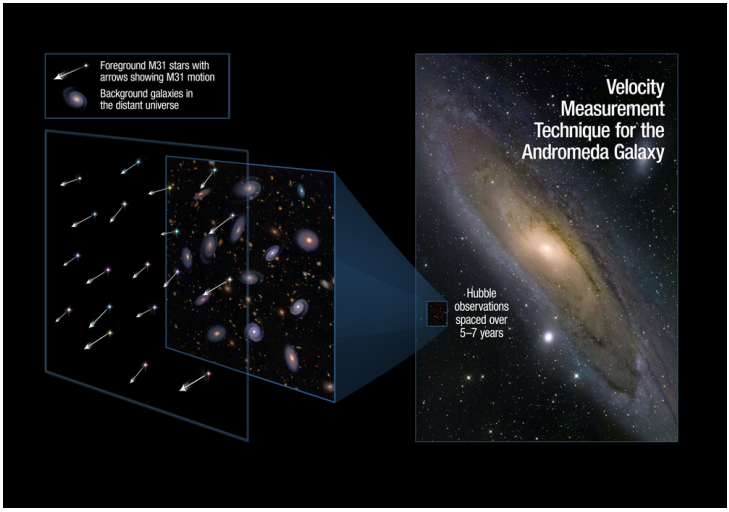


Figura 3: En esta figura se muestra una de las regiones exploradas por los astrónomos para medir los movimientos propios de las estrellas del halo de M 31 con el telescopio Hubble. Gracias a la precisión con que se registraron los movimientos transversales de las estrellas respecto a las galaxias más distantes, que permanecen fijas, durante un periodo que abarcó siete años, se pudo determinar la componente lateral del movimiento relativo global de Andrómeda respecto a la Vía Láctea. Figura cortesía de NASA, ESA, A. Feild y R. van der Marel (STScI).

Este conjunto de medidas ha permitido a los astrónomos determinar con gran fiabilidad cuál fué la historia pasada y, también, cuál será la evolución futura más probable de la interacción entre nuestra Galaxia y M 31.

La medida de la velocidad de Andrómeda

Los movimientos propios obtenidos en los tres campos de M 31 tuvieron que ser corregidos de dos efectos fundamentales con objeto de determinar

cuál es la componente transversal del movimiento propio *global* del centro de masas[2] de Andrómeda relativa al centro de masas de nuestra Galaxia:

- En primer lugar, hubo que corregir del movimiento de rotación interna de M 31. Gracias a la elección de los tres campos observados descritos arriba, situados a propósito en diferentes regiones de la galaxia y, por lo tanto, afectados en diferente grado por los movimientos de rotación, fué posible corregir este efecto sin añadir una excesiva incertidumbre. De hecho, se estimó que la contribución de la rotación interna era menor que la propia incertidumbre asociada a la medida de los movimientos propios efectuada por el Hubble.

- En segundo lugar, los movimientos propios en los tres campos de M 31 fueron corregidos de la distinta proyección que tiene el movimiento del sistema solar, donde se sitúa en la práctica el observador, en su rotación alrededor del centro de la Galaxia. Esta corrección se benefició del mejor conocimiento que se tenía ya en el año 2012 de la velocidad de rotación del Sol: $V_{\rm rot} \sim 239 \pm 10$ km/s a una distancia radial $R_{\rm sol} \sim 8{,}33 \pm 0{,}35$ kpc del centro.

Una vez efectuadas estas correcciones, se dedujo que la componente radial de la velocidad de M 31 respecto a nuestra Galaxia es $V_{\rm rad} \sim -109$ km/s, mientras que la componente transversal era $V_{\rm tran} \sim 17$ km/s. En otras palabras, se concluyó que la velocidad transversal de M 31 era mucho menor en valor absoluto que su velocidad radial: $|V_{\rm tran}| << |V_{\rm rad}|$. Estos valores de la velocidad indican que la órbita de M 31 respecto a nuestra Galaxia es *cuasi radial*. En la práctica, esto implica que la colisión violenta entre las dos galaxias en un futuro próximo es inevitable (ver figura 4).

Finalmente, asumiendo que las órbitas relativas son cuasi keplerianas, y basándose en la medida de las velocidades, se pudo estimar la masa total del sistema interactuante formado por M 31 y nuestra Galaxia ($M_{\rm tot} \sim 3{,}2 \times 10^{12} M_{\odot}$, con una contribución similar de ambas galaxias), así como la masa de la principal galaxia satélite de Andrómeda, M 33 ($M_{\rm M33} \sim 0{,}1 \times M_{\rm M31}$).[3]

Como resultado final de este análisis, se pudieron estimar con la precisión requerida las posiciones iniciales, las velocidades y las masas del sistema formado por nuestra Galaxia, M 31 y M 33. Estos fueron los ingredientes esenciales que los astrónomos utilizaron para estudiar la evolución futura de la interacción entre estas tres galaxias, mediante simulaciones numéricas del encuentro.

[2] El centro de masas de un sistema físico es el lugar geométrico que se comporta dinámicamente como si se aplicara en él la resultante de las fuerzas externas sobre la masa total del sistema.

[3] M 33 se encuentra a una distancia de nuestra Galaxia similar a la de M 31, y forma junto a ésta un grupo gravitacionalmente ligado. Para M 33 ya se disponía de una medida fiable de sus movimientos propios desde el año 2005. Estos fueron estimados a través de las líneas de emisión máser del agua (Brunthaler et al. 2005).

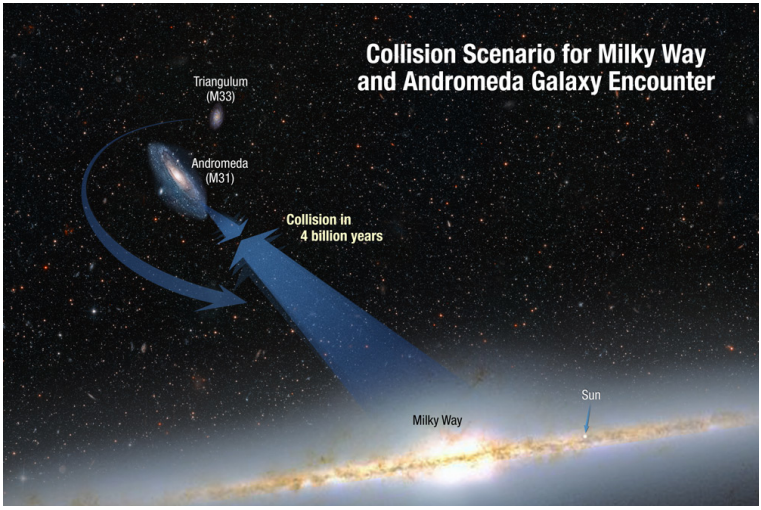


Figura 4: Esquema que muestra las tres galaxias (MW, M 31 y M 33) que se verán involucradas en un proceso de colisión en los próximos 4 Giga-años. La determinación precisa del movimiento orbital de M 31 respecto a nuestra Galaxia, ha permitido concluir que este acontecimiento ocurrirá inexorablemente. Figura cortesía de NASA, ESA, A. Feild y R. van der Marel (STScI)

La colisión entre la Vía Láctea, M 31 y M 33

Hasta que no se dispuso de una medida precisa de la componente transversal de M 31, como la que se obtuvo en el año 2012, las diferentes simulaciones numéricas publicadas hasta esa fecha, que trataban de predecir el futuro de la interacción entre Andrómeda y la Vía Láctea, eran incapaces de concluir si el encuentro podía o no resultar en la fusión completa de ambos sistemas (Dubinski et al. 1996; Peebles et al. 2001; Cox & Loeb 2008). Una fusión de dos galaxias espirales masivas, como lo son la Vía Láctea y M 31, tendría como consecuencia más probable la formación de una galaxia elíptica en escalas de tiempo de algunos Giga-años[4].

El trabajo realizado por van der Marel et al. (2012b) permitió estudiar la evolución futura del sistema constituído por nuestra Galaxia, Andrómeda y M 33. Para ello se realizaron simulaciones numéricas que estudiaban la evolución de la componente estelar de los tres sistemas y, al mismo tiempo, se integraron, mediante una aproximación semianalítica, las órbitas de las tres galaxias durante la interacción.

[4]Un Giga-año corresponde a mil millones de años.

En las simulaciones no se incluyó el sistema formado por la Pequeña y la Gran Nube de Magallanes debido a su baja masa ($\sim 0{,}1 \times M_{\rm M31}$) y, sobre todo, debido al hecho de que su órbita indica que actualmente las dos galaxias se están alejando de la Vía Láctea. En particular, se estima que dichas galaxias no volverán a encontrarse cerca de la Vía Láctea hasta dentro de muchos miles de millones de años, lo que convierte en irrelevante su influencia en la dinámica del sistema (Besla et al. 2007; Shattow & Loeb 2009). Tampoco se tuvo en cuenta en estas simulaciones el papel de la componente gaseosa, que constituye sólo un 10 % de la masa de las galaxias interactuantes. De hecho es improbable que la inclusión del gas hubiera cambiado esencialmente la evolución futura de la interacción predicha por las simulaciones. Más bien se espera que el gas sufra *pasivamente* las consecuencias de la fusión.

La figura 5 muestra una serie de instantáneas correspondientes a la evolución temporal de la colisión entre las tres galaxias en la simulación numérica de van der Marel et al. (2015b). En dicha figura se aprecian tanto las órbitas relativas de los tres sistemas como los cambios que experimentan sus discos estelares, tal y como se contemplaría el evento desde un sistema de referencia centrado en el plano (X,Y) de la Vía Láctea. El instante inicial de las simulaciones u origen de tiempos $T = 0$ en el artículo de van der Marel et al. (2015b) corresponde a la configuración actual del sistema formado por la Galaxia (MW), M 31 y M 33. Para la realización de la simulación se tomó como escenario base para la configuración inicial el que se consideró como más probable, dentro de las incertidumbres de los parámetros clave, osea, las posiciones iniciales, las velocidades y las masas.

La secuencia mostrada en la figura 5 empieza en el instante $T = 3$ Giga-años. Hasta ese momento nuestra Galaxia se puede considerar como aislada y aún no ha sufrido los efectos mas visibles de la interacción. A medida que progresa el encuentro en instantes posteriores (i.e., $T > 3$ Giga-años), las galaxias M 31 y M 33 aparecen en escena. Los efectos de la interacción ya se hacen ostensibles tras $T = 3{,}97$ Giga-años, momento en el que los discos de M 31 y la Vía Láctea se superponen físicamente por primera vez en el espacio. Esta configuración corresponde al primer *pericentro* o primer evento de máxima aproximación en su órbita, como se ilustra en la figura 6. En ese instante la velocidad relativa de aproximación de M 31 es muy grande, del orden de 600 km/s, es decir casi seis veces el valor de la velocidad radial actual. Este hecho contribuye a que, a pesar de su cercanía, M 31 no produzca demasiados cambios en la morfología del disco de nuestra Galaxia. Sin embargo, sólo unos 500 millones de años después ($T = 4{,}47$ Giga-años), M 31 se frena y alcanza así su primer *apocentro* o instante de máxima lejanía en su órbita (figura 6). En ese estadio de la interacción, ya aparecen distorsiones en forma de colas de marea en los discos estelares tanto de nuestra Galaxia como de Andrómeda.

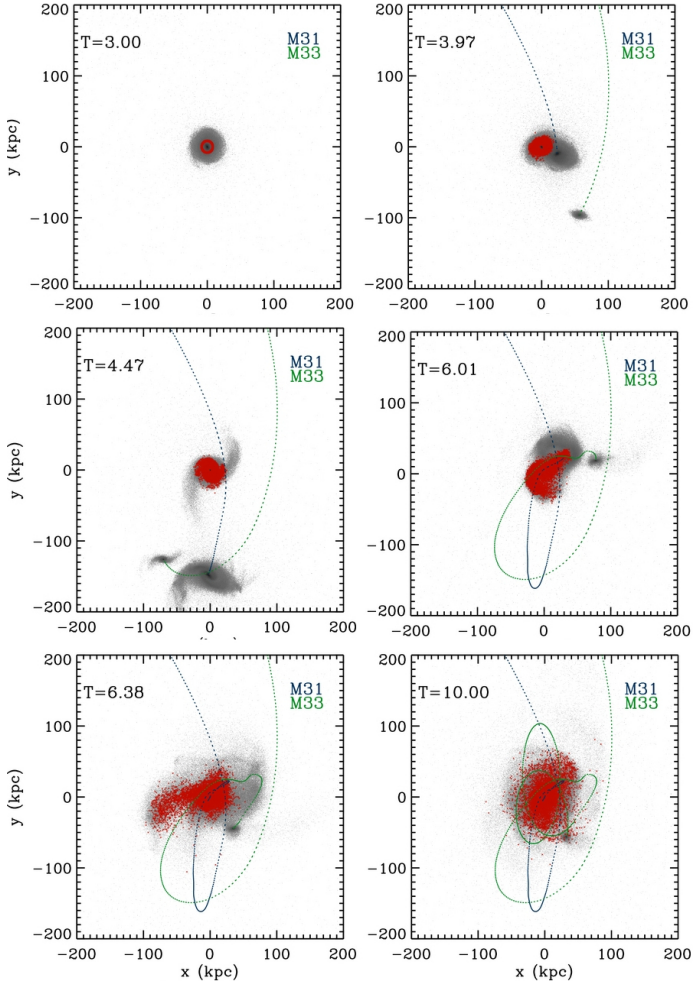


Figura 5: Instantáneas de la evolución temporal de la colisión entre la Vía Láctea (MW), Andrómeda (M 31) y M 33 vista desde la Vía Láctea. Las órbitas precedentes de M 31 (en azul) y M 33 (en verde) en cada instante ayudan a visualizar cuál es la evolución del sistema interactuante. En el panel inicial ($T = 3{,}00$ Giga-años) la Vía Láctea está aún aislada. En instantes posteriores ($T > 3$ Giga-años), el proceso de interacción progresa hasta cristalizar en una fusión trás un tiempo estimado de $T \sim 10$ Giga-años. Las estrellas identificadas en color rojo estarían situadas a una distancia de 8,3 Kpc del centro de la Galaxia. Figura adaptada del artículo de Van der Marel et al. (2012b).

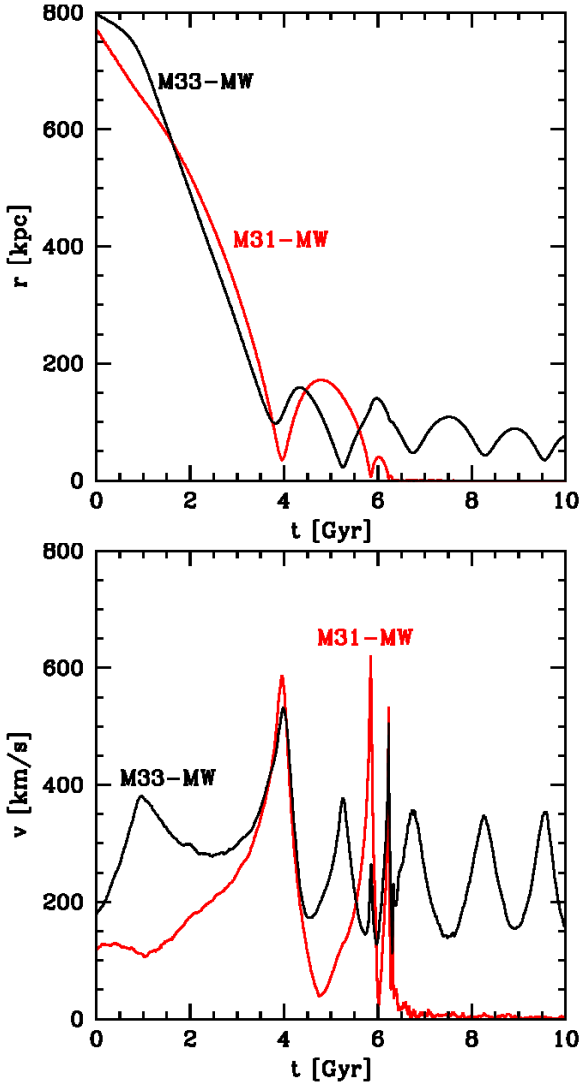


Figura 6: Las distancias (en kpc) (panel superior) y velocidades relativas (en km/s) (panel inferior) en función del tiempo (en Giga-años) entre la galaxias M 31, la Vía Láctea (MW) y M 33, tal como predice la simulación numérica de la colisión entre dichos sistemas. El origen de tiempos ($T = 0$) corresponde a la configuración actual. Figura adaptada del artículo publicado por Van der Marel et al. (2012b).

Como consecuencia de la interacción, y debido a un efecto conocido como *fricción dinámica*, la órbita de M 31 pierde progresivamente cada vez más momento angular relativo. Este hecho, común en cualquier proceso de fusión entre dos galaxias, se traduce en que los pericentros sucesivos serán cada vez más pequeños, es decir, los núcleos de ambas galaxias cada vez se acercarán más. Por la misma razón, las velocidades relativas de las dos galaxias se harán también cada vez más pequeñas (ver figura 6).

El proceso de interacción progresa hasta cristalizar en una fusión completa de M 31 con la Vía Láctea trás un tiempo estimado de $T \sim 10$ Giga-años. El resultado final más probable es la formación de una galaxia elíptica gigante que incluiría tanto a estrellas de nuestra Galaxia como de Andrómeda. Es común en la literatura referirse al sistema fusionado como *Lactómeda* (o *Milkdromeda* en su acepción inglesa). Contrariamente a M 31, lo más probable es que M 33 siga orbitando como una galaxia independiente alrededor de *Lactómeda* durante mucho tiempo después de que la fusión se haya completado. No obstante, se espera que M 33 acabe siendo engullida por *Lactómeda* a muy largo plazo, dado que su órbita ligada está destinada a decaer con el tiempo.

Lactómeda tendrá aproximadamente el doble de masa de la la Vía Láctea y será mucho más extensa que ésta, como puede fácilmente apreciarse en la figura 5. De hecho el perfil radial de la densidad superficial de estrellas en la *Lactómeda* simulada sigue una ley de potencias con el radio ($\propto R^{1/4}$). Esta ley es muy similar a la observada en otras galaxias elípticas del universo.

La figura 7 muestra cuál es la distribución final de las estrellas en el sistema resultante de la fusión entre M 31 y la Vía Láctea. Aunque las estrellas de nuestra Galaxia y de M 31 aparecen mezcladas alrededor del centro de masas común de *Lactómeda*, la galaxia fusionada no parece haber alcanzado aún tras $T \sim 10$ Giga-años el estadio final de *relajación dinámica*, en el que la distribución de las estrellas procedentes de ambos sistemas sean perfectamente indistinguibles. Por el contrario, la mayor parte de las estrellas de M 33 permanecen fuera de *Lactómeda* al final de la simulación.

Uno de los escenarios más comúnmente aceptados prevé que la fusión de dos galaxias espirales produzca brotes de formación estelar (*starbursts* en su acepción inglesa). Durante la interacción, se espera que grandes cantidades de gas pierdan momento angular y se precipiten hacia las regiones centrales del sistema, donde pueden experimentar choques y un elevado grado de compresión. El resultado probable es que se generen episodios masivos de formación de nuevas estrellas que consuman gran parte del gas. Durante esta fase, previa a la formación de una galaxia elíptica, el sistema se identificaría por su intensa emisión en el rango de longitudes del infrarrojo (de ahí su denominación en inglés *Ultra-Luminous Infrared Galaxy*, ULIRG). La evolución que probablemente experimente la com-

ponente gaseosa de nuestra Galaxia y Andrómeda durante la fusión fué estudiada por Cox & Loeb (2008). Sus conclusiones sugieren que debido a que la componente gaseosa de ambos sistemas no es muy elevada, no se espera que la fusión de ambas galaxias dé lugar a un brote de formación estelar masivo. Antes al contrario, se espera que el proceso de formación de estrellas continúe a un ritmo sólo ligeramente superior al esperado en caso de que ambas galaxias hubieran estado totalmente aisladas.

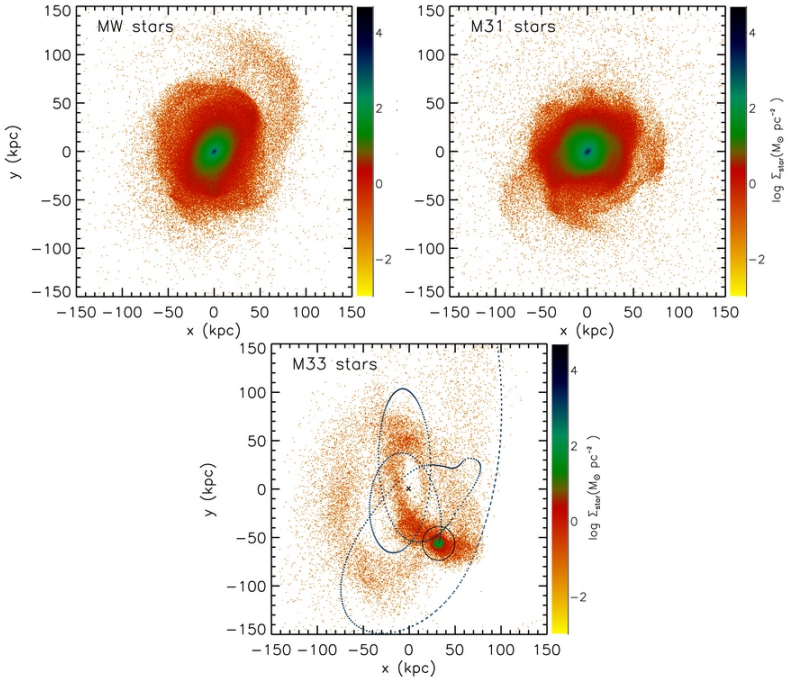


Figura 7: Distribución final de las estrellas en el sistema resultante de la fusión entre M 31 y la Vía Láctea (MW). Los tres paneles identifican cuáles son las estrellas procedentes de la Vía Láctea (MW), de M 31 y de M 33, respectivamente. Puede apreciarse que en esta simulación M 33 mantiene su propia identidad y no acaba fusionándose completamente con la Vía Láctea (MW) y M 31. Figura adaptada del artículo publicado por Van der Marel et al. (2012b).

Paralelamente al proceso de fusión de sus discos estelares, se espera que también se produzca la fusión de los agujeros negros supermasivos que se encuentran en los núcleos de nuestra Galaxia y Andrómeda. Dicho proceso producirá el nacimiento de un único agujero negro supermasivo en

el núcleo de *Lactómeda*. Es más que probable que trás la fusión quede aún suficiente gas disponible para alimentar el agujero negro central y, como indican las predicciones de los modelos teóricos (Hopkins et al. 2006), *Lactómeda* pueda convertirse en un cuásar.

¿Cuál será el destino del Sol tras la colisión?

Aunque dos galaxias colisionen violentamente y puedan acabar fusionándose en un único sistema, como es el caso de nuestra Galaxia y M 31, la probabilidad de que colisionen entre sí dos estrellas es muy pequeña. Ello se debe a la gran distancia que típicamente separa a dos estrellas, incluso en los entornos más densamente poblados de una galaxia: $\geq 1-2\times10^{11}$ km. Esa distancia promedio es siempre mucho mayor que el tamaño característico de cualquier estrella. La razón entre distancia y tamaño medios para una estrella en una galaxia típica es en cualquier circunstancia mayor que un factor $\simeq 10^5$. A la vista de estas estimaciones, es evidente que el nacimiento de *Lactómeda* no alterará en esencia la evolución *interna* del Sistema Solar. No obstante, sí se espera que la órbita del Sol y, por lo tanto, su posición dentro del sistema interactuante, se vean dramáticamente modificadas.

Las simulaciones de van der Marel et al. (2015b) no pudieron seguir en detalle cómo cambiaría en particular la órbita del Sol a lo largo de la interacción entre nuestra Galaxia y M 31. Sin embargo sí que permitieron predecir estadísticamente cuál será la evolución más probable de una estrella que, como el Sol, se encuentra en la actualidad a una distancia radial $R_{\rm sol}\sim 8{,}33\pm0{,}35$ kpc del centro de la Galaxia y gira en torno a éste a una velocidad de rotación $V_{\rm rot}\sim 239\pm10$ km/s. Dentro de esta categoría se encontraban más de 8000 estrellas en la Galaxia simulada por van der Marel et al. (2015b). Dichas órbitas, representativas de la que sigue el Sol en la práctica, fueron identificadas y monitorizadas en el transcurso de la fusión. La conclusión fundamental tras este seguimiento es que la mayor parte de las estrellas similares al Sol emigraban hacia el exterior de *Lactómeda*, es decir que su distancia radial *promedio* aumentaba hacia el final de la simulación.

Cuando se habla de radios *promedio* en el caso de las órbitas típicas descritas por las estrellas de una galaxia elíptica como *Lactómeda*, es importante señalar que el radio a lo largo de dichas órbitas cambia significativamente con el tiempo. Dichos cambios se desarrollan de acuerdo con un patrón mucho menos ordenado que el que se observa en las órbitas cuasi circulares que describen las estrellas en las galaxias tipo disco, cuyo equilibrio se establece por rotación, en claro contraste con las galaxias elípticas, donde la componente asociada con movimientos caóticos domina. Probablemente el Sol, que en la actualidad gira en una órbita cuasi circular en el plano de la Vía Láctea, acabará atrapado en una de esas órbitas estelares

abiertas (*loop orbits* en su acepción inglesa), como la que se muestra en la figura 8.

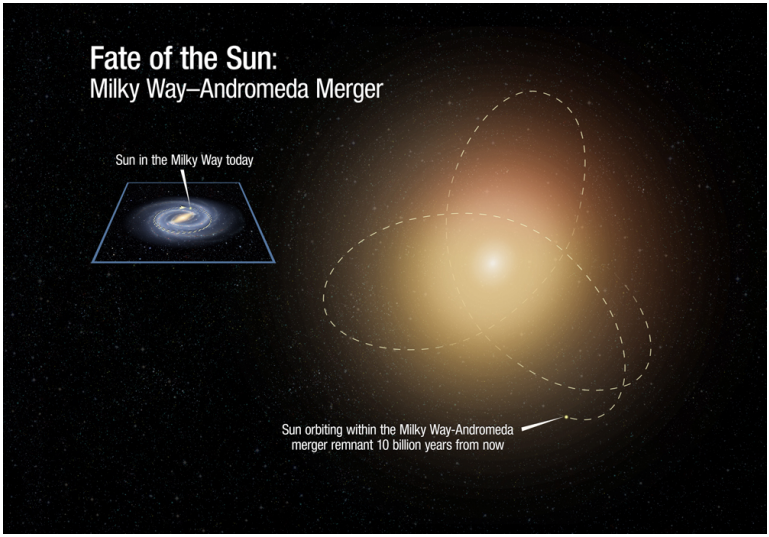


Figura 8: El destino de la Vía Láctea es convertirse, tras su fusión con Andrómeda, en una galaxia elíptica gigante una vez transcurrido un plazo de 10 Giga-años. Dentro de este sistema, el Sol acabará atrapado en una órbita estelar abierta (*loop orbit*) muy similar a la que típicamente describen las estrellas de las galaxias elípticas. Figura cortesía de NASA, ESA, A. Feild y R. van der Marel (STScI).

El resultado de estas simulaciones permite concluir, con un elevado grado de certeza, que tanto la distancia, como la velocidad y los parámetros que caracterizan el entorno inmediato del Sol (por ejemplo, la densidad estelar promedio) se modificarán debido a la interacción violenta entre nuestra Galaxia, Andrómeda y M 33. Sin embargo, eso no significa que la vida en la Tierra se vea afectada por la evolución dinámica del Grupo Local en los términos que acabamos de describir. Un evento dramático, producido por la perturbación que podría sufrir la órbita del Sol por su interacción con otra estrella que se acercara peligrosamente a nosotros, no puede formalmente excluirse. En concreto, una interacción próxima (que no colisión directa) con otra estrella podría cambiar la órbita de la Tierra al desplazar a ésta fuera de la zona de *habitabilidad*, aquélla que hace posible la vida y en la que actualmente nos encontramos. Sin embargo, la probabilidad de este tipo de encuentros es, como ya hemos señalado antes, despreciable.

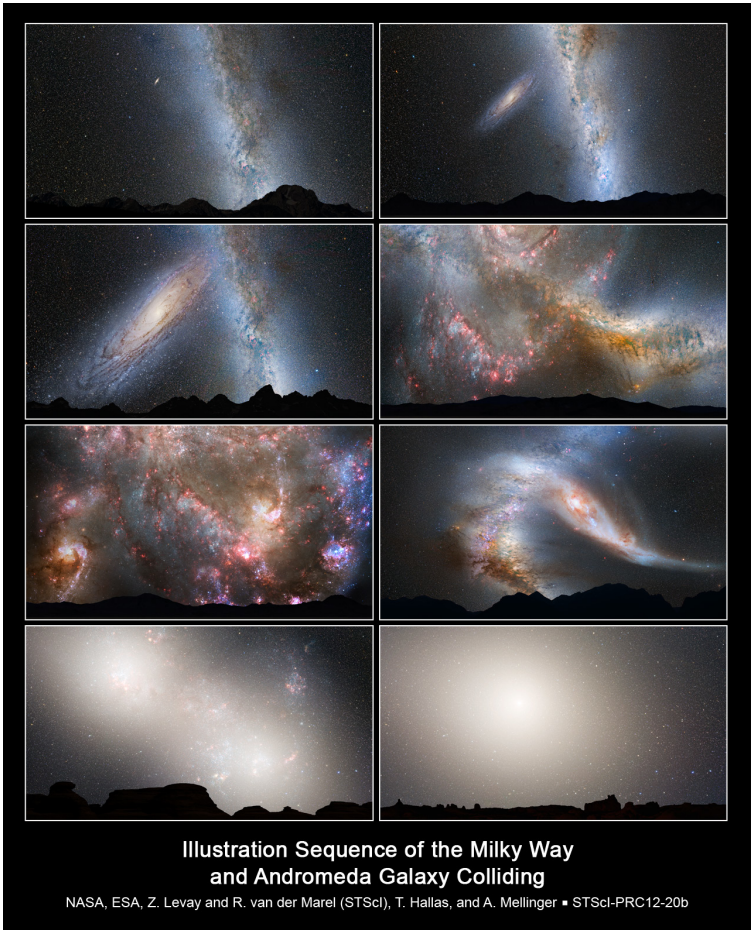


Figura 9: Imágenes ilustrativas de cómo un observador vería desde la Tierra la fusión predicha por las simulaciones numéricas entre la Vía Láctea y Andrómeda. La secuencia mostrada recorre de izquierda a derecha y de arriba a abajo el aspecto del cielo desde el instante presente, donde Andrómeda aparece al principio como una mancha difusa lejos de nuestra Galaxia, hasta la fusión final de ambos sistemas (10 Giga-años después), que da lugar a una galaxia elíptica gigante. Durante su aproximación a la Vía Láctea, Andrómeda ocupará una porción creciente del cielo, como se muestra en la secuencia de paneles, y se harán progresivamente más visibles los efectos de la interacción con la Vía Láctea. Imagen cortesía de NASA, ESA, Z. Levay, R. van der Marel (STScI), T. Hallas, y A. Mellinger.

En la práctica, nuestro porvenir en la Tierra sí se verá alterado por otro tipo de fenómenos astrónomicos que nada tienen que ver con el nacimiento de *Lactómeda*. Aunque es posible imaginar cómo cambiaría durante los próximos diez mil millones de años el aspecto del cielo observable desde la Tierra debido a la colisión entre nuestra Galaxia, Andrómeda y M 33 (ver figura 9), antes de que la fusión llegue a término, el combustible necesario para que el Sol siga brillando se habrá consumido (dentro de 4.6 Giga-años; Sackmann et al 1993). Además, antes de que esto ocurra, el clima de la Tierra habrá cambiado tanto que hará imposible la vida, debido al progresivo aumento del tamaño y luminosidad del Sol, siendo ambos procesos ligados a su inexorable discurrir hacia la muerte estelar.

Siempre nos quedará el recurso de soñar que para entonces, si la civilización humana no se ha autodestruído todavía, ya sea posible la colonización de otros planetas y, por lo tanto, que ese espectáculo cósmico que refleja la figura 9 será observado por algún terrícola que haya podido escapar y sustraerse así a su *terrible* y no por ello menos cierto destino.

Referencias

Besla, G., Kallivayalil, N., Hernquist, L., et al. 2007,"Are the Magellanic Clouds on their first passage about the Milky Way?", *The Astrophysical Journal*, núm. 668, págs. 949-967.

Binney, J., & Tremaine, S. 1987, "Galactic dynamics", *Princeton, NJ, Princeton University Press*, págs. 747.

Brunthaler, A., Reid, M. J., Falcke, H., Greenhill, L. J., & Henkel, C. 2005,"The geometric distance and proper motion of the Triangulum Galaxy (M33)", *Science*, núm. 307, págs. 1440-1443.

Cox, T. J. & Loeb, A., 2008, "The collision between the Milky Way and Andromeda", *Monthly Notices of the Astronomical Society*, núm. 386, págs. 461-474.

Dubinski, J., Mihos, J. C., & Hernquist, L. 1996,"Using tidal tails to probe dark matter halos", *The Astrophysical Journal*, núm. 462, págs. 576-593.

Hopkins, P. F., Hernquist, L., Cox, T. J., et al. 2006,"A Unified, Merger-driven Model of the Origin of Starbursts, Quasars, the Cosmic X-Ray Background, Supermassive Black Holes, and Galaxy Spheroids", *The Astrophysical Journal Supplement Series*, núm. 163, págs. 1-49.

Peebles, P. J. E., Phelps, S. D., Shaya, E. J., & Tully, R. B. 2001,"Radial and transverse velocities of nearby galaxies", *The Astrophysical Journal*, núm. 554, págs. 104-113.

Sackmann, I.-J., Boothroyd, A. I., & Kraemer, K. E. 1993,"Our Sun. III. Present and Future", *The Astrophysical Journal*, núm. 418, págs. 457-468.

Shattow, G., & Loeb, A. 2009,"Implications of recent measurements of the Milky Way rotation for the orbit of the Large Magellanic Cloud", *Monthly Notices of the Astronomical Society*, núm. 392, págs. L21-L25.

Sohn, S. T., Anderson, J., & van der Marel, R. P. 2012, "The M31 velocity vector. I. Hubble Space Telescope proper-motion measurements", *The Astrophysical Journal*, núm. 753, 7, págs. 15.

van den Bergh, S. 2000,"The galaxies of the Local Group", *Cambridge University Press, 2000 Cambridge Astrophysics Series Series*, núm. 35, págs. 346.

van der Marel, R. P., Fardal, M., Besla, G., et al. 2012a, "The M31 velocity vector. II. Radial orbit toward the Milky Way and implied Local Group mass", *The Astrophysical Journal*, núm. 753, 8, págs. 14.

van der Marel, R. P., Besla, G., Cox, T. J., Sohn, S. T., & Anderson, J. 2012b, "The M31 velocity vector. III. Future Milky Way M31-M33 orbital evolution, merging, and fate of the Sun", *The Astrophysical Journal*, núm. 753, 9, págs. 21.

ÍNDICE ALFABÉTICO DE MATERIAS

Índice alfabético

Año
    duración, 124
Aberración
    ánua, 369
Achatamiento
    de la Tierra, 343
    de los planetas, 184
Acimut
    de la estrella Polar, 274–275
Albedo
    de satélites naturales, 220–224
    geométrico y de Bond, 183
Año
    duración del año juliano, 117
    duración media de distintos tipos de año, 116
Asteroides
    datos físicos, 242
    datos fotométricos, 242
    efemérides, 245–255
    elementos orbitales, 241
    magnitud, V, 243
    número de conocidos, 241
    oposición, 244
    rotación, 242

Calendario
    católico, 84–85
    domingo de Pascua, 84
    escritura numérica de fechas, 80
    explicación general, 80
    gregoriano, 83
    israelita, 88–90
    juliano, 85–86
    musulmán, 86–88
    perpetuo, 90–91
    reforma gregoriana, 83
Ceres
    datos fotométricos, 234
    descubrimiento, 235
    efemérides, 236
    elementos orbitales, 233
    masa, tamaño, 235
    traslación, 234
Cometas
    de corto periodo, 258–269
    de largo periodo, 257
    elementos orbitales, 257–265
    que pasan por el perihelio este año, 36, 257
Composición
    abundancia solar de elementos químicos, 127
    moléculas en el medio interestelar, 378
Constantes
    astronómicas, 373
    astronómicas para J2000, 127
    atómicas y espectroscópicas, 372
    cosmológicas, 373
    electromagnéticas, 372
    equivalencias útiles, 180, 310, 373
    factores de conversión, 373
    fundamentales, 372

prefijos del SI, 374
Constelaciones
del cielo mes a mes, 38–61
esquemas, 286–291
posición y tamaño, 283–285
Coordenadas
aparentes (aberración), 369
geográficas, *véase* Posiciones geográficas
medias (precesión), 366–368
verdaderas (nutación), 369
Corrección de las coordenadas
por aberración ánua, 369
por nutación, 369
por precesión, 366–368
por refracción atmosférica, 370–371
Crepúsculo
civil, náutico y astron., 150
visibilidad de los planetas, 18–20
Cúmulos estelares
abiertos o galácticos, 316
cerrados o globulares, 314

Día juliano, *DJ*
fórmula para este año, 13
Día
día de la semana, 83, 90–91
de la semana, 109–120
definición, 80, 94
del año, 109–120
durac. media del día sidéreo, 115
durac. media del día solar, 115
duración del día, 152
solar medio en los planetas, 183
Día juliano, *DJ*
DJ y día de la semana, 83
día a día, 109–120
día juliano modificado, 111
días julianos notables, 82, 110
descripción, 81, 111
durante una década, 82
mes a mes, 81
modificado, 83
para diversas épocas, 82
para una fecha gregoriana, 82
Distancia
angular y luminosa, 337
en el sistema solar, 230
en la Vía Láctea, 310
ley de Hubble, 337

Eclipses
de Luna durante el año, 70–74
de Luna futuros, 76
de Sol durante este año, 67–69
de Sol futuros, 75
durante el año próximo, 64, 65
durante este año, 15, 63
durante este siglo, 64
interpretación de las tablas, 74
Ecuación de los equinoccios
día a día, 109–120
definición, 98, 114
fórmula aproximada, 93, 98, 114
Ecuación de tiempo
día a día, 109–120
definición, 100, 118
fórmula aproximada, 100, 119
figura, 100
valores extremos y nulos, 120
Elipsoide terrestre, *véase* Tierra
Enanos, planetas
datos fotométricos, 234
descubrimiento, 235
efemérides, 236
elementos orbitales, 233
masa, tamaño, 235

satélites, 235
traslación, 234
Equinoccios
de primavera y de otoño, 14
ecuación de los equinoccios, *véase* id. id.
para este año, 15
Eris
datos fotométricos, 234
descubrimiento, 235
efemérides, 240
elementos orbitales, 233
masa, tamaño, 235
satélites, 235
traslación, 234
Escalas de tiempos, *véase* Tiempo
convenio para el ANUARIO, 13
Estaciones
duración, 14, 15
fechas extremas de inicio, 14
inicio para este año, 15
Estrellas
brillantes, 297–302
cálculo de coordenadas aparentes, 366–371
cercanas, 297
constelaciones, *véase* Constelaciones
de gran mov. propio, 297
dobles, 302–304
equivalencias en distancias, 310
magnitud y brillo, 308
nombres usuales, 292–294
ocultación por la Luna, 34–35
Pléyades, 294
Polar, *véase* Polar
variables, 304–308
variables tipo Mira, 278

Fases de la Luna, 14
Fecha
escritura normalizada, 80
juliana, 81
Fenómenos astronómicos
día a día, 37–61
resumen anual, 14–36

Galaxias
brillantes, 333
cúmulos de galaxias, 334
cuásares, 333
del Grupo Local, 329
en catálogo de Messier, 321–323
infrarrojas, 334
ley de Hubble, 337
nombres usuales, 329–331
radiogalaxias, 333
tabla de distancias, 337
Geomagnetismo
declinaciones magnéticas, 360–361
variación secular, 360

Haumea
datos fotométricos, 234
descubrimiento, 235
efemérides, 238
elementos orbitales, 233
masa, tamaño, 235
satélites, 235
traslación, 234

Interpolación
directa, 374–376
inversa, 376

Júpiter
conjunción y oposición, 17
constelaciones recorridas, 17
datos orbitales, físicos y fotométricos, 181–185
efemérides, 194
efemérides orbitales, 17
efemérides para observaciones físicas, 195

posición de los satélites galileanos, 224–229
satélites, 212–224
visibilidad (en 2016), 18–20

Luna
apogeo y perigeo, 178
comparación con otros satélites, 212–224
coord. topocéntricas, 158
datos físicos, 157
distancia a la Tierra, 156, 177
eclipses, *véase* Eclipses
edad, 177
elementos medios de la órbita, 156
fases
definición, 14, 177
en este año, 15, 177
libraciones, 157
meses, 157
ocultaciones, 33–35
órbita, 156
orto y ocaso en cualquier lugar, 173–175
paralaje, 176–177
paso por el meridiano, 175
semidiámetro, 175–177
unidades lunares, 155

Magnitud
de asteroides brillantes, 242
de cúmulos estelares, 314–316
de estrellas, 292–310
de galaxias brillantes, 333
de galaxias del Grupo Local, 329
de los planetas cada 20 días, 189–201
de objetos Messier, 321–323
de planetas en oposición, 183
de satélites en oposición, 220–224
definición, 308
del Sol: absolutas, aparentes, 125
diferencia de magnitudes y razón de brillos, 308
máxima de Mercurio, Venus y Marte, 16
media de Júpiter,. . . Neptuno, 17
Makemake
datos fotométricos, 234
descubrimiento, 235
efemérides, 239
elementos orbitales, 233
masa, tamaño, 235
traslación, 234
Marte
datos orbitales, físicos y fotométricos, 181–185
efemérides, 192
efemérides orbitales, 16
efemérides para observaciones físicas, 193
fenómenos en este año, 16
satélites, 212–224
visibilidad (en 2016), 18–20
Mercurio
datos orbitales, físicos y fotométricos, 181–185
efemérides, 188
efemérides orbitales, 16
efemérides para observaciones físicas, 189
fenómenos para este año, 16
tránsito, 16
visibilidad (en 2016), 18–20
Meteoroides
lluvias de meteoros, 269–270
meteoros, 269

Nebulosas, *véase* Vía Láctea
de emisión, 319
de reflexión, 319

en catálogo de Messier, 321–323
observación, 318–320
planetarias, 320
restos de supernova, 320
tipos, 316–318
Neptuno
conjunción y oposición, 17
constelaciones recorridas, 17
datos orbitales, físicos y fotométricos, 181–185
descubrimiento, 186
efemérides, 200
efemérides orbitales, 17
efemérides para observaciones físicas, 201
satélites, 212–224
Nutación
paso de coordenadas medias a verdaderas, 369

Oblicuidad de la eclíptica
durante el año, 124
Observaciones físicas
de los planetas, 189–201
del Sol, 130–141
Observatorios
en el mundo, 349
en España, 348
Ocultaciones
de asteroides por la Luna, 33
de estrellas por la Luna, 34–35
de planetas por el Sol, 33
de planetas por la Luna, 33
Orbita de la Tierra
afelio y perihelio extremos, 14
afelio y perihelio para este año, 15
datos orbitales, 181–183, 203
Ortos y ocasos
de la Luna, 173–175
de los planetas, 202
del Sol, 130–141, 144–147

Parsec, año luz, Unidad Astronómica
equival., múltiplos, 310, 373
Planetas
órbita, 180–182, 203
atmósfera, 185
datos físicos, 184
declinación durante el año, 186
descubrimiento, 186
efemérides, 188–202
elementos orbitales, 182, 203
fórmulas, 203
fenómenos en este año, 16–17
fotometría, albedo, 183
magnetosfera, 185
masa, tamaño, 184
ocultación por la Luna, 33
ortos y ocasos en cualquier lugar, 202
paso por el meridiano, 203
posiciones geocéntricas y heliocéntricas, 203–205
rotación, 183
satélites, *véase* Satélites
sistema planetario, *véase* Sistema solar
traslación, 182
visibilidad en este año, 18–20
Plutón
datos fotométricos, 234
descubrimiento, 235
efemérides, 237
elementos orbitales, 233
masa, tamaño, 235
satélites, 235
traslación, 234
Polar (estrella)
coord. ecuat. aparentes, 274–275
coord. ecuatoriales J2000, 271, 273
coord. horizontales, 272

determinación de la latitud, 272
Polo Norte
de la Vía Láctea, 312
del sistema solar, 180
del Sol, 125
Posiciones geográficas
ciudades españolas, 346–347
convenios, 13
observatorios españoles, 348
observatorios mundiales, 349
Precesión
cálculo aproximado, 366
cálculo exacto, 368
efecto sobre las coordenadas ecuatoriales, 366–368

Refracción
corrección de la altura observada, 370–371
fórmula aproximada, 370

Satélites
datos físicos, 220–224
descubrimiento, 216–220
elementos orbitales, 212–216
fotometría, 220–224
nombres, 212–216
periodos, 216–220
posición de los satélites galileanos, 224–229
Saturno
conjunción y oposición, 17
constelaciones recorridas, 17
datos orbitales, físicos y fotométricos, 181–185
efemérides, 196
efemérides orbitales, 17
efemérides para observaciones físicas, 197
inclinación de los anillos, 17
satélites, 212–224
visibilidad (en 2016), 18–20
Semana
día de la semana corresp. a un día juliano, 83
día de la semana corresp. a una fecha, 90–91
numeración, 80
Sismicidad
Intensidad, 357
Magnitud, 356
sismicidad España, 350–355
sismicidad mundial, 355–356
Sistema solar
asteroides, *véase* Asteroides, *véase* Asteroides
cometas, *véase* Cometas
equivalencia en distancias, 230
meteoroides, *véase* Meteoroides
sistema planetario, 180, 232
unidades, 180
Sol
abundancia de elementos químicos, 127
afelio y perihelio, 15
azimut de orto y ocaso, 148
cálculos aproximados, 142
coord. ecuatoriales, 130–141
coord. ecuatoriales aprox., 143
coord. heliográficas, 130–141
crepúsculos, 150–151
culminación, orto y ocaso en Madrid, 130–141
datos físicos, 124
distancia a la Tierra, 142–143
duración del día, 151–152
eclipses, *véase* Eclipses
eje de rotación, *P*, 130–141
entrada en signos del zodíaco, 17
luminosidad, 125
movimiento diario, 142–143
movimiento en el espacio, 126

ocultaciones, 33
órbita, 124
orto y ocaso en otro lugar, 144–146
ortos y ocasos extremos en Madrid, 152
paralaje horizontal, 142–143
paso por el meridiano, 153
paso por el primer vertical, 149
rotación, 125
rotaciones sinódicas, 153
semidiámetro, 142–143
tiempo de paso del semidiámetro, 142–143
unidades solares, 123
viento solar, 126
Solsticios
de verano y de invierno, 14
para este año, 15

Tiempo
DUT1, 97
civil, 100
de efemérides, *TE*, 94
ecuación de los equinoccios, *véase* id. id.
ecuación de tiempo, *véase* id. id.
emisores de señales de tiempo, 101–102, 108
escala atómica, *TAI*, 94
escalas de tiempo, 94–100
horario adelantado, 103–104, 108
husos horarios, 102
meses (calendario), 109–120
meses (Luna), 157
oficial
en los paises del mundo, 102–107
explicación, 102
oficial en España, 108
sidéreo, 98–99, 113
sidéreo local, fórmula, 93, 99
sidéreo verdadero en Greenwich día a día, 109–120
siglo, milenio, 81
solar medio y verdadero, 99–100, 112
Tiempo Atómico Internacional, 94
tiempos dinámicos, 94–95
Universal Coordinado, *UTC*, 96–97, 101–102
Universal, *TU, UT1*, 95
Tierra
comparación con otros planetas, *véase* Planetas
distancia al Sol, 142–143
elipsoides de referencia, 343–345
geomagnetismo, 360–361
masa, tamaño, 342
órbita, *véase* Orbita de la Tierra
periodo de rotación, 115
rotación, 343
satélites, 212–224
sismicidad, 350–360
unidades terrestres, 341

Unidades
astronómicas, 310, 373
día, 94
equivalencias útiles, 180, 310
factores de conversión, 373
segundo, 94
Urano
conjunción y oposición, 17
constelaciones recorridas, 17
datos orbitales, físicos y fotométricos, 181–185
descubrimiento, 186
efemérides, 198
efemérides orbitales, 17
efemérides para observaciones físicas, 199
satélites, 212–224
visibilidad (en 2016), 18

Vía Láctea
cúmulos, *véase* Cúmulos estelares
características cerca del Sol, 313
características globales, 312
nebulosas, *véase* Nebulosas
nubes moleculares, 318
Venus
datos orbitales, físicos y fotométricos, 181–185
efemérides, 190
efemérides orbitales, 16
efemérides para observaciones físicas, 191
fenómenos en este año, 16
tránsitos, 16
visibilidad (en 2016), 18–20

Zodíaco
definición, 17
entrada del Sol en signos, 17