Anuario del Real Observatorio 2014



GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO
INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

ANUARIO DEL REAL OBSERVATORIO DE MADRID PARA 2014

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.

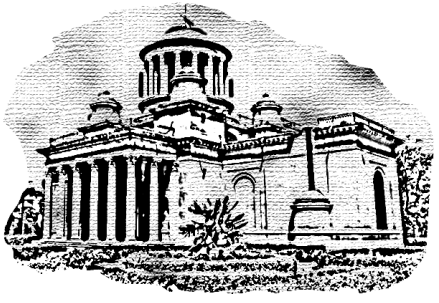
Programa editorial 2013
Depósito legal: **M. 7.390-1958**
NIPO: **162-09-...-.**
ISSN: **0373-...**

Cubierta: La imagen de la bella nebulosa planetaria NGC 2818, obtenida con el telescopio espacial Hubble, es una composición de exposiciones a través de filtros de banda estrecha de distintos colores. Podemos ver la envoltura gaseosa de una moribunda estrella de tipo solar, dándonos una idea del futuro lejano que le depara a nuestro propio Sol. Cortesía de NASA, ESA, Hubble Heritage Team (STScI / AURA).

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 2014



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

Durante los últimos años, el Real Observatorio de Madrid (ROM) acoge a la sede del Observatorio Geofísico Central (OGC) del IGN, habiendo recuperado así su carácter de instalación multidisciplinar en astronomía y ciencias de la Tierra. Actualmente, las actividades científicas que se realizan en el ROM se extienden de nuevo a campos tan ligados a los objetivos fundacionales del Observatorio como la geodesia, el geomagnetismo, la gravimetría o la sismología, y a otros nuevos como la geoquímica o la volcanología. La recuperación de estas actividades se ve, además, potenciada en su significación por la puesta en funcionamiento, en 2011, de la Sala de Astronomía y Ciencias del Universo donde se muestra la importante colección de instrumentación histórica del Observatorio y del resto del IGN, y donde tan destacada labor cultural se viene realizando. En este mismo sentido, cabe destacar el homenaje realizado conjuntamente por la Armada Española y el ROM, el pasado día 23 de septiembre, a la figura del ilustre marino y cosmógrafo Jorge Juan, en conmemoración del 3er centenario de su nacimiento. Como parte de ese acto se descubrió, en los jardines del Observatorio, un pequeño monumento en honor de quien fuera el promotor ante Carlos III de la fundación del ROM.

Por cuanto se acaba de decir, el ROM se ha convertido en la sede científica y cultural más importante del IGN. La edición del Anuario, no podía permanecer por más tiempo ajena a esta nueva realidad del ROM y, por ello, en este volumen de 2014 se ha recuperado su denominación original de Anuario del Real Observatorio de Madrid, y se ha ampliado su contenido con datos e informaciones referentes a nuestro planeta La Tierra.

En cuanto a nuevas instalaciones y actividades científico-técnicas de astronomía y geofísica realizadas por nuestro personal en el curso del pasado año, cabe destacar las siguientes.

En relación con el proyecto RAEGE (Red Atlántica de Estaciones Geodinámicas y Espaciales), la inauguración, el pasado 31 de octubre, por la Ministra de Fomento, Dª Ana Pastor, y por la Presidenta de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Dª María Dolores de Cospedal, del nuevo radiotelescopio de 13,2 m de Yebes, primero de los de RAEGE.

En cuanto a las actividades de vigilancia volcánica, se ha continuado el seguimiento de la crisis de El Hierro (Canarias) iniciada en 2011, y la instalación de equipos sísmicos, geodésicos y geomagnéticos destinados a conformar las redes instrumentales de las islas de La Palma y Lanzarote.

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

Noviembre de 2013

CAMBIOS RESPECTO DE LAS EDICIONES PRECEDENTES

En esta edición se ha ampliado el contenido del capítulo Tierra introduciendo un apartado referente a datos geofísicos que contiene información sobre sismología y geomagnetismo; la idea es que en las siguientes ediciones del Anuario se vaya ampliando dicho capítulo. También se ha avanzado en la automatización de la generación de los distintos capítulos.

De acuerdo con la Resolución B2/2012 de la Unión Astronómica Internacional, la unidad astronómica se define como exactamente 149 597 870 700 m y se designa únicamente con el símbolo "au", aunque la Oficina de Pesas y Medidas (BIPM) recomienda el símbolo "ua", que nosotros hemos adoptado

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, *Jefe de servicio*
Alonso Albi, Tomás
Desmurs, Jean-François
García Burillo, Santiago, *Jefe de servicio*
Planesas Bigas, Pere, *Jefe de servicio*
del Río Santos, Gerardo
Sánchez Ramos, María
Soria Ruiz, Rebeca
Tafalla García, Mario, *Jefe de servicio*
Usero Villanueva, Antonio

Geofísica:

López Moreno, Carmen, *Directora del Observatorio Geofísico Central*
Abella Meléndez, Rafael
Benito Saz, María Ángeles
del Fresno Rodríguez-Portugal, Carmen
Felpeto Rielo, Alicia
Fernández de Villalta, María del Carmen
García Arias, María José
García Cañadas, Laura
Gomis Moreno, Almudena
López Díaz, Rubén
Rueda Núñez, Juan José, *Jefe de servicio*
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 de Desarrollos Tecnológicos
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

Calendarios y tiempos:
- Calendarios 79
- Tiempos 93
  - Escalas de tiempo 94
  - Husos horarios 102
  - Tablas de tiempos 108

Efemérides astronómicas:
- El Sol:
  - Datos solares 123
  - Efemérides 128
  - Fórmulas, ortos, ocasos, etc 142
- La Luna:
  - Datos lunares 155
  - Efemérides 161
  - Fórmulas, ortos, ocasos, etc 173
- Los planetas:
  - Datos planetarios 180
  - Efemérides de los planetas 186
  - Fórmulas, ortos, ocasos, etc 202
- Satélites naturales:
  - Datos de los satélites 209
  - Satélites de Júpiter 224
  - Tabla de equivalencias para distancias 230
- Objetos menores del sistema solar:
  - Planetas enanos 232
  - Asteroides 241
  - Cometas 257
  - Meteoros y lluvias de meteoros 269
- Efemérides estelares:
  - Estrella Polar 271
  - Mínimos de Algol y β Lyr 276
  - Máximos de variables tipo Mira 277

Catálogos:
- Constelaciones 282
- Estrellas: 292
  - Brillantes 297
  - Dobles 302
  - Variables 305
- Relación entre magnitud y brillo 309
- Conversión de distancias en la Vía Láctea 310
- Vía Láctea:
  - Características de la Vía Láctea 312
  - Cúmulos estelares 314
  - Nebulosas 316
  - Catálogo de Messier de objetos difusos 321
- Objetos extragalácticos 325

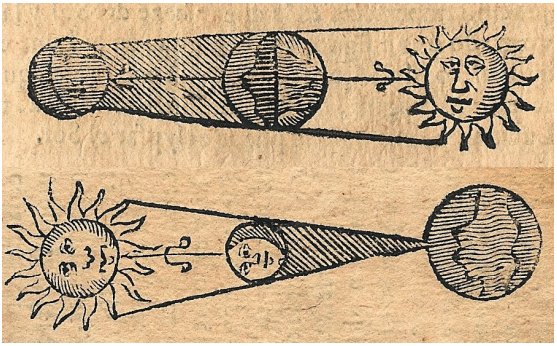
La Tierra:
- Datos físicos, geodésicos y cartográficos: 341
  - Elipsoides de referencia 343
  - Posiciones geográficas de ciudades 346
  - Posiciones geográficas de observatorios 348
- Datos geofísicos 350
  - Datos sísmicos 350
  - Datos geomagnéticos 358

Tablas complementarias:
- Corrección de coordenadas astronómicas:
  - Tablas y fórmulas de precesión 364
  - Fórmulas de nutación y aberración 367
- Corrección de refracción atmosférica 368
- Tablas de constantes físicas y astronómicas 370
- Interpolación numérica 372
- Moléculas interestelares 376

Artículos de divulgación:
- El coloquio de las nebulosas
  por *Valentín Bujarralbal* 383
- La expansión acelerada del universo
  por *Mario Tafalla* 403

Indice alfabético 445

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:

$$\text{día juliano} = 2456657{,}5 + \text{día del año} + \text{TU}/24^{\mathrm{h}}$$

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 2014

Inicio de las estaciones

Hemisferio boreal	Fecha y hora en Tiempo Universal (TU)	Hemisferio austral	duración en días
Primavera	20 de marzo a las 16^h57^m	Otoño	92,75
Verano	21 de junio a las 10^h51^m	Invierno	93,65
Otoño	23 de setiembre a las 02^h29^m	Primavera	89,86
Invierno	21 de diciembre a las 23^h03^m	Verano	88,99

Órbita de la Tierra

Perihelio (distan. mínima)	4 de enero a las 11^h TU	0,983334 ua
Afelio (distan. máxima)	4 de julio a las 00^h TU	1,016681 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	01	11	14	Ene	08	03	39	Ene	16	04	52	Ene	24	05	19
Ene	30	21	39	Feb	06	19	22	Feb	14	23	53	Feb	22	17	15
Mar	01	08	00	Mar	08	13	27	Mar	16	17	08	Mar	24	01	46
Mar	30	18	45	Abr	07	08	31	Abr	15	07	43	Abr	22	07	52
Abr	29	06	14	May	07	03	15	May	14	19	16	May	21	12	59
May	28	18	40	Jun	05	20	39	Jun	13	04	11	Jun	19	18	39
Jun	27	08	09	Jul	05	11	59	Jul	12	11	25	Jul	19	02	08
Jul	26	22	42	Ago	04	00	50	Ago	10	18	10	Ago	17	12	26
Ago	25	14	13	Set	02	11	11	Set	09	01	38	Set	16	02	05
Set	24	06	14	Oct	01	19	33	Oct	08	10	51	Oct	15	19	12
Oct	23	21	57	Oct	31	02	48	Nov	06	22	23	Nov	14	15	15
Nov	22	12	32	Nov	29	10	06	Dic	06	12	27	Dic	14	12	51
Dic	22	01	36	Dic	28	18	31								

Eclipses

Fecha	Astro	Tipo	Visibilidad
Abr 15	Luna	total	Australia, océano Pacífico y América.
Abr 29	Sol	anular	Oceanía, océano Pacífico sur y Antártida.
Oct 08	Luna	total	Asia, Australia, océano Pacífico y América.
Oct 23	Sol	parcial	Norteamérica.

En 2015 habrá dos eclipses de Sol y dos de Luna. El próximo eclipse solar visible en España tendrá lugar el día 20 de marzo de 2015.

Mercurio

Máximas elongaciones												
Este			Oeste			Este			Oeste			
Ene	31	18°,4	Mar	14	27°,6	May	25	22°,7	Jul	12	20°,9
Set	21	26°,6	Nov	1	17°,8							

Órbita	
Estacionario	Feb 6, Jun 7, Oct 4
Conjunción inferior	Feb 15, Jun 19, Oct 16
Estacionario	Feb 27, Jul 1, Oct 25
Conjunción superior	Abr 26, Ago 8, Dic 8
Perihelio	Feb 3, May 2, Jul 29, Oct 25
Afelio	Abr 19, Jun 15, Set 11, Dic 8

Brillo máximo (magnitud V)		
Abr	26	−2,1
Ago	7	−1,9
Dic	8	−1,1

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

Venus

Órbita		
Conjunción inferior	Ene 11	0,266 ua
Máximo acercamiento a la Tierra	Ene 11	0,26613 ua
Estacionario	Ene 31	
Máxima elongación Oeste	Mar 22	46°,6
Conjunción superior	Oct 25	1,717 ua
Perihelio	Ene 24, Set 5	
Afelio	May 16, Dic 26	

Brillo máximo (magnitud V)		
Feb	12	−4,5

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

Marte

Órbita		
Afelio	Ene 3	1,355 ua
Estacionario	Mar 1	
Oposición	Abr 8	0,621 ua
Máximo acercamiento a la Tierra	Abr 14	0,61759 ua
Estacionario	May 21	
En nodo descendente	Jun 11	
Perihelio	Dic 12	1,873 ua
Estaciones en el hemisferio Norte:		
Solsticio de verano	Feb 15	
Equinoccio de otoño	Ago 17	

Brillo máximo (magnitud V)		
Abr	9	−1,5

Planetas exteriores

Planeta	Conj.	Estac.	Opo.	Estac.	Conj.	Estac.
Júp.			Ene 5^d21^h	Mar 6^d10^h	Jul 24^d20^h	Dic 9^d7^h
Sat.		Mar 3^d4^h	May 10^d18^h	Jul 21^d15^h	Nov 18^d8^h	
Ura.	Abr 2^d7^h	Jul 22^d9^h	Oct 7^d21^h	Dic 22^d6^h		
Nep.	Feb 23^d19^h	Jun 10^d7^h	Ago 29^d14^h	Nov 16^d12^h		

Planeta	Distancia media al Sol (ua)	Brillo medio en magnitudes	Constelaciones recorridas
Júpiter	5,3	−2,0	Geminis/Cancer
Saturno	9,9	+0,4	Libra
Urano	20,0	+5,8	Piscis
Neptuno	30,0	+7,9	Acuario

Los días 4 de enero y 10 de mayo se producirán los máximos acercamientos anuales de Júpiter y Saturno a la Tierra, alcanzando unos diámetros de $46''.8$ y $18''.7$, respectivamente.

El día 23 de febrero se producirá el máximo acercamiento de Palas a la Tierra durante el periodo comprendido entre 1980 y 2060.

El 11 de marzo Júpiter alcanzará una máxima declinación norte de +23°.

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 2014 de 22°.

Entrada del Sol en los signos del zodíaco (TU)

Acuario	Ene	20^d	03^h	52^m	Leo	Jul	22^d	21^h	42^m
Piscis	Feb	18^d	18^h	00^m	Virgo	Ago	23^d	04^h	46^m
Aries	Mar	20^d	16^h	57^m	Libra	Set	23^d	02^h	29^m
Tauro	Abr	20^d	03^h	56^m	Escorpio	Oct	23^d	11^h	58^m
Géminis	May	21^d	02^h	59^m	Sagitario	Nov	22^d	09^h	39^m
Cáncer	Jun	21^d	10^h	51^m	Capricornio	Dic	21^d	23^h	04^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 2014

Planeta	En el crepúsculo matutino			En el crepúsculo vespertino		
Mercurio		–		Ene 12	–	Feb 10
	Feb 24	–	Abr 11	May 3	–	Jun 9
	Jul 3	–	Ago 1	Ago 18	–	Oct 4
	Oct 23	–	Nov 22	Dic 24	–	Dic 31
Venus		–		Ene 1	–	Ene 6
	Ene 17	–	Set 18	Dic 4	–	Dic 31
Marte	Ene 1	–	Abr 15	Abr 7	–	Dic 31
Júpiter	Ene 1	–	Ene 8	Ene 4	–	Jul 11
	Ago 8	–	Dic 31		–	
Saturno	Ene 1	–	May 25	May 3	–	Nov 2
	Dic 5	–	Dic 31		–	
Urano		–		Ene 1	–	Mar 6
	May 19	–	Oct 13	Set 28	–	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.

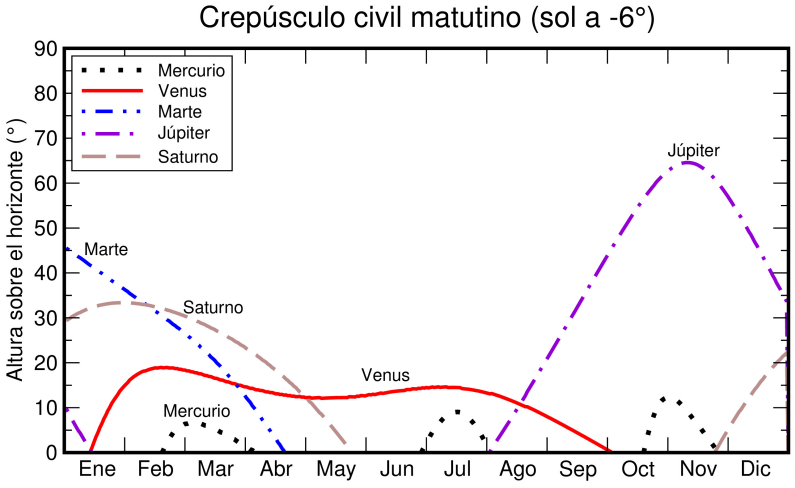
En el año 2014 Mercurio será visible en diversas ocasiones antes de amanecer, como se indica en la tabla y en las ilustraciones siguientes. El brillo es mayor hacia el final de cada uno de los periodos, lo que hace más favorable la observación. Será también visible en varias épocas en el crepúsculo vespertino, siendo su brillo mayor al principio de cada periodo.

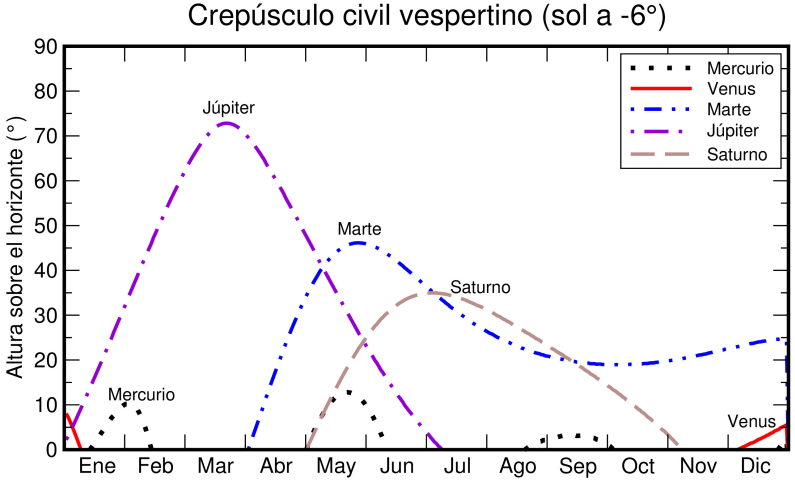
Venus se verá como lucero vespertino al inicio y final de año y como astro matutino desde mediados de enero a finales de setiembre, alcanzando su máximo brillo (magnitud $-4{,}5$) a mediados de febrero.

Marte será visible al amanecer desde principios de año a mediados de abril y al atardecer de abril a final de año, alcanzando su máximo brillo (magnitud $-1{,}5$) a primeros de abril.

Júpiter será visible al amanecer los primeros días de enero y desde agosto a final de año y al atardecer desde primeros de año hasta julio.

Saturno será visible al amanecer desde primeros de año a mayo, en mayo se verá toda la noche, pasando a verse solo al atardecer de junio a noviembre y volviendo a ser visible al amanecer en diciembre. La inclinación media de sus anillos será de 22°.





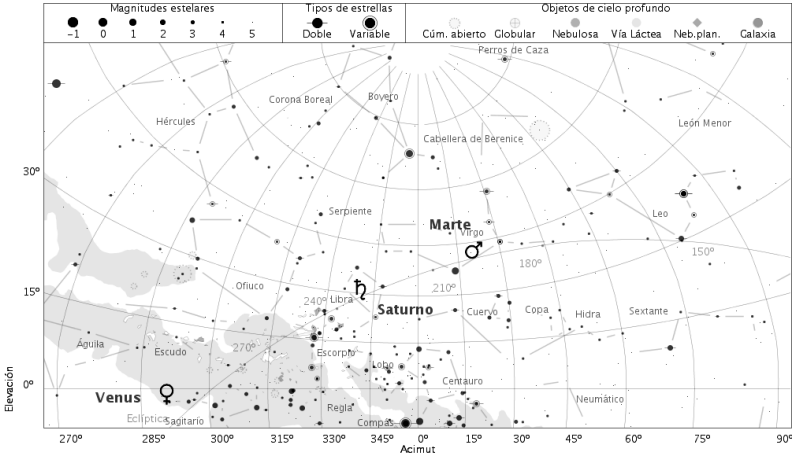
Visibilidad de los planetas mes a mes

Enero	Marte, Saturno y, desde mediados de mes, Venus son visibles al amanecer. Al atardecer son visibles Mercurio y Júpiter.
Febrero	Venus (muy brillante), Marte y Saturno siguen siendo los luceros matutinos y Júpiter el vespertino.
Marzo	Mercurio, Venus, Marte y Saturno son visibles al amanecer y Júpiter al atardecer.
Abril	Venus y Saturno son los luceros matutinos, Marte es visible muy brillante toda la noche hasta mediados de mes que pasará a verse al atardecer junto con Júpiter.
Mayo	Venus es el lucero matutino, Saturno es visible toda la noche y Mercurio, Marte y Júpiter son visibles al atardecer.
Junio	Venus sigue siendo visible al amanecer, Marte, Júpiter y Saturno al atardecer.
Julio	Mercurio y Venus son visibles al amanecer, Marte y Saturno al atardecer.
Agosto	Venus y Júpiter son visibles al amanecer, Marte y Saturno siguen siendo los luceros vespertinos.
Septiembre	Venus y Júpiter siguen siendo visibles al amanecer y Mercurio, Marte y Saturno al atardecer.
Octubre	Júpiter es el lucero matutino y Marte y Saturno los vespertinos.
Noviembre	Mercurio y Júpiter son visibles al amanecer. Al atardecer es visible Marte.
Diciembre	Júpiter y Saturno son visibles al amanecer y Venus y Marte al atardecer.

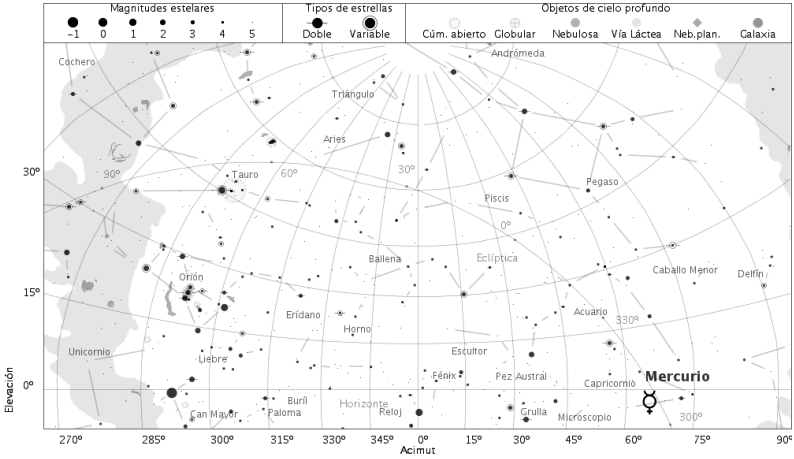
En las páginas siguientes se muestra el aspecto del cielo nocturno meridional en Madrid para el día 15 de cada mes, con indicación de la posición de los planetas visibles a la hora indicada. Esta corresponde a aproximadamente una hora antes de la salida del Sol o una hora después de la puesta del Sol,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

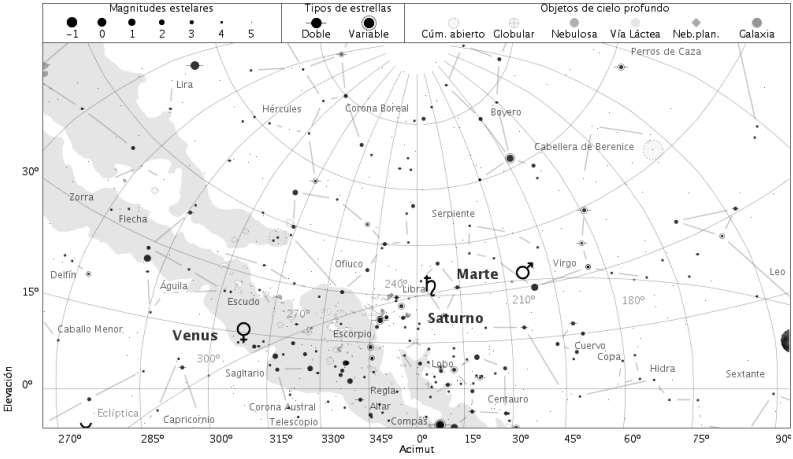
15 de enero de 2014, a las 6:45 TU



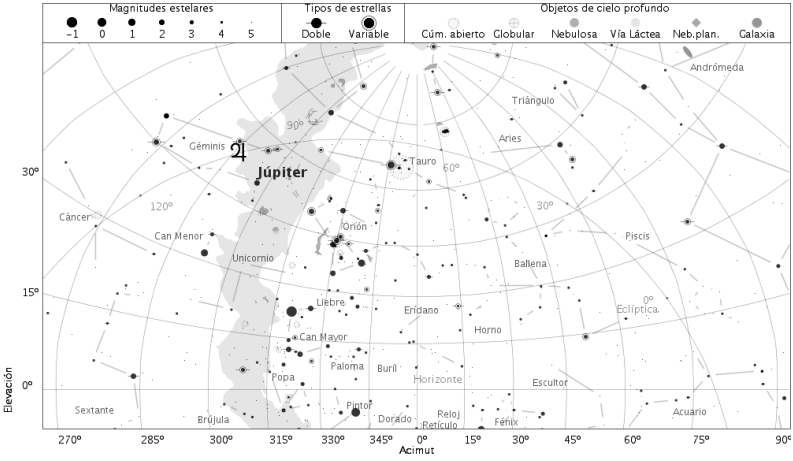
15 de enero de 2014, a las 18:15 TU



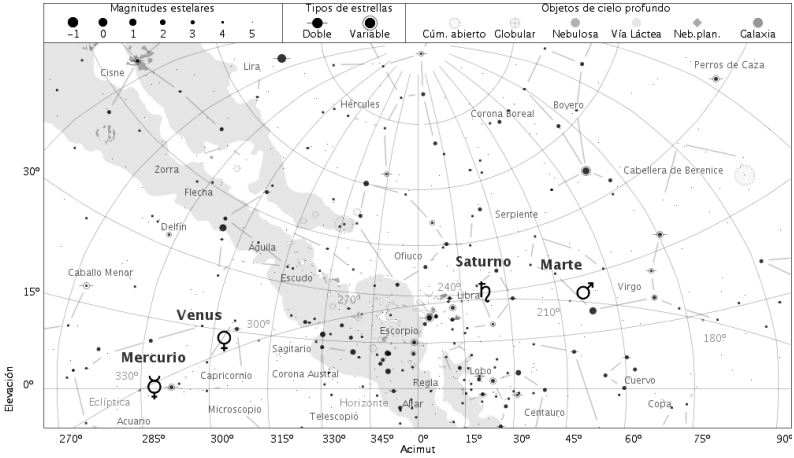
15 de febrero de 2014, a las 6:15 TU



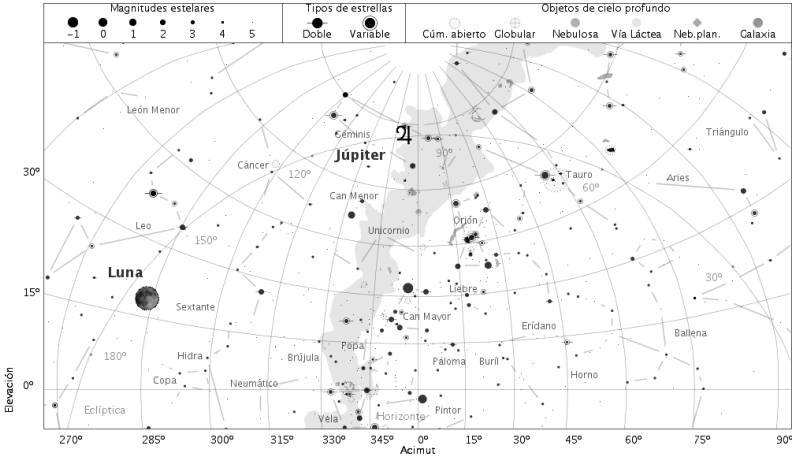
15 de febrero de 2014, a las 18:45 TU



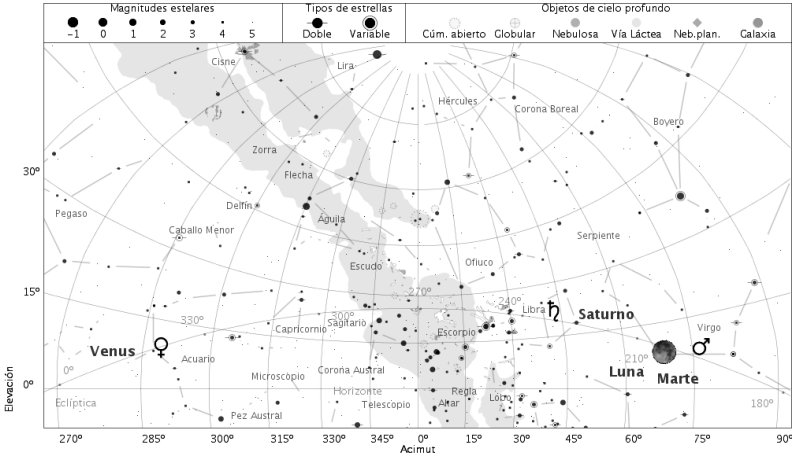
15 de marzo de 2014, a las 5:30 TU



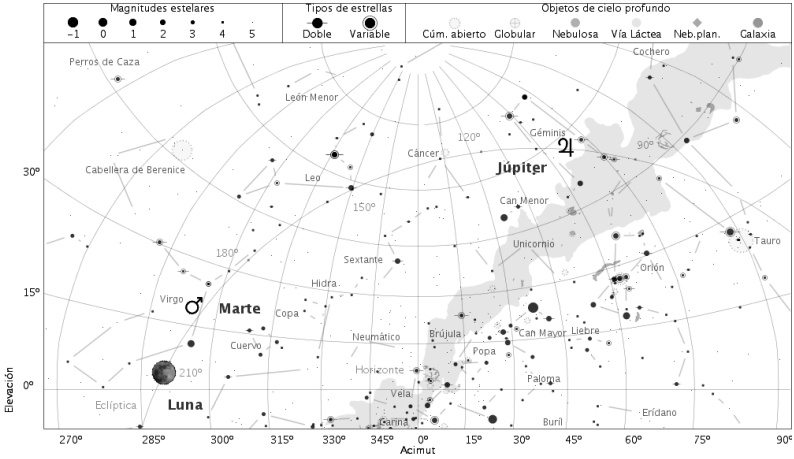
15 de marzo de 2014, a las 19:15 TU



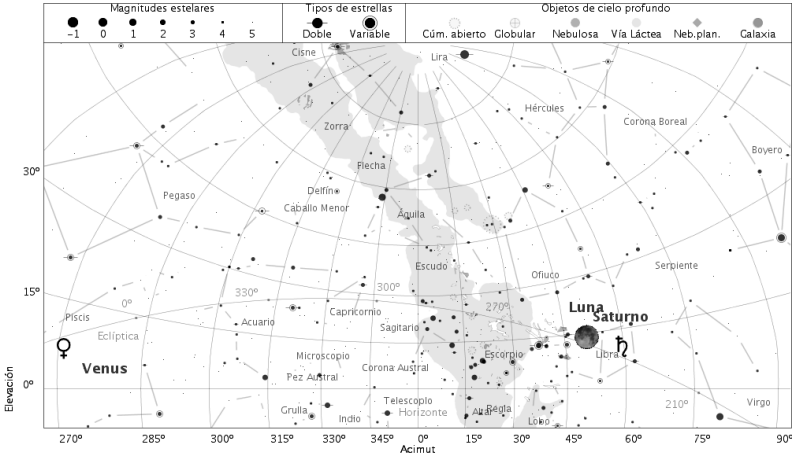
15 de abril de 2014, a las 4:45 TU



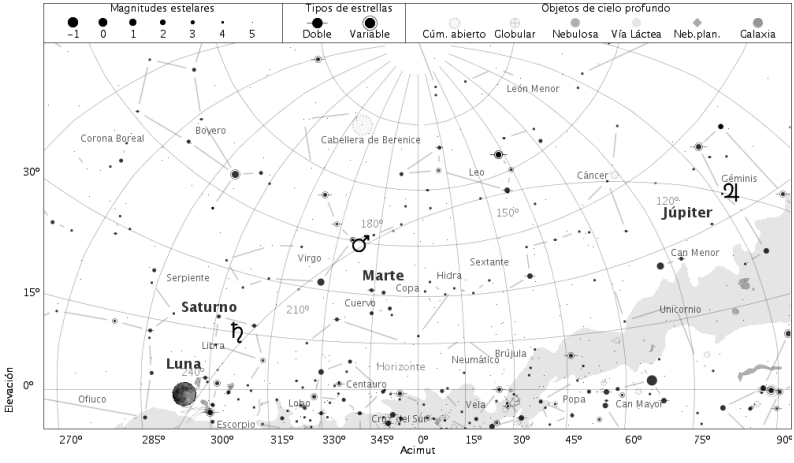
15 de abril de 2014, a las 19:45 TU



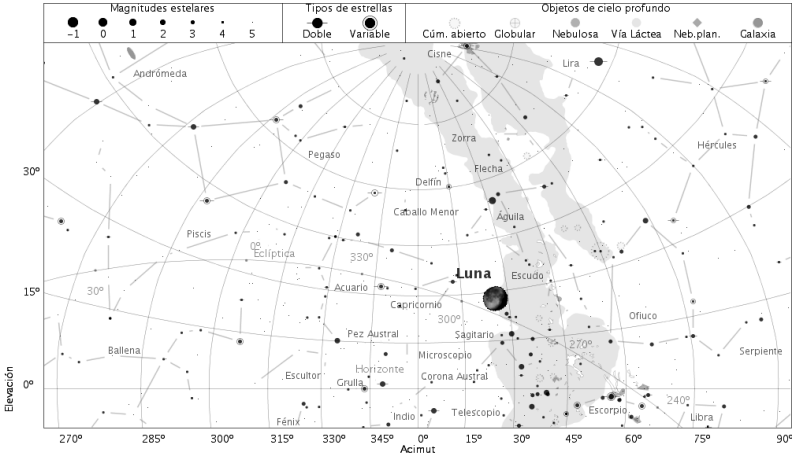
15 de mayo de 2014, a las 4:00 TU



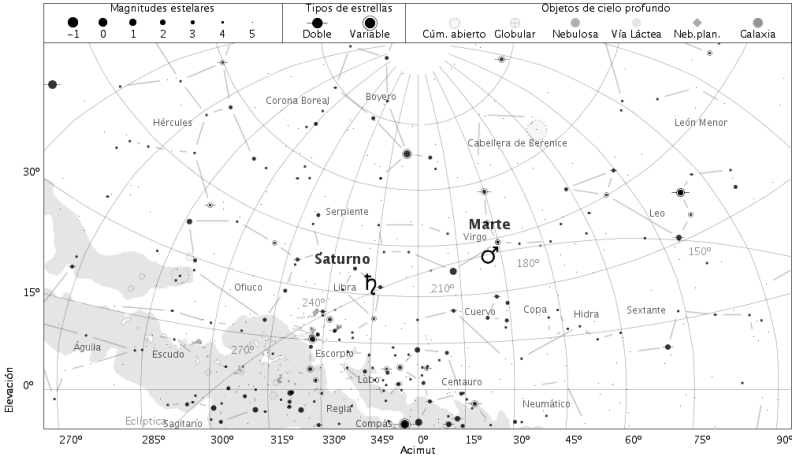
15 de mayo de 2014, a las 20:15 TU



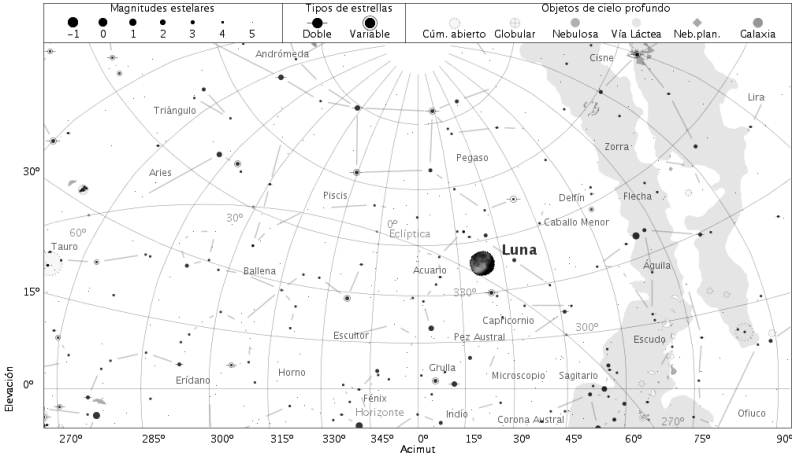
15 de junio de 2014, a las 3:45 TU



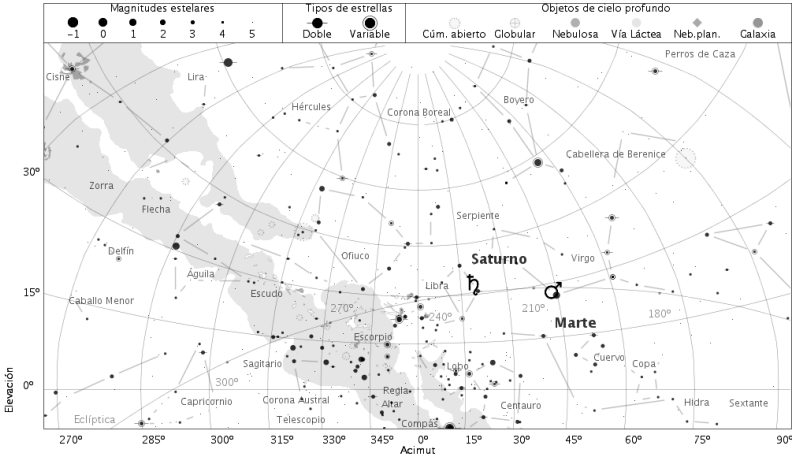
15 de junio de 2014, a las 20:45 TU



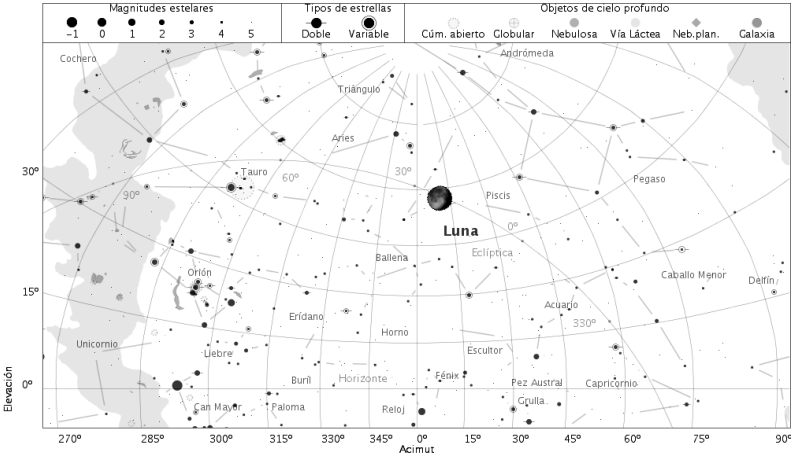
15 de julio de 2014, a las 4:00 TU



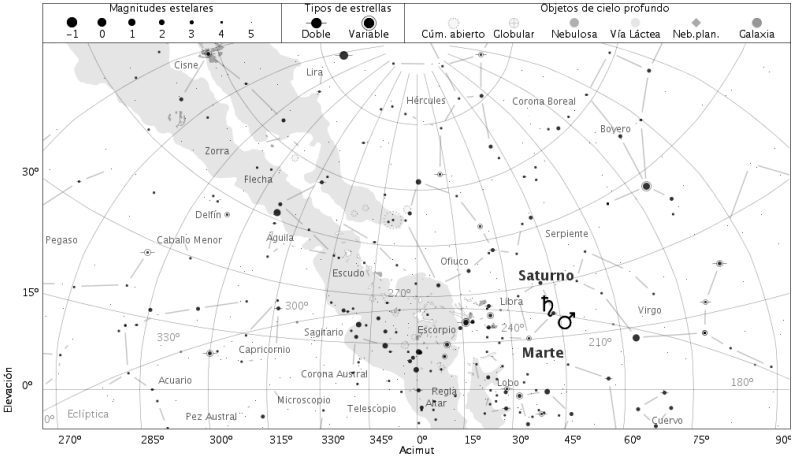
15 de julio de 2014, a las 20:45 TU



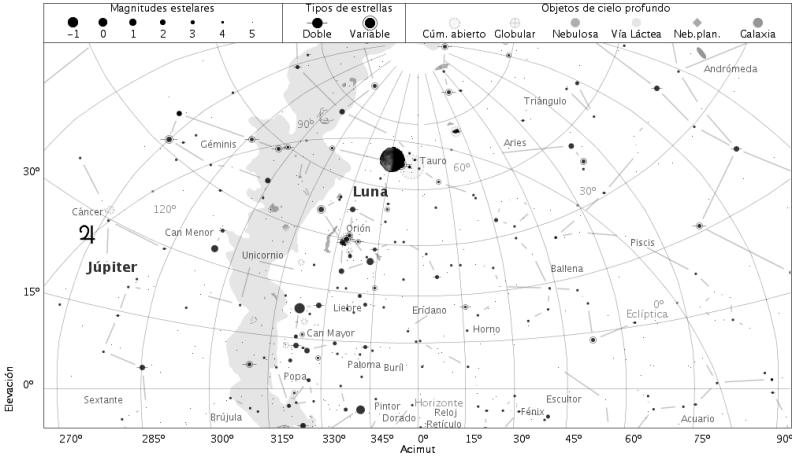
15 de agosto de 2014, a las 4:30 TU



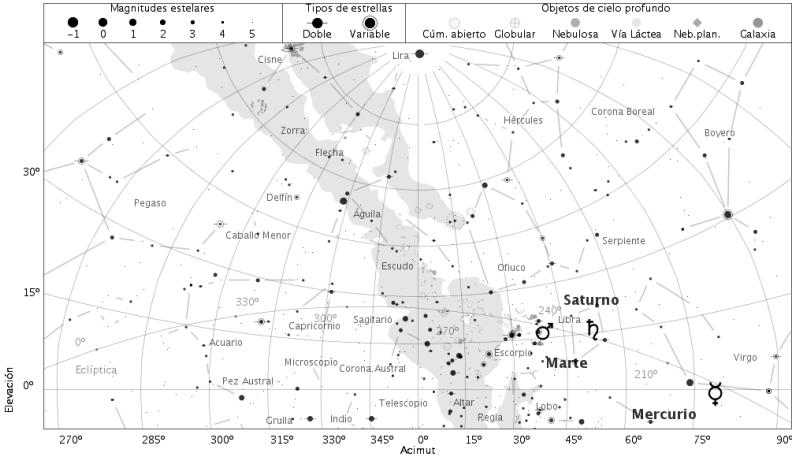
15 de agosto de 2014, a las 20:15 TU



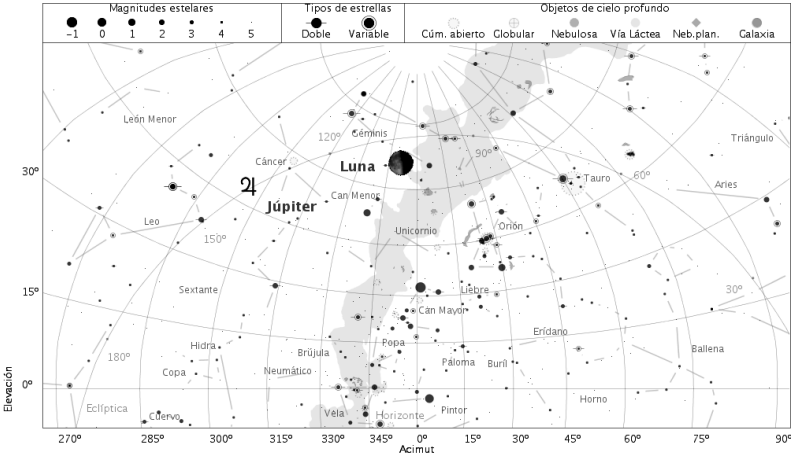
15 de setiembre de 2014, a las 5:00 TU



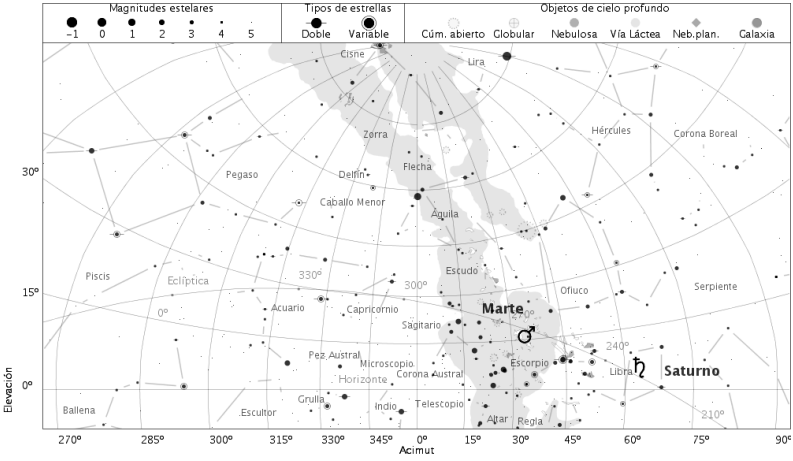
15 de setiembre de 2014, a las 19:15 TU



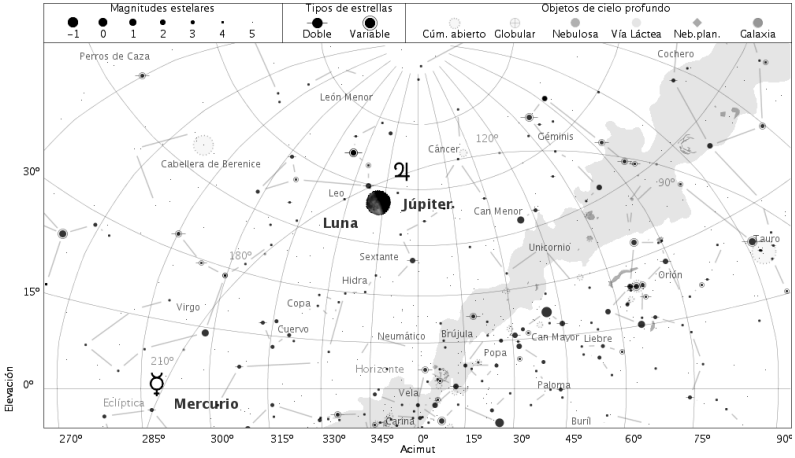
15 de octubre de 2014, a las 5:30 TU



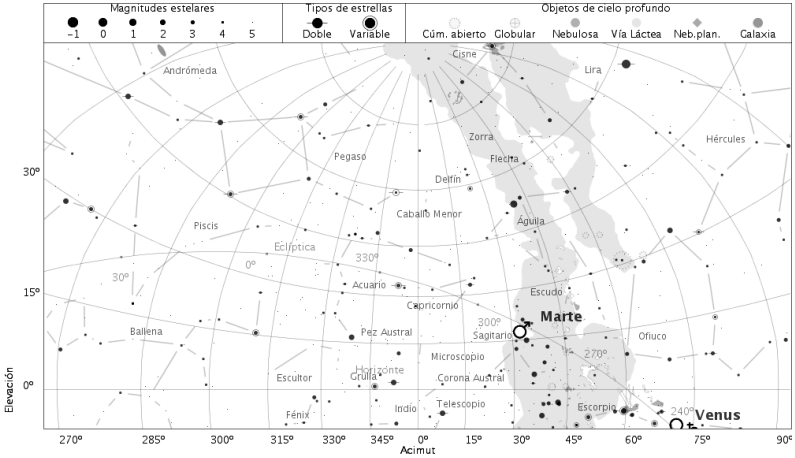
15 de octubre de 2014, a las 18:30 TU



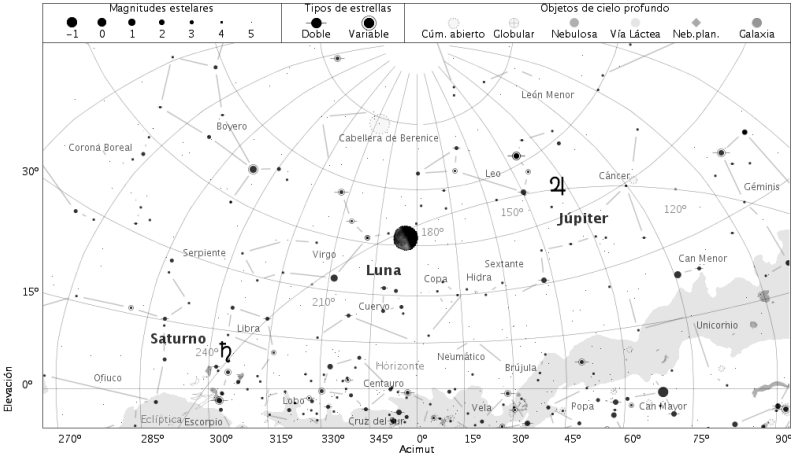
15 de noviembre de 2014, a las 6:00 TU



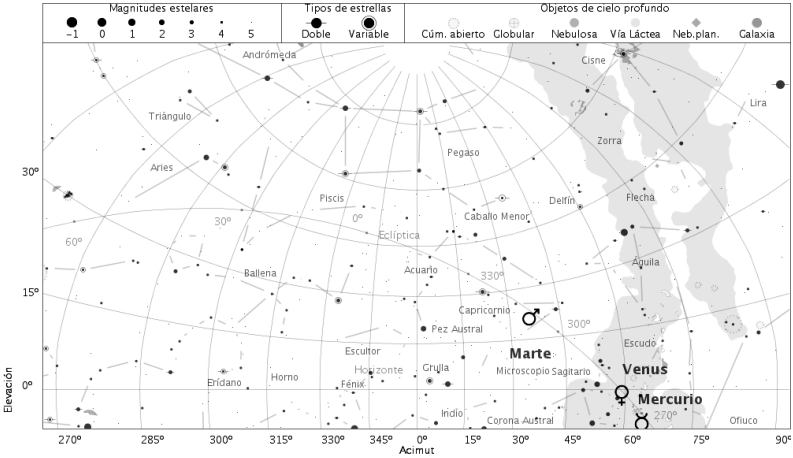
15 de noviembre de 2014, a las 18:00 TU



15 de diciembre de 2014, a las 6:30 TU



15 de diciembre de 2014, a las 17:45 TU



Ocultaciones relevantes por la Luna o el Sol en 2014

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 26*, Oct 22
Venus es ocultado por la Luna:	Feb 26, Jun 24, Oct 23
Marte es ocultado por la Luna:	Jul 6
Saturno es ocultado por la Luna:	Ene 25, Feb 21, Mar 21, Abr 17 May 14, Jun 10, Jul 8, Ago 4 Ago 31, Set 28, Oct 25*, Nov 22
Urano es ocultado por la Luna:	Jul 18, Ago 14, Set 11, Oct 8 Nov 4, Dic 1, Dic 29

La serie de ocultaciones de Saturno que se inició el 1 de diciembre de 2013 termina el 25 de octubre de 2014 y la de Urano que comienza el 18 de julio de 2014 terminará el 20 de diciembre de 2015.

Las ocultaciones de Mercurio el 26 de junio y de Saturno el 25 de octubre se producirán durante el día, en las siguientes tablas se dan las características del fenómeno que tiene lugar en el borde oscuro de la Luna.

Ocultación de **Mercurio** en Madrid

Fase	TU	A.P.	borde (⌋	altura	*A*	*B*
26 de junio:						
Emersión	$12^h48^m.8$	289°	oscuro	63°	$1,8^m/°$	$-1,4^m/°$

Ocultación de **Saturno** en Madrid

Fase	TU	A.P.	borde (⌋	altura	*A*	*B*
25 de octubre:						
Inmersión	$16^h25^m.2$	147°	oscuro	19°	$1,6^m/°$	$-2,7^m/°$

Ocultación de planetas por el Sol

A lo largo de este año ningún planeta será ocultado por el Sol. Las próximas ocultaciones de planetas por el Sol se producirán durante el año 2015, en concreto el 17 de noviembre se producirá una ocultación de Mercurio.

Ocultación de grandes asteroides por la Luna

Metis es ocultado por la Luna:	Feb 22, Mar 21, Abr 17, May 14 Jun 10*

Flora es ocultado por la Luna:	May 28, Jun 25
Vesta es ocultado por la Luna:	Set 28*
Iris es ocultado por la Luna:	Ene 5, Oct 19
Hebe es ocultado por la Luna:	Ene 2
Ceres es ocultado por la Luna:	Set 28

Las ocultaciones de Metis el 10 de junio y de Vesta el 28 de setiembre se producirán durante el día, en las siguientes tablas se dan las características del fenómeno que tiene lugar en el borde oscuro de la Luna.

Ocultación de **Metis** en Madrid

Fase	TU	A.P.	borde (∥	altura	*A*	*B*
10 de junio:						
Inmersión	$17^h52^m.3$	106°	oscuro	9°	$0{,}6^m/°$	$0{,}8^m/°$

Ocultación de **Vesta** en Madrid

Fase	TU	A.P.	borde (∥	altura	*A*	*B*
28 de setiembre:						
Inmersión	$15^h32^m.7$	50°	oscuro	33°	$2{,}9^m/°$	$1{,}7^m/°$

Ocultación de estrellas brillantes por la Luna

En 2014 no se producirán ocultaciones de Espiga (α Vir), Aldebarán (α Tau), Régulo (α Leo) y Antares (α Sco); sus próximas series comenzarán el 16 de junio de 2024, 29 de enero de 2015, 18 de diciembre de 2016 y 25 de agosto de 2023, respectivamente.

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

α^2 Lib, NZC 2118 ($V = 2,8$)	Feb 21*
β Cap, NZC 2969, ($V = 3,1$)	Mar 26*, Oct 30*
λ Gem, NZC 1106, ($V = 3,6$)	May 4*, Jul 25*, Set 18*, Dic 9*
ρ Sgr, NZC 2826, ($V = 3,9$)	Ene 29*, Mar 25*, Jun 15*, Ago 8* Dic 23*
δ^1 Tau, NZC 648 ($V = 3,8$)	May 1*, Jul 22*

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, salvo en la ocultación del 9 de diciembre en la que indicamos la inmersión que tiene lugar por el borde iluminado de la Luna puesto que la emersión se produce de día.

Características de la ocultación de otras estrellas brillantes

Fase	TU	A.P.	borde (	altura	A	B
Marzo 25: ρ Sgr, ($V = 3,9$)						
Emersión	$5^h18^m,5$	241°	oscuro	25°	$1,7^m$/°	$1,5^m$/°
Marzo 26: β Cap, ($V = 3,1$)						
Emersión	$5^h20^m,8$	316°	oscuro	21°	$1,2^m$/°	$-0,7^m$/°
Mayo 4: λ Gem, ($V = 3,6$)						
Inmersión	$20^h18^m,5$	79°	oscuro	37°	$1,3^m$/°	$-0,9^m$/°
Junio 15: ρ Sgr, ($V = 3,9$)						
Emersión	$1^h7^m,4$	271°	oscuro	30°	$1,9^m$/°	$0,4^m$/°
Julio 22: δ^1 Tau, ($V = 3,8$)						
Emersión	$5^h54^m,8$	253°	oscuro	48°	$1,3^m$/°	$1,6^m$/°
Agosto 8: ρ Sgr, ($V = 3,9$)						
Inmersión	$20^h40^m,6$	72°	oscuro	27°	$1,7^m$/°	$1,1^m$/°
Setiembre 18: λ Gem, ($V = 3,6$)						
Emersión	$4^h17^m,8$	269°	oscuro	39°	$1,2^m$/°	$1,2^m$/°
Octubre 30: β Cap, ($V = 3,1$)						
Inmersión	$22^h2^m,0$	65°	oscuro	11°	$0,5^m$/°	$-0,4^m$/°
Diciembre 9: λ Gem, ($V = 3,6$)						
Emersión	$6^h18^m,1$	104°	iluminado	34°	$0,7^m$/°	$-1,6^m$/°

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 2014

Nombre del cometa	mes	día	distancia a		elongación
			Sol (ua)	Tierra(ua)	(°)
87P/Bus	Ene	7	2,17	2,53	58
32P/Comas Sola	Ene	20	1,83	0,94	145
129P/Shoemaker-Levy 3	Feb	6	3,91	2,93	174
169P/NEAT	Feb	12	0,61	1,32	26
292P/Li	Feb	18	2,52	2,81	63
290P/Jager	Feb	26	2,13	1,41	124
52P/Harrington-Abell	Feb	26	1,76	1,21	106
117P/Helin-Roman-Alu 1	Mar	27	3,06	3,29	68
17P/Holmes	Mar	27	2,06	3,02	12
119P/Parker-Hartley	Abr	2	3,03	3,72	40
124P/Mrkos	Abr	9	1,64	0,74	142
156P/Russell-LINEAR	Abr	16	1,58	2,58	6
209P/LINEAR	Abr	28	0,91	0,19	55
191P/McNaught	May	2	2,05	3,00	16
134P/Kowal-Vavrova	May	21	2,57	1,65	148
132P/Helin-Roman-Alu 2	May	29	1,92	2,85	19
4P/Faye	May	29	1,66	2,61	15
16P/Brooks 2	Jun	4	1,47	2,21	33
181P/Shoemaker-Levy 6	Jun	6	1,13	1,82	34
222P/LINEAR	Jul	1	0,78	1,08	43
75D/Kohoutek	Jul	2	1,78	2,78	10
106P/Schuster	Jul	23	1,56	2,09	46
193P/LINEAR-NEAT	Jul	27	2,04	1,40	115
206P/Barnard-Boattini	Ago	17	1,14	1,09	65
289P/Blanpain	Ago	28	0,96	1,55	37
284P/McNaught	Ago	31	2,29	1,30	162
210P/Christensen	Set	6	0,55	1,20	27
170P/Christensen	Set	15	2,93	1,99	154
11P/Tempel-Swift-LINEAR	Set	29	1,58	1,02	103
72D/Denning-Fujikawa	Oct	9	0,78	0,23	13
108P/Ciffreo	Oct	21	1,72	0,91	129
70P/Kojima	Oct	25	2,01	2,23	64
269P/Jedicke	Nov	5	4,05	3,83	96
80P/Peters-Hartley	Nov	8	1,62	2,58	11
40P/Vaisala 1	Nov	18	1,80	2,50	36
135P/Shoemaker-Levy 8	Dic	7	2,72	3,66	14
110P/Hartley 3	Dic	17	2,48	1,52	163
287P/Christensen	Dic	17	3,04	3,61	48
15P/Finlay	Dic	22	0,97	1,37	45

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 de un cometa.

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.

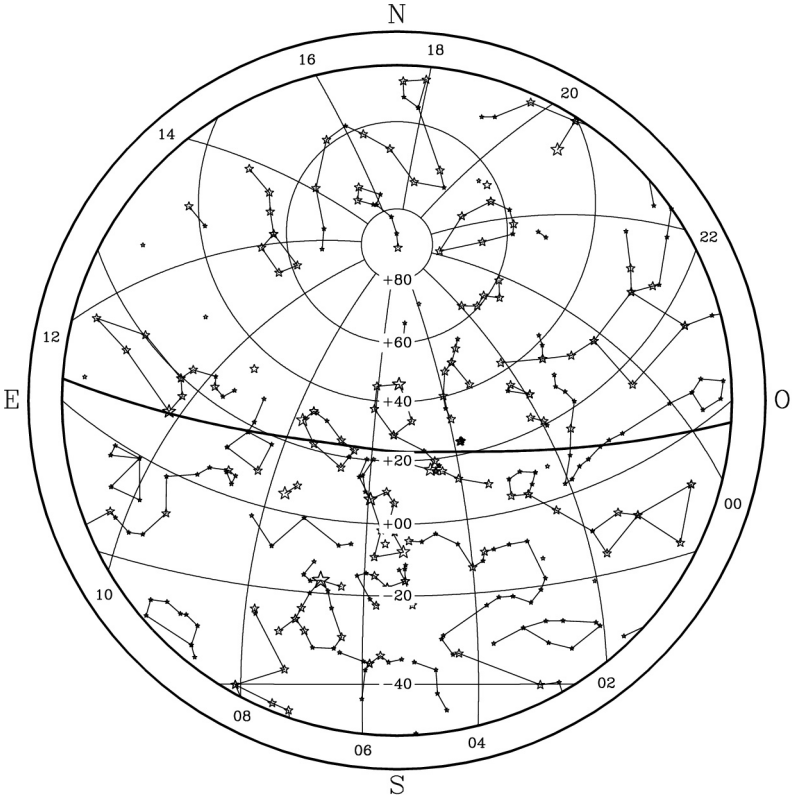
Se incluye para cada mes un mapa celeste que representa el aspecto del cielo, proyectado sobre un plano, tal como lo vería tras anochecer a mediados de mes un observador situado en la península. En tales mapas se han representado las estrellas más significativas de las constelaciones, así como trazos 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 2014

1 Luna nueva y en perigeo
2 Hebe 1°,2 al S de la Luna (Ocultación)
2 La Luna 2° al N de Venus
3 Marte en afelio y máximo de las Cuadrántidas
4 Tierra en el perihelio
5 Hebe 0°,2 al S de Venus
5 Iris 0°,8 al N de la Luna (Ocultación)
5 Jupiter en oposición
5 La Luna 5° al N de Neptuno
7 La Luna 3° al N de Urano
8 Cuarto creciente
8 Fortuna en oposición
8 Juno 0°,5 al N de Neptuno
8 Palas estacionario en ascensión recta
11 Máximo acercamiento de Venus a la Tierra
11 Parthenope en oposición
11 Venus en conjunción inferior con el Sol
15 La Luna 5° al S de Júpiter
16 Luna llena y en apogeo
20 El Sol entra en Acuario
22 Astraea 1°,3 al N de Mercurio
23 Hebe en conjunción con el Sol
23 La Luna 4° al S de Marte
24 Cuarto menguante
24 Metis 1°,2 al N de Saturno
24 Venus en perihelio
25 La Luna 0°,4 al S de Saturno (Ocultación)
25 La Luna 0°,8 al N de Zuben el Genubi (Ocultación)
25 Metis 2° al N de la Luna
28 Marte 5° al N de Espiga
28 Melpomene en oposición
29 La Luna 2° al S de Venus
30 Luna nueva y en perigeo
31 Máxima elongación Este de Mercurio (18°,4)
31 Venus estacionario en ascensión recta

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	20	32,3	−20	56	−0,9
Venus	19	19,2	−16	17	−4,0
Marte	13	7,9	− 4	42	0,6
Júpiter	7	1,9	22	50	−2,5
Saturno	15	18,8	−16	1	0,6



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

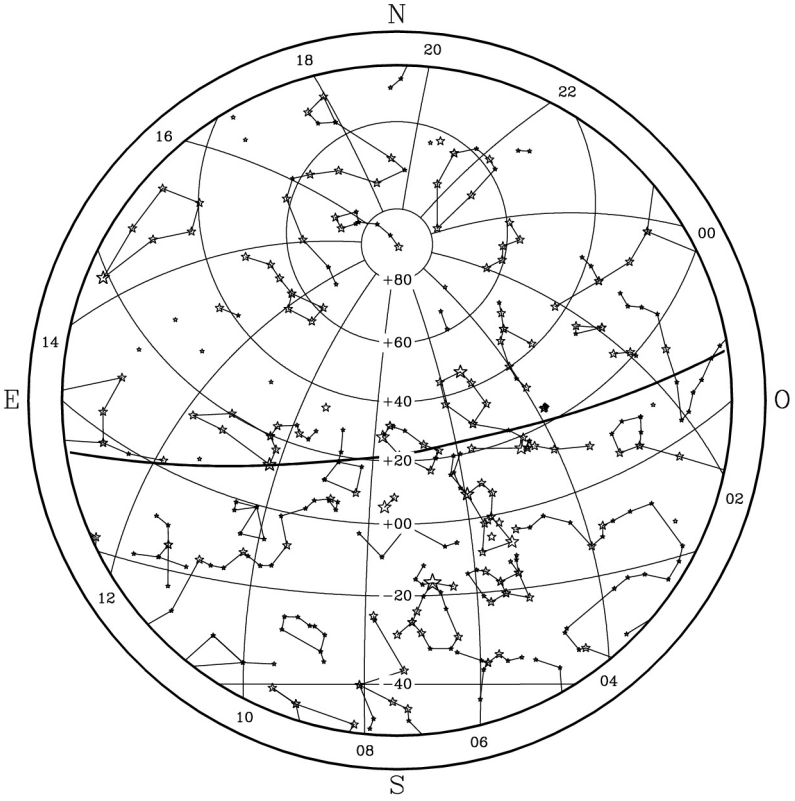
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Febrero 2014

1 La Luna 4° al N de Mercurio
1 La Luna 5° al N de Neptuno
3 Mercurio en perihelio
4 La Luna 3° al N de Urano
6 Cuarto creciente
6 Mercurio estacionario en ascensión recta
11 La Luna 5° al S de Júpiter
12 Brillo máximo de Venus
12 Luna en apogeo
14 Luna llena
15 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
16 Astraea en conjunción con el Sol
18 El Sol entra en Piscis
19 La Luna 3° al S de Marte
19 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
21 La Luna 0°,3 al S de Saturno (Ocultación)
21 La Luna 1°,1 al N de Zuben el Genubi (Ocultación)
22 Cuarto menguante
22 Hebe 2° al S de Mercurio
22 Metis 0°,7 al N de la Luna (Ocultación)
22 Palas en oposición
23 Neptuno en conjunción con el Sol
26 La Luna 0°,4 al N de Venus (Ocultación)
27 La Luna 3° al N de Mercurio
27 Luna en perigeo
27 Mercurio estacionario en ascensión recta

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)	Declin. (° ′)	Magnitud
Mercurio	21 55,7	− 8 43	4,8
Venus	19 11,3	−16 26	−4,5
Marte	13 41,5	− 7 38	−0,1
Júpiter	6 48,2	23 11	−2,4
Saturno	15 25,3	−16 19	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

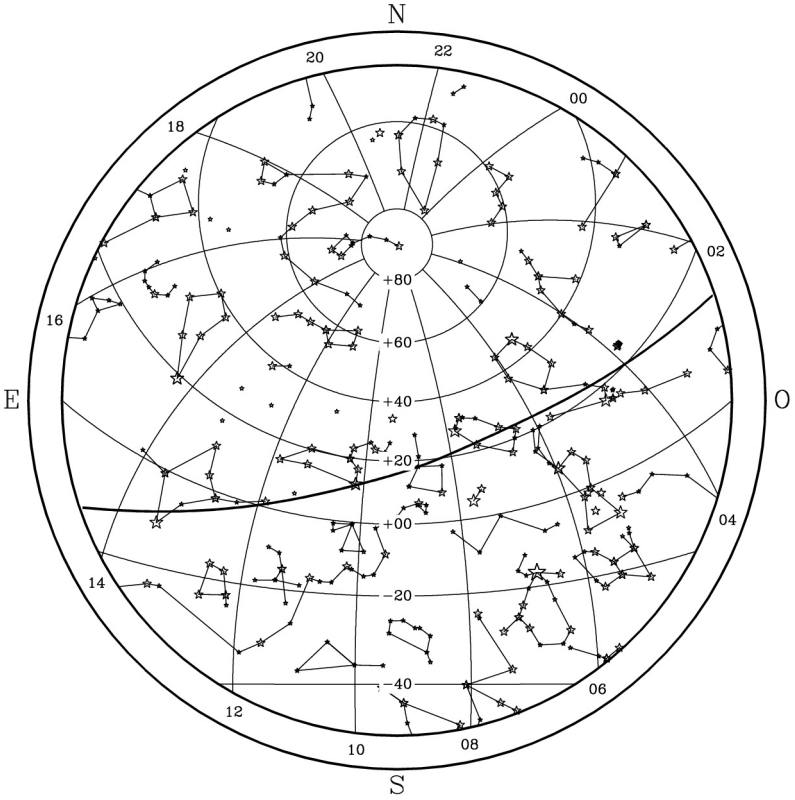
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Marzo 2014

1 Ceres estacionario en ascensión recta
1 Luna nueva
1 Marte estacionario en ascensión recta
3 La Luna 2° al N de Urano
3 Saturno estacionario en ascensión recta
4 Iris 2° al N de la Luna
5 Vesta estacionario en ascensión recta
6 Júpiter estacionario en ascensión recta
8 Cuarto creciente
10 La Luna 5° al S de Júpiter
11 Luna en apogeo
14 Máxima elongación Oeste de Mercurio (27°,6)
16 Luna llena
18 Máximo de las Virgínidas
19 La Luna 3° al S de Marte
19 Mercurio en afelio
20 El Sol entra en Aries
20 Hebe 1°,3 al N de Mercurio
20 Inicio de la Primavera en el hemisferio boreal
20 Máximo de las Líridas
21 La Luna 0°,2 al S de Saturno (Ocultación)
21 Metis 0°,3 al N de la Luna (Ocultación)
22 Máxima elongación Oeste de Venus (46°,6)
22 Mercurio 1°,2 al S de Neptuno
24 Cuarto menguante
24 Palas estacionario en ascensión recta
25 Hebe 0°,1 al S de Neptuno
26 Astraea 1°,4 al N de Mercurio
27 La Luna 4° al N de Venus
27 Luna en perigeo
28 La Luna 5° al N de Neptuno
29 La Luna 6° al N de Mercurio
30 Luna nueva
31 Marte 5° al N de Espiga

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	21	57,4	−13	27	0,3
Venus	20	38,9	−15	34	−4,3
Marte	13	42,2	− 7	32	−0,9
Júpiter	6	46,0	23	16	−2,2
Saturno	15	25,7	−16	15	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

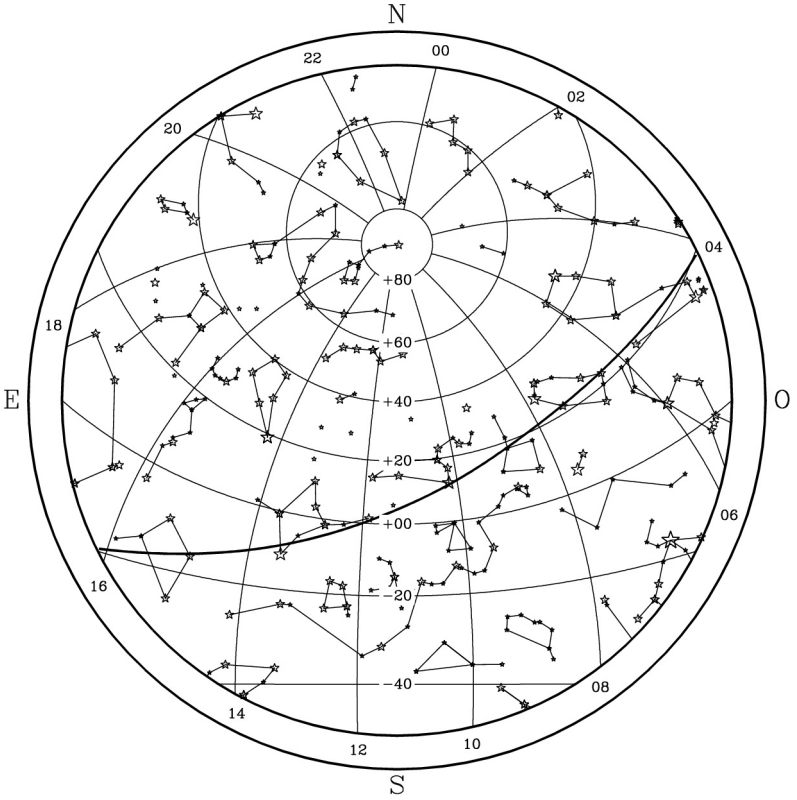
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Abril 2014

1 Iris 3° al N de la Luna
2 Urano en conjunción con el Sol
6 La Luna 5° al S de Júpiter
7 Cuarto creciente
8 Luna en apogeo
8 Marte en oposición
9 Brillo máximo de Marte
10 Palas 2° al S de la Luna
11 Juno en conjunción con el Sol
12 Venus 0°,7 al N de Neptuno
13 Vesta en oposición
14 Máximo acercamiento de Marte a la Tierra
14 La Luna 3° al S de Marte
15 Ceres en oposición
15 Eclipse total de Luna
15 Luna llena
15 Plutón estacionario en ascensión recta
17 La Luna 0°,3 al S de Saturno (Ocultación)
17 Metis 0°,1 al N de la Luna (Ocultación)
20 El Sol entra en Tauro
22 Cuarto menguante
23 Luna en perigeo
24 La Luna 5° al N de Neptuno
25 La Luna 4° al N de Venus
26 Astraea 0°,3 al S de Venus
26 Brillo máximo de Mercurio
26 Mercurio en conjunción superior con el Sol
27 La Luna 2° al N de Urano
29 Eclipse anular de Sol
29 Hebe 2° al S de Venus
29 Luna nueva

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (^{h} ^{m})		Declin. ($^\circ$ $'$)		Magnitud
Mercurio	0	51,7	3	29	−0,9
Venus	22	46,0	− 8	6	−4,1
Marte	13	4,7	− 4	26	−1,4
Júpiter	6	55,9	23	6	−2,0
Saturno	15	20,4	−15	50	0,2



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

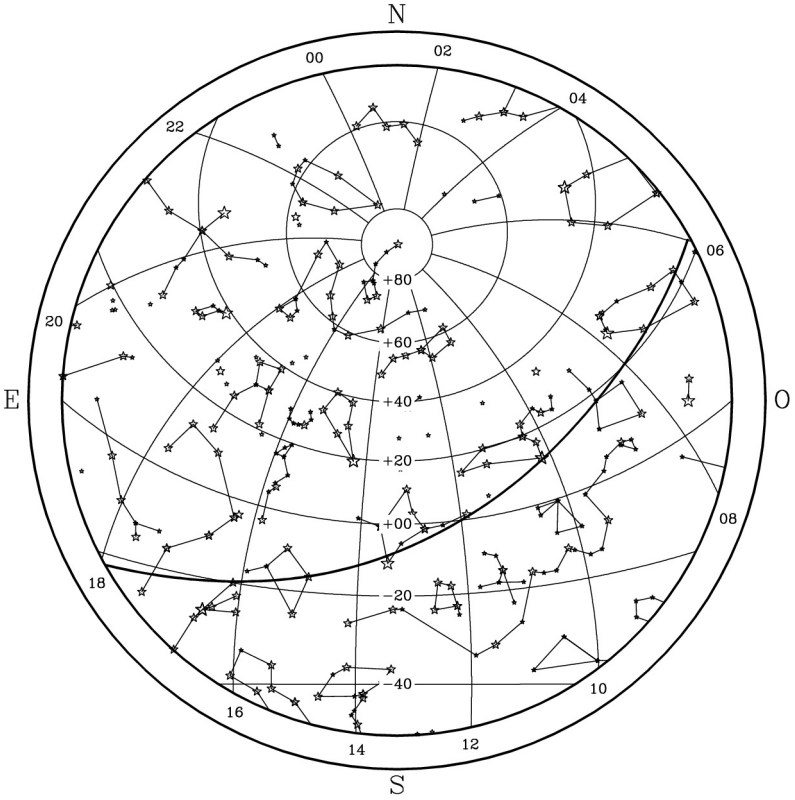
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Mayo 2014

2 Mercurio en perihelio
4 La Luna 6° al S de Júpiter
5 Máximo de las η Acuáridas
6 Flora en conjunción con el Sol
6 Luna en apogeo
7 Cuarto creciente
7 Mercurio 3° al S de Alcíone
8 Hygiea 0°,3 al N de Mercurio
9 Iris 1°,2 al S de Mercurio
10 Saturno en oposición
11 La Luna 3° al S de Marte
13 Mercurio 8° al N de Aldebarán
14 La Luna 0°,5 al S de Saturno (Ocultación)
14 Luna llena
14 Metis 0°,1 al S de la Luna (Ocultación)
15 Metis en oposición
15 Venus 1°,3 al S de Urano
16 Venus en afelio
18 Luna en perigeo
21 Cuarto menguante
21 El Sol entra en Géminis
21 Marte estacionario en ascensión recta
21 Mercurio 3° al S de Elnath
22 La Luna 5° al N de Neptuno
24 La Luna 2° al N de Urano
25 La Luna 2° al N de Venus
25 Máxima elongación Este de Mercurio (22°,7)
28 Luna nueva
29 Hygiea en conjunción con el Sol
30 La Luna 6° al S de Mercurio
31 Eunomia en oposición

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	4	46,2	24	39	−0,4
Venus	0	53,1	3	43	−3,9
Marte	12	35,3	− 2	44	−0,9
Júpiter	7	14,9	22	38	−1,8
Saturno	15	11,8	−15	16	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

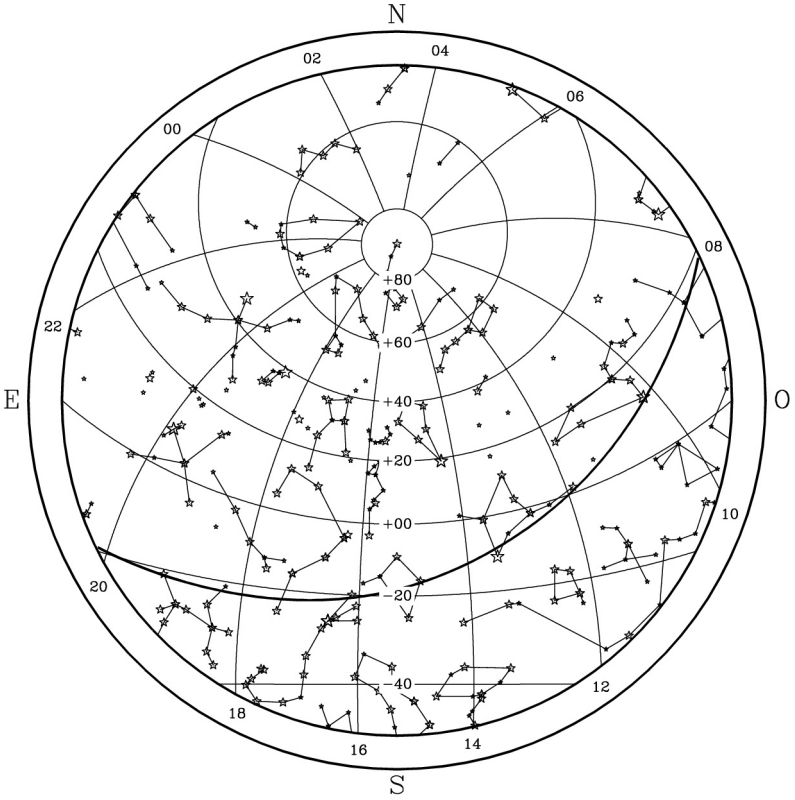
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Junio 2014

1 La Luna 6° al S de Júpiter
1 Vesta estacionario en ascensión recta
2 Egeria en oposición
3 Luna en apogeo
5 Cuarto creciente
7 Mercurio y Ceres estacionarios en ascensión recta
8 La Luna 2° al S de Marte
8 Máximo de las Arietidas (diurnas)
10 La Luna 0°,6 al S de Saturno (Ocultación)
10 Metis 0°,7 al S de la Luna (Ocultación)
10 Neptuno estacionario en ascensión recta
13 Luna llena
13 Máximo de las ζ Perséidas (diurnas)
14 Metis 1°,3 al S de Saturno
15 Luna en perigeo y Mercurio en afelio
16 Iris en conjunción con el Sol
18 La Luna 5° al N de Neptuno
18 Máximo de las Escorpiónidas-Sagitáridas
19 Cuarto menguante
19 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
19 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
21 El Sol entra en Cáncer, inicio del Verano en el hemisferio boreal
21 Júpiter 6° al S de Pólux
21 La Luna 2° al N de Urano
22 Venus 6° al S de Alcíone
24 Amphitrite en oposición
24 La Luna 1°,4 al S de Venus
25 Flora 1°,2 al N de la Luna
26 La Luna 0°,2 al N de Mercurio (Ocultación)
27 Luna nueva
29 Eros en oposición
29 La Luna 6° al S de Júpiter
30 Laetitia en oposición
30 Luna en apogeo
30 Máximo de las β Táuridas (diurnas)

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	6	5,3	20	49	4,4
Venus	3	11,9	15	55	−3,8
Marte	12	47,4	− 5	11	−0,2
Júpiter	7	40,4	21	47	−1,7
Saturno	15	3,5	−14	46	0,3



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

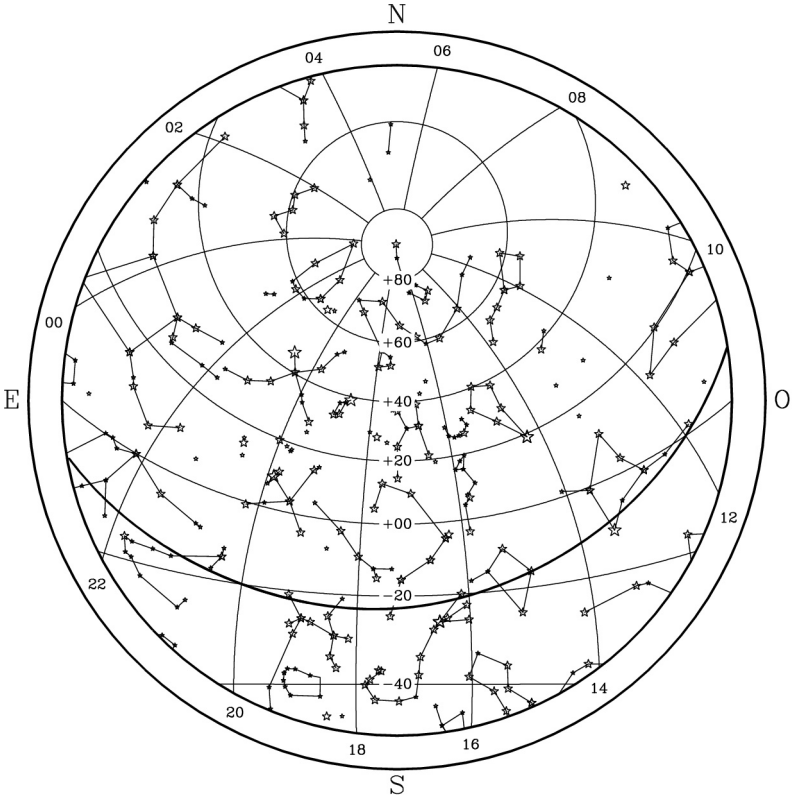
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Julio 2014

1 Mercurio estacionario en ascensión recta
2 Venus 4° al N de Aldebarán
4 Tierra en el afelio
5 Cuarto creciente
6 La Luna 0°,2 al N de Marte (Ocultación)
8 La Luna 0°,4 al S de Saturno (Ocultación)
8 Metis 2° al S de la Luna
11 Hygiea 3° al N de Venus
12 Luna llena
12 Marte 1°,4 al N de Espiga
12 Máxima elongación Oeste de Mercurio (20°,9)
12 Venus 6° al S de Elnath
13 Luna en perigeo
15 La Luna 5° al N de Neptuno
17 Metis 2° al S de Saturno
18 Flora 2° al S de Venus
18 La Luna 1°,3 al N de Urano
19 Cuarto menguante
21 Saturno estacionario en ascensión recta
22 El Sol entra en Leo
22 Euterpe en oposición
22 Urano estacionario en ascensión recta
24 Flora 3° al N de la Luna
24 Jupiter en conjunción con el Sol
24 La Luna 4° al S de Venus
25 Iris 2° al S de Mercurio
25 La Luna 5° al S de Mercurio
26 Luna nueva
28 Luna en apogeo
29 Mercurio 6° al S de Pólux
29 Mercurio en perihelio
30 Máximo de las δ Acuáridas

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	6	8,0	21	8	0,2
Venus	5	41,3	22	31	−3,8
Marte	13	29,5	−10	11	0,2
Júpiter	8	7,7	20	35	−1,7
Saturno	14	59,5	−14	37	0,4



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

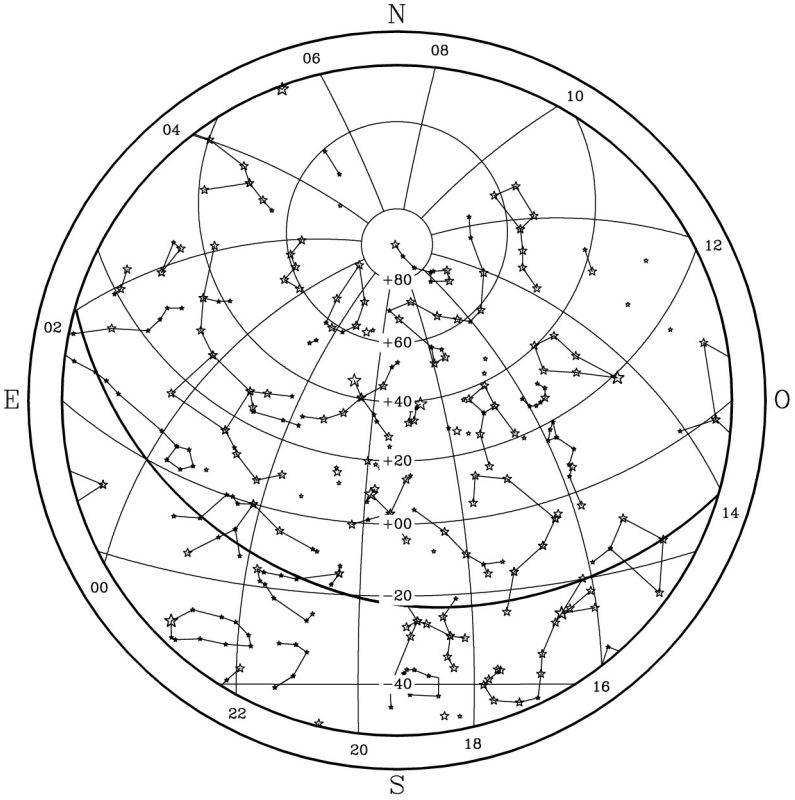
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Agosto 2014

3 La Luna 2° al N de Marte
4 Cuarto creciente
4 La Luna 0°,0 al N de Saturno (Ocultación)
4 Metis 3° al S de la Luna
6 Masalia en conjunción con el Sol
7 Brillo máximo de Mercurio
7 Psyche en oposición
7 Venus 7° al S de Pólux
8 Irene en oposición
8 Iris 2° al S de Venus
8 Mercurio en conjunción superior con el Sol
10 Luna en perigeo
10 Luna llena
12 La Luna 5° al N de Neptuno
12 Máximo de las Perséidas
14 La Luna 1°,1 al N de Urano (Ocultación)
17 Cuarto menguante
18 Venus 0°,2 al N de Júpiter
22 Marte 2° al S de Zuben el Genubi
23 El Sol entra en Virgo
23 La Luna 6° al S de Júpiter
24 La Luna 6° al S de Venus
24 Luna en apogeo
25 Luna nueva
27 La Luna 3° al S de Mercurio
27 Marte 4° al S de Saturno
29 Neptuno en oposición
31 Ceres 2° al N de la Luna
31 La Luna 0°,4 al N de Saturno (Ocultación)
31 La Luna 4° al N de Marte
31 Vesta 2° al N de la Luna

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	10	5,6	13	31	−1,2
Venus	8	22,9	19	55	−3,8
Marte	14	33,2	−16	18	0,5
Júpiter	8	36,2	19	3	−1,6
Saturno	15	1,3	−14	53	0,6



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

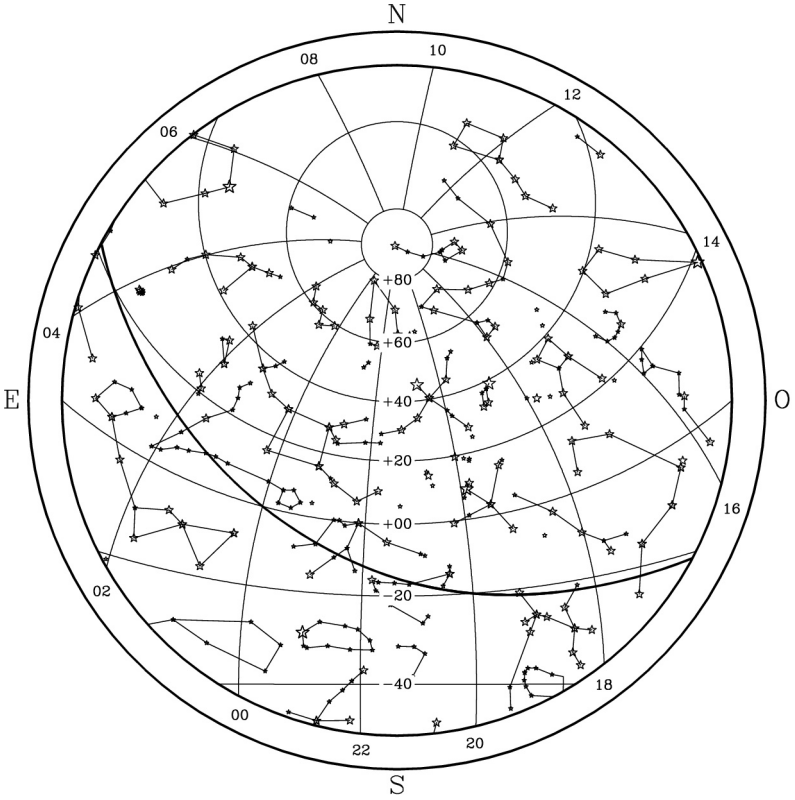
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Setiembre 2014

1 Harmonia en oposición
2 Cuarto creciente
3 Parthenope en conjunción con el Sol
5 Venus 0°,8 al N de Régulo
5 Venus en perihelio
8 La Luna 5° al N de Neptuno
8 Luna en perigeo
8 Victoria en oposición
9 Luna llena
11 Fortuna en conjunción con el Sol
11 La Luna 1°,1 al N de Urano (Ocultación)
11 Mercurio en afelio
12 Vesta 1°,2 al N de Saturno
13 Metis 0°,4 al N de Marte
16 Cuarto menguante
19 Marte 3° al S de Graffias
20 Iris 2° al N de la Luna
20 La Luna 6° al S de Júpiter
20 Luna en apogeo
21 Máxima elongación Este de Mercurio (26°,6)
21 Mercurio 0°,6 al S de Espiga
22 Melpomene en conjunción con el Sol
22 Plutón estacionario en ascensión recta
23 El Sol entra en Libra
23 Inicio del Otoño en el hemisferio boreal
24 Luna nueva
26 La Luna 4° al N de Mercurio
27 Marte 3° al N de Antares
28 Ceres 0°,0 al N de la Luna (Ocultación)
28 La Luna 0°,8 al N de Saturno (Ocultación)
28 Vesta 0°,7 al S de la Luna (Ocultación)
29 Astraea en oposición
29 La Luna 6° al N de Marte

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	13	1,7	− 8	35	0,1
Venus	10	53,8	8	30	−3,8
Marte	15	53,0	−21	42	0,7
Júpiter	9	2,4	17	23	−1,7
Saturno	15	8,8	−15	31	0,6



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

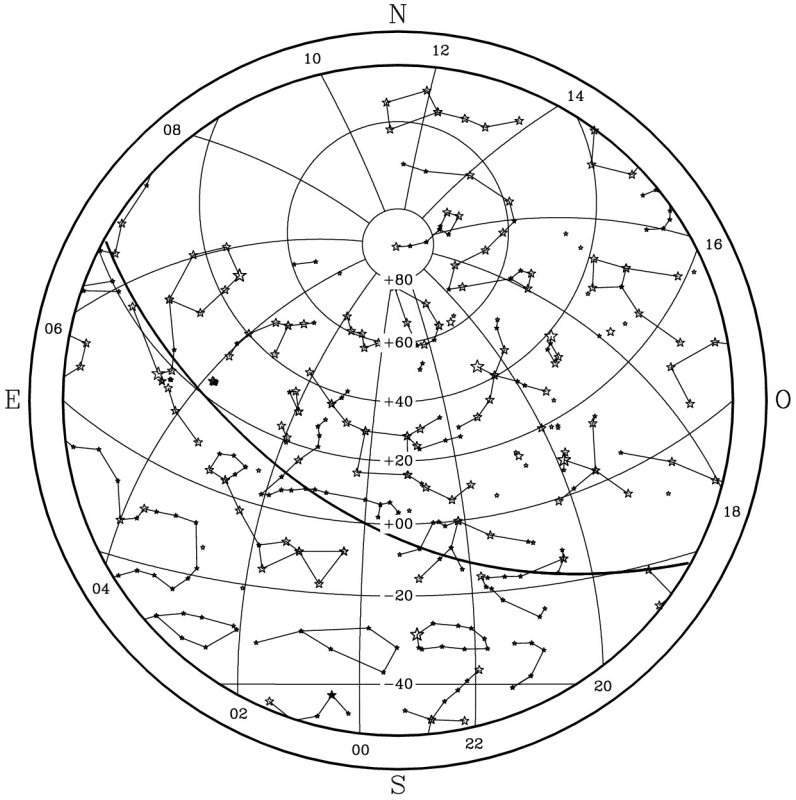
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Octubre 2014

1 Cuarto creciente
4 Ceres 0°,4 al N de Saturno
4 Mercurio estacionario en ascensión recta
5 La Luna 5° al N de Neptuno
6 Luna en perigeo
7 Urano en oposición
8 Eclipse total de Luna
8 La Luna 1°,1 al N de Urano (Ocultación)
8 Luna llena
9 Máximo de las Dracónidas
15 Cuarto menguante
16 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
16 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
18 La Luna 5° al S de Júpiter
18 Luna en apogeo
19 Iris 0°,4 al N de la Luna (Ocultación)
21 Máximo de las Oriónidas
22 La Luna 0°,7 al S de Mercurio (Ocultación)
23 Eclipse parcial de Sol
23 El Sol entra en Escorpio
23 La Luna 0°,0 al S de Venus (Ocultación)
23 Luna nueva
25 La Luna 1°,1 al N de Saturno (Ocultación)
25 Mercurio en perihelio
25 Mercurio estacionario en ascensión recta
25 Venus en conjunción superior con el Sol
26 Ceres 2° al S de la Luna
26 Palas en conjunción con el Sol
26 Vesta 3° al S de la Luna
27 Flora 0°,5 al S de Júpiter
28 La Luna 7° al N de Marte
31 Cuarto creciente

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)	Declin. (° ′)	Magnitud
Mercurio	13 32,1	−11 51	4,6
Venus	13 11,7	− 6 14	−3,8
Marte	17 23,2	−24 41	0,9
Júpiter	9 23,2	15 55	−1,8
Saturno	15 20,3	−16 21	0,6



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

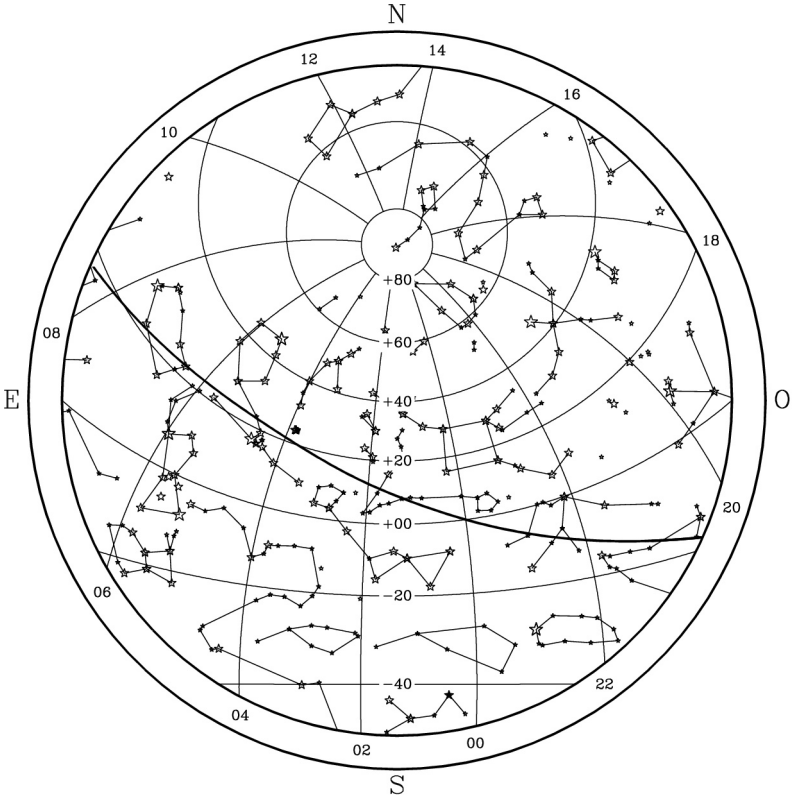
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Noviembre 2014

1 Máxima elongación Oeste de Mercurio (17°,8)
2 La Luna 5° al N de Neptuno
3 Luna en perigeo
3 Mercurio 5° al N de Espiga
4 La Luna 1°,2 al N de Urano (Ocultación)
4 Máximo de las Táuridas
6 Luna llena
10 Marte 4° al S de Plutón
12 Marte 2° al N de Nunki
14 Cuarto menguante
14 La Luna 5° al S de Júpiter
14 Máximo de las Andromédidas
15 Hebe en oposición
15 Luna en apogeo
16 Iris 1°,4 al S de la Luna
16 Neptuno estacionario en ascensión recta
17 Máximo de las Leónidas
18 Mercurio 0°,8 al N de Zuben el Genubi
18 Saturno en conjunción con el Sol
22 El Sol entra en Sagitario
22 Luna nueva
26 La Luna 7° al N de Marte
27 Luna en perigeo
29 Cuarto creciente
29 La Luna 5° al N de Neptuno

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	14	29,4	−13	8	−0,8
Venus	15	42,2	−19	22	−3,8
Marte	19	4,3	−24	5	1,0
Júpiter	9	37,3	14	54	−2,0
Saturno	15	34,7	−17	17	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

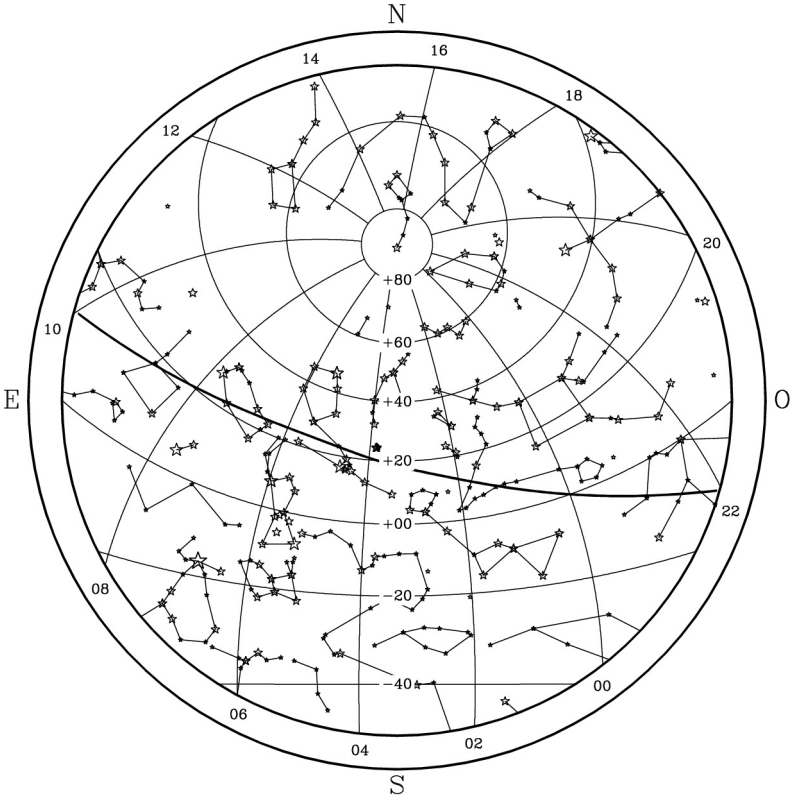
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Diciembre 2014

6 Luna llena
8 Brillo máximo de Mercurio
8 Mercurio en afelio
8 Mercurio en conjunción superior con el Sol
9 Ceres en conjunción con el Sol
9 Júpiter estacionario en ascensión recta
12 La Luna 5° al S de Júpiter
12 Luna en apogeo
12 Marte en perihelio
13 Máximo de las Gemínidas
14 Cuarto menguante
14 Juno estacionario en ascensión recta
15 Metis 1°,2 al S de Venus
16 Vesta 1°,0 al N de Venus
19 La Luna 2° al N de Saturno
20 Venus 2° al N de Nunki
21 El Sol entra en Capricornio
21 Inicio del Invierno en el hemisferio boreal
22 Luna nueva
22 Máximo de las Úrsidas
22 Urano estacionario en ascensión recta
23 La Luna 6° al N de Venus
24 Luna en perigeo
25 La Luna 6° al N de Marte
26 La Luna 4° al N de Neptuno
26 Venus en afelio
28 Cuarto creciente
29 La Luna 0°,9 al N de Urano (Ocultación)
30 Hygiea en oposición
30 Metis 2° al N de Mercurio
30 Metis 2° al N de Venus
30 Vesta 3° al N de Venus

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	17	44,9	−25	0	−0,9
Venus	18	23,7	−24	12	−3,8
Marte	20	42,1	−19	34	1,0
Júpiter	9	40,7	14	44	−2,2
Saturno	15	49,1	−18	4	0,5



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:

Abril 15	total de Luna
Abril 29	anular de Sol
Octubre 8	total de Luna
Octubre 23	parcial de Sol

Introducción

Convenios

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

Como en el resto del ANUARIO, la **latitud** se considera positiva al Norte y negativa al Sur del ecuador terrestre, tomando valores entre -90° y $+90^\circ$. 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 2014

Se producirán dos eclipses de Sol, uno anular el 29 de abril y otro parcial el 23 de octubre. Ninguno será visible desde España.

Se describen en detalle en páginas siguientes.

Eclipses de Sol durante el año próximo

En 2015 habrá dos eclipses de Sol, uno de ellos total el 20 de marzo y otro parcial el 13 de setiembre, el primero de ellos será visible desde España como parcial.

El eclipse total del 20 de marzo será visible como parcial en Europa y parte de Asia y África; la totalidad se verá en una corta franja del Atlántico, alcanzando una magnitud de 1,04. El eclipse parcial del 13 de setiembre se verá en la Antártida y África meridional, alcanzando una magnitud de 0,79.

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 2014

Se producirán dos eclipses totales de Luna, uno el 15 de abril y otro el 8 de octubre. Se describen en detalle en páginas siguientes.

El primero será visible como parcial desde España.

Eclipses de Luna durante el año próximo

En 2015 habrá dos eclipses totales de Luna, uno el 4 de abril visible en América, el océano Pacífico, Australia y Asia, y otro el 28 de setiembre visible en Europa, África, el océano Atlántico y América.

El segundo será visible en todas sus fases desde España.

Magnitud

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

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

Eclipse anular de Sol del día 29 de abril (Saros 148)

Este eclipse anular es el número 21 de los 75 eclipses del ciclo Saros 148 y no será visible desde España.

El eclipse tiene la particularidad de ser *no central*, lo que quiere decir que el cono de sombra de la Luna roza la superficie de la Tierra, pero el eje del cono no pasa por ella. Estos eclipses se dan en los extremos Norte y Sur de la Tierra, o sea en las regiones árticas y antárticas, son complicados de observar por la zona donde se producen y por las incertidumbres debidas a la refracción atmosférica, que afectará mucho y de manera impredecible al darse el eclipse muy cerca del horizonte. Por estos motivos se considera que su duración es indeterminada.

El eclipse será visible como parcial en la Antártida, Australia y el océano Índico meridional. El eclipse se iniciará como parcial a las 3^h53^m TU (Tiempo Universal) en el océano Índico y terminará a las 8^h14^m TU en el estado de Australia Meridional (Australia). La duración total del fenómeno será de 261 minutos (algo más de cuatro horas).

El eclipse anular se iniciará a las 5^h58^m y finalizará a las 6^h9^m. La zona de anularidad aparece en la figura como una pequeña sombra en forma de D dentro de la Antártida y su máximo se dará a las 6^h3^m. La magnitud máxima del eclipse será 0,99.

Características generales del eclipse

Fases	TU	Latitud	Longitud
Inicio del eclipse general	03^h53^m	–51°04′	49°45′
Inicio del eclipse anular	05^h58^m	–72°20′	125°48′
Conjunción en Asc. Recta	05^h38^m		
Máximo del eclipse	06^h03^m	–70°39′	131°18′
Fin del eclipse anular	06^h09^m	–68°43′	135°43′
Fin del eclipse general	08^h14^m	–26°23′	138°21′

Características del eclipse en el máximo

Razón entre el radio topocéntrico de la Luna y el del Sol	98,7%
Magnitud del eclipse anular	0,987
Distancia mínima entre el eje de sombra de la Luna y el centro de la Tierra (en radio terrestres)	1,000
Altura del Sol	0°

Eclipse anular de 29 de abril de 2014



Eclipse parcial de Sol del día 23 de octubre (Saros 153)

Este eclipse parcial es el número 9 de los 70 eclipses del ciclo Saros 153 y no será visible desde España.

El eclipse será visible en Norteamérica. Se iniciará a las $19^{h}38^{m}$ TU (Tiempo Universal) a una latitud de $+57,6^{\circ}$ en el mar de Bering cerca de la península de Kamtchatka (Rusia), a medida que avance hacia el este será visible en ciudades de Norteamérica como Fairbanks (magnitud 0,69), Vancouver (0,66), Denver (0,56) y San Francisco (0,50).

El máximo del eclipse parcial se dará a las $21^{h}45^{m}$ en el Territorio Nuvanut de Canada, cerca de la isla del Príncipe de Gales, momento en que la magnitud del eclipse será 0,81.

El fin del eclipse se producirá a las $23^{h}52^{m}$ TU a una latitud de $+28,9^{\circ}$ al sur de la ciudad de San Antonio en Texas (Estados Unidos). La duración total del fenómeno será de 254 minutos (algo más de cuatro horas).

Características generales del eclipse

Fases	TU	Latitud	Longitud
Inicio del eclipse general	$19^{h}38^{m}$	$57^{\circ}34'$	$170^{\circ}30'$
Conjunción en Asc. Recta	$21^{h}11^{m}$		
Máximo del eclipse	$21^{h}45^{m}$	$71^{\circ}14'$	$-97^{\circ}16'$
Fin del eclipse general	$23^{h}52^{m}$	$28^{\circ}56'$	$-98^{\circ}24'$

Características del eclipse en el máximo

Magnitud del eclipse parcial	0,811
Distancia mínima entre el eje de sombra de la Luna y el centro de la Tierra (en radio terrestres)	1,091

Eclipse parcial de 23 de octubre de 2014



Eclipse total de Luna del día 15 de abril (Saros 122)

Eclipse total visible en península y Baleares como penumbral y en las islas Canarias como parcial.

El inicio del eclipse de penumbra tendrá lugar a las 4^h55^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 América, Europa occidental y África occidental. El eclipse parcial (**iS**) es visible a partir de las 5^h59^m y el eclipse total (**iT**) a partir de las 7^h7^m. Este será visible en el océano Pacífico y América. El eclipse total (**fT**) finaliza a las 8^h25^m, el de sombra (**fS**) a las 9^h33^m y el de penumbra a las 10^h38^m TU. Habrá sido visible en sus últimas fases en Australia, el extremo oriental de Asia, océano Pacífico y toda América menos su extremo más oriental según delimita la curva **fP**.

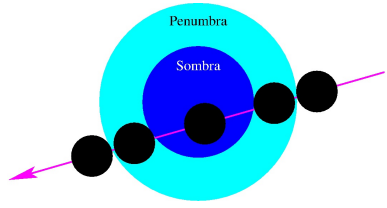
Características generales del eclipse

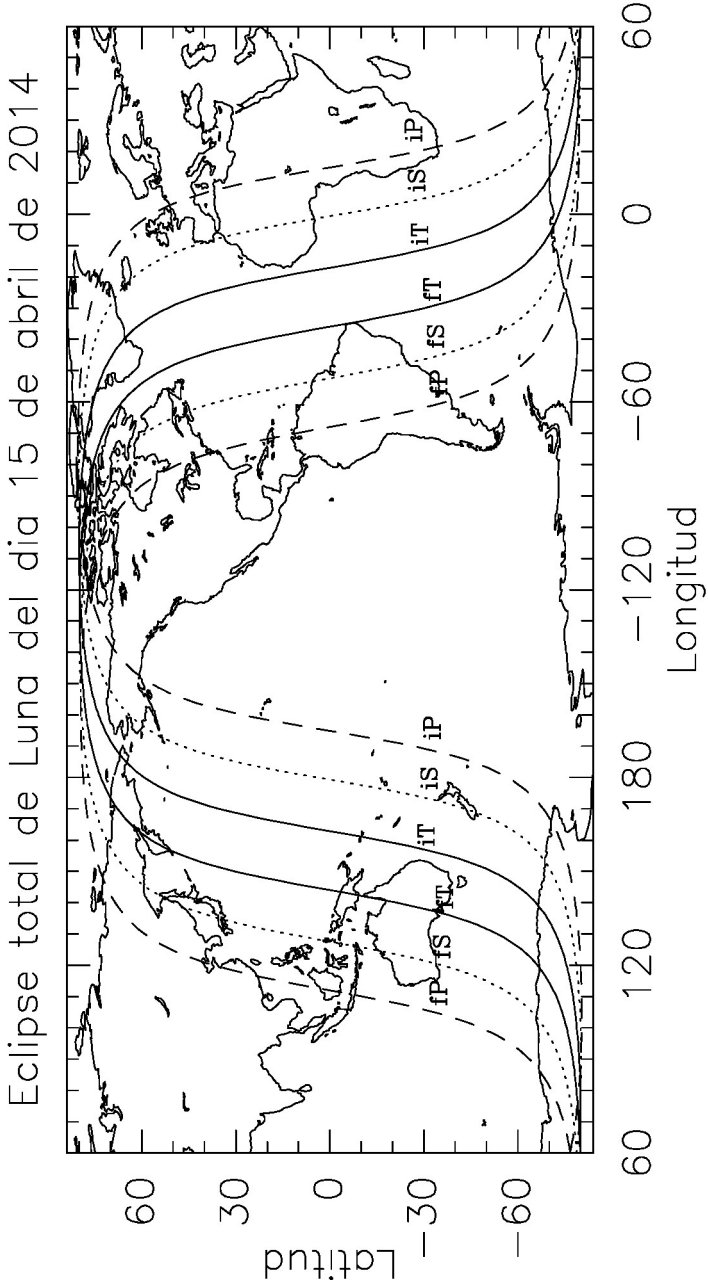
Fases	TU	Latitud	Long.(+E)	A.P.
Primer contacto con la penumbra	04^h55^m	$-9°37'$	$-75°07'$	95°
Primer contacto con la sombra	05^h59^m	$-9°47'$	$-90°41'$	89°
Inicio de la totalidad	07^h07^m	$-9°57'$	$-107°09'$	66°
Máximo del eclipse	07^h46^m	$-10°03'$	$-116°34'$	17°
Fin de la totalidad	08^h25^m	$-10°09'$	$-125°59'$	327°
Ultimo contacto con la sombra	09^h33^m	$-10°19'$	$-142°27'$	303°
Ultimo contacto con la penumbra	10^h38^m	$-10°29'$	$-158°01'$	297°
Duración del eclipse penumbral	5^h43^m			
Duración del eclipse parcial	3^h34^m			
Duración del eclipse total	1^h18^m			
Magnitud del eclipse de penumbra	2,32			
Magnitud del eclipse de sombra	1,29			

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	232 %
Fracción de diámetro lunar inmersa en la sombra	129 %
Distancia mínima entre el eje de la sombra de la Tierra y el centro de la Luna (en radios terrestres)	0,30




Eclipse total de Luna del dia 15 de abril de 2014
Latitud
60
30
0
−30
−60
60
120
180
−120
−60
0
60
Longitud
iP
iS
iT
fT
fS
fP
iP
iS
iT
fT
fS
fP

Eclipse total de Luna del día 8 de octubre (Saros 127)

Este eclipse total es el número 42 de los 72 eclipses del ciclo Saros 127 y no será visible en España. La fase de totalidad durará casi una hora.

El inicio del eclipse de penumbra tendrá lugar a las 8^h16^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 América y el océano Pacífico. El eclipse parcial (**iS**) es visible a partir de las 9^h15^m y el eclipse total (**iT**) a partir de las 10^h26^m. Este será visible en Australia, Asia oriental, océano Pacífico, Norteamérica y el extremo occidental de Sudamérica. El eclipse total (**fT**) finaliza a las 11^h23^m, el de sombra (**fS**) a las 12^h33^m y el de penumbra a las 13^h33^m TU. Habrá sido visible en sus últimas fases en Australia, toda Asia menos su extremo occidental, océano Pacífico y el occidente de Norteamérica según delimita la curva **fP**.

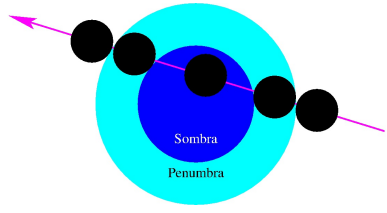
Características generales del eclipse

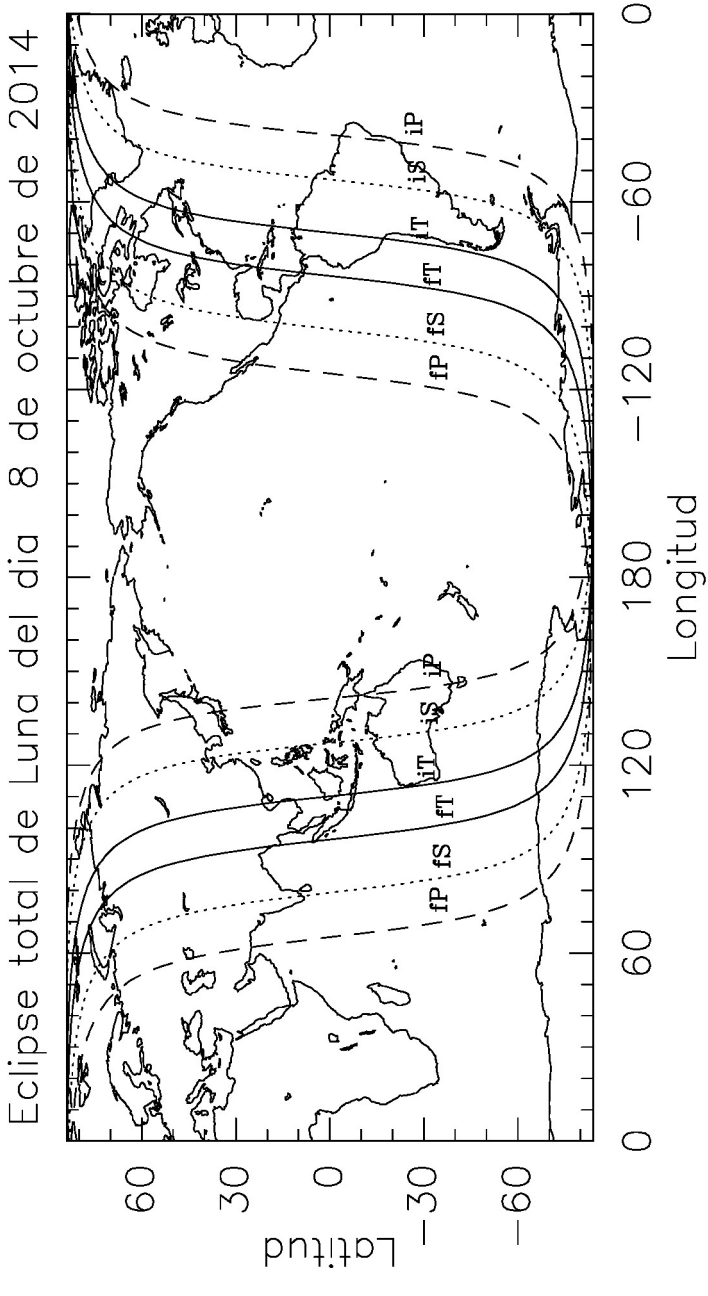
Fases	TU	Latitud	Long.(+E)	A.P.
Primer contacto con la penumbra	08^h16^m	5°49′	–128°39′	87°
Primer contacto con la sombra	09^h15^m	6°00′	–142°54′	95°
Inicio de la totalidad	10^h26^m	6°13′	–159°53′	126°
Máximo del eclipse	10^h54^m	6°18′	–166°47′	161°
Fin de la totalidad	11^h23^m	6°24′	–173°41′	197°
Ultimo contacto con la sombra	12^h33^m	6°36′	169°19′	231°
Ultimo contacto con la penumbra	13^h33^m	6°47′	155°05′	239°
Duración del eclipse penumbral	5^h17^m			
Duración del eclipse parcial	3^h18^m			
Duración del eclipse total	0^h57^m			
Magnitud del eclipse de penumbra	2,14			
Magnitud del eclipse de sombra	1,16			

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	214 %
Fracción de diámetro lunar inmersa en la sombra	116 %
Distancia mínima entre el eje de la sombra de la Tierra y el centro de la Luna (en radios terrestres)	0,39




Eclipse total de Luna del dia 8 de octubre de 2014
Latitud
60
30
0
−30
−60
Longitud
0
60
120
180
−120
−60
0
fP
fS
fT
T
iS
iP

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
2014 abril 29	anular		0,99	Antártida y Australia
2014 octubre 23	parcial		0,81	Norteamérica
2015 marzo 20	total	2 47	1,04	Europa, N. de África y Asia
2015 septiembre 13	parcial		0,79	Antártida, S. de África
2016 marzo 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

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 eclipse total del 20 de marzo de 2015 será visible en España como **parcial**. 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.

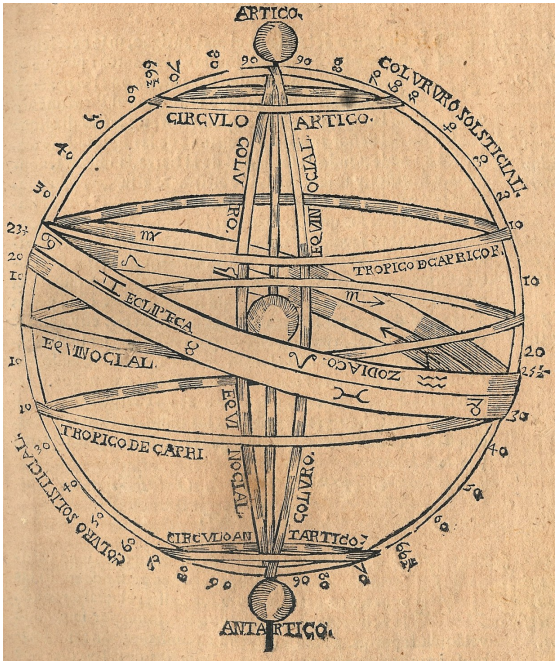
Eclipses de Luna en los próximos años

Fecha	Tipo	Duración (en min)	Dur. totalidad (en min)	Magnitud
2014 abril 15	total	216	78	1,30
2014 octubre 8	total	200	60	1,17
2015 abril 4	total	210	12	1,01
2015 setiembre 28	total	200	72	1,28
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

Duración se refiere a la de contacto con la sombra.

El próximo eclipse **total** de Luna visible en España en todas sus fases será el de 28 de setiembre de 2015.

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 2014 se escribe como 2014-02-28 o bien 20140228.

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 17 de mayo de 2014 es 2 456 794,5.

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
2014 Ene 0	2 456 657,5	2014 Jul 0	2 456 838,5
2014 Feb 0	2 456 688,5	2014 Ago 0	2 456 869,5
2014 Mar 0	2 456 716,5	2014 Set 0	2 456 900,5
2014 Abr 0	2 456 747,5	2014 Oct 0	2 456 930,5
2014 May 0	2 456 777,5	2014 Nov 0	2 456 961,5
2014 Jun 0	2 456 808,5	2014 Dic 0	2 456 991,5

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 17 de mayo de 2014 a las 0^h TU son:

$DJC(2000)$=2 451 544,5
$DJF(14) = 365 * 14 + int[14/4] = 5113$
$DJM(\text{mayo}) = 120$

Por consiguiente, el día juliano es: $DJC + DJF + DJM + día = 2451544{,}5 + 5113 + 120 + 17 = 2456794{,}5$. Tal día será sábado.

Conocido el día juliano correspondiente a una fecha, el **día de la semana** se determina sumando 0,5 al día juliano, realizando 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 17 de mayo de 2014 a las 0^{h} TU es 2 456 794,5; el día juliano modificado correspondiente es 56 794.

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 2014

Cómputo eclesiástico		
Número áureo	1	(ciclo lunar de 19 años)
Epacta	29	(edad de la Luna al 1 de enero)
Ciclo solar	7	(ciclo de 28 años)
Letra dominical	E	(ciclo de 28 años)
Indicción romana	7	(ciclo de 15 años)

Principales fiestas movibles		
Septuagésima	Feb	16
Miércoles de Ceniza	Mar	5
Primer domingo de Cuaresma	Mar	9
Viernes Santo	Abr	18
Pascua	Abr	20
Ascensión	May	29
Pentecostés	Jun	8
La Santísima Trinidad	Jun	15
Corpus Christi	Jun	19
El Sagrado Corazón de Jesús	Jun	27
Primer domingo de Adviento	Nov	30

Témporas	
I	Mar 12, 14, 15
II	Jun 11, 13, 14
III	Set 17, 19, 20
IV	Dic 17, 19, 20

Velaciones
Se cierran:
Mar 4 y Nov 29
Se abren:
Abr 22 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 2014

Pascua	7 de abril (juliano) 20 de abril (gregoriano)
Epacta	8
Letra dominical	F

Cronología: La designación del año aproximado del nacimiento de Cristo como año 1 en el cómputo del calendario juliano se realizó en el siglo 6. Otro instante inicial distinto para contabilizar años julianos se debe a J.J. Scaliger (siglo 16), 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 2014 ($G = 2014{,}00$) corresponde a $M = 1435{,}17$, o sea a principios del año musulmán 1435. Este es un año común pues es el año 25 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		
1435	Rabī‘ al-awwal	1	2014	Ene	3
1435	Rabī‘ al-ṯānī	1	2014	Feb	2
1435	Ŷumādà al-ūlà	1	2014	Mar	3
1435	Ŷumādà al-ājira	1	2014	Abr	2
1435	Raŷab	1	2014	May	1
1435	Ša‘bān	1	2014	May	31
1435	Ramaḍān	1	2014	Jun	29
1435	Šawwāl	1	2014	Jul	29
1435	Ḏū-l-qa‘da	1	2014	Ago	27
1435	Ḏū-l-ḥiŷŷa	1	2014	Set	26
1436	Muḥarram	1	2014	Oct	25
1436	Ṣafar	1	2014	Nov	24
1436	Rabī‘ al-awwal	1	2014	Dic	23

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:

Huida del Profeta (*Hégira*)	2014	Ene	3
Nacimiento del Profeta	2014	Ene	14
Ascensión del Profeta	2014	May	27
Primer día del ramadán	2014	Jun	29
Conquista de la Meca	2014	Jul	18
Revelación del Corán	2014	Jul	25
Ultimo día del ramadán	2014	Jul	28
Pascua postayuno	2014	Jul	29
Pascua de Inmolación	2014	Oct	5
Primer día del año	2014	Oct	25
‘Āshūrā’	2014	Nov	3
Huida del Profeta (*Hégira*)	2014	Dic	23

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		
1435	Rabī‘ al-awwal	2014	Ene	2
1435	Rabī‘ al-ṯānī	2014	Ene	31
1435	Ŷumādà al-ūlà	2014	Mar	2
1435	Ŷumādà al-ājira	2014	Mar	31
1435	Raŷab	2014	Abr	30
1435	Ša‘bān	2014	May	30
1435	Ramaḍān	2014	Jun	29
1435	Šawwāl	2014	Jul	28
1435	Ḏū-l-qa‘da	2014	Ago	27
1435	Ḏū-l-ḥiŷŷa	2014	Set	26
1436	Muḥarram	2014	Oct	25
1436	Ṣafar	2014	Nov	23
1436	Rabī‘ al-awwal	2014	Dic	23

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)
5768	2007 Set 13	383
5769	2008 Set 30	354
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

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

Inicio del mes			Fecha gregoriana		
5774	Šebāṭ	1	2014	Ene	2
5774	Adār	1	2014	Feb	1
5774	ve-Adār	1	2014	Mar	3
5774	Nisan	1	2014	Abr	1
5774	Iyyār	1	2014	May	1
5774	Siwān	1	2014	May	30
5774	Tammūz	1	2014	Jun	29
5774	Ab	1	2014	Jul	28
5774	Elūl	1	2014	Ago	27
5775	Tišrī	1	2014	Set	25
5775	Ḥešwān	1	2014	Oct	25
5775	Kislew	1	2014	Nov	23
5775	Ṭebēt	1	2014	Dic	23

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	2014	Ene	16
Ayuno de Ester	2014	Mar	13
Suertes (*Purim*)	2014	Mar	16
Pascua (*Pesaḥ*)	2014	Abr	15
Lag B'Omer	2014	May	18
Pentecostés (*Shavuot*)	2014	Jun	4
Ayuno del mes de tammūz	2014	Jul	15
Ayuno. Destrucción de Jerusalén	2014	Ago	5
Año nuevo (*Rosh-hashana*)	2014	Set	25
Ayuno de Guedaliah	2014	Set	28
Expiación (*Yom Kippur*)	2014	Oct	4
Tabernáculos (*Sukkot*)	2014	Oct	9
Alegría de la Ley	2014	Oct	17
Dedicación del Templo (*Ḥanukka*)	2014	Dic	17

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: 17 de mayo de 2014: a 20␣␣ le corresponde el índice 7; a ␣␣14, el índice 2; a mayo, el índice 1; y al día 17, el índice 3. La suma es: $7 + 2 + 1 + 3 = 13$. Restándole una vez 7 se obtiene 6, índice que corresponde a sábado.

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 2014

Días desde el inicio de siglo = 4 748 + día del año
Días hasta el fin de siglo = 31 776 − día del año
Día juliano = 2 456 657,5 + día del año + $TU/24^{\mathrm{h}}$
Día juliano modificado = 56 657 + día del año + $TU/24^{\mathrm{h}}$
Siglos julianos desde la época J2000 hasta la mitad del año:
$\mathrm{T} = (J2014{,}5 - J2000{,}0)/36525 = 0{,}145$
Tiempo sidéreo local en el día d, instante TU y longitud λ_E:
$\theta_{med} = 6^{\mathrm{h}}{,}638\,852 + 0^{\mathrm{h}}{,}065\,709\,825\ d + 1{,}002\,737\,91\ TU + \lambda_E$
$\theta_{ver} = \theta_{med}$ + ecuación de los equinoccios
Ecuación de los equinoccios $= 0^{\mathrm{s}}{,}66 - 0^{\mathrm{s}}{,}00114\ d$ (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:

$$TT - UT1 = 66^{s},0 + 0^{s},29\,(A - 2010) + 0^{s},008\,(A - 2010)^2$$

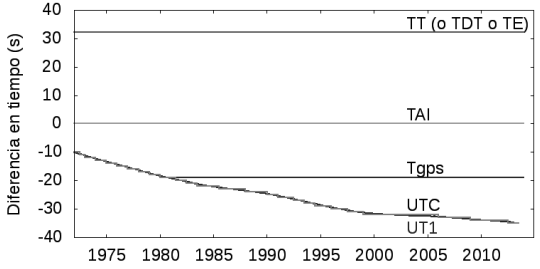
expresión válida entre 2003 y 2014.

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
2006 Ene 1	64^s,85
2007 Ene 1	65^s,15
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 (pred.)	67^s,28
2015 Ene 1 (pred.)	67^s,7

Fecha	TAI–UTC
2006 Ene 1	33^s
2009 Ene 1	34^s
2012 Jul 1	35^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 2014.

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:

$$\begin{aligned} \theta_v = {} & 6^h\!,697\,374 + 0^h\!,065\,709\,824\ (DJ_{0^h} - 2\,451\,545) + EcEq + \\ & + 1,002\,737\,909\,3\ UT1 + \lambda_E \end{aligned}$$

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.

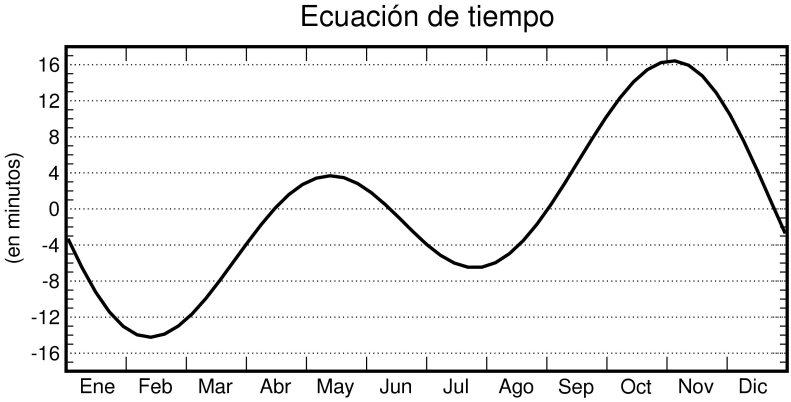
El *tiempo solar (local) verdadero* se define como el ángulo horario del Sol (o sea, la diferencia entre el tiempo sidéreo local verdadero θ_v y la ascensión recta del Sol $\alpha_\odot$). Este tiempo no es uniforme debido a la elipticidad de la órbita de la Tierra, a la inclinación relativa entre el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

$$\begin{aligned} Ec.Tiempo &= tiempo\ solar\ verdadero\ -\ tiempo\ solar\ medio \\ &= 595^{\mathrm{s}}\,\mathrm{sen}(199^\circ + 1{,}^\circ 9713\,d) + 441^{\mathrm{s}}\,\mathrm{sen}(175^\circ + 0{,}^\circ 9856\,d) \end{aligned}$$

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



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

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

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

Emisores de señales de tiempo

El método de obtención del tiempo correspondiente a una escala dada (en general TAI o UTC) depende de la precisión que se requiera. Vía

teléfono (y señales horarias) la precisión no es de esperar que sea mejor que 30 ms (milisegundos), debido a inestabilidades y retardos en la propagación telefónica.

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

Emisoras de señales horarias con emisión continua

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

Los sistemas de navegación vía satélite (como GPS, GLONASS) permiten más precisión, pues la propagación puede ser modelada muy bien. Si se corrigen los retardos debidos a cables y se recibe la señal en un lugar

no perturbado (por grandes estructuras, tendidos eléctricos o similares) se puede conseguir una precisión mejor que la décima de microsegundo.

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

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

Sincronización de ordenadores al UTC

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

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

Tiempo oficial y husos horarios

En lugar del *tiempo solar medio*, que varía de un punto a otro en la superficie de la Tierra, la organización administrativa y laboral de los países así como la gran importancia adquirida por las comunicaciones internacionales han llevado a establecer un horario oficial para cada país, de tal manera que en un país o en grandes regiones de él se utilice la misma hora y que ésta sea fácilmente convertible en la de otro país. Para facilitar el establecimiento de los tiempos oficiales, progresivamente se ha adoptado un sistema por el cual sólo se retiene el tiempo solar medio de una serie de meridianos de referencia. El *sistema mundial de husos horarios* considera la superficie de la Tierra dividida en 24 husos esféricos delimitados por meridianos distantes 15° (1^h) entre sí. Como origen se toma el huso número 0 centrado en el meridiano de Greenwich que, por lo tanto, está delimitado por los meridianos cuya longitud es $-7^\circ\!.5$ y $+7^\circ\!.5$. Con esta

división se pretende favorecer que cada país adopte como tiempo oficial el correspondiente al huso en que se encuentra la mayor parte del país (tiempo legal). De esta manera, la diferencia entre el tiempo oficial de distintos países (o entre distintas zonas de un mismo país muy extenso) sería de un número entero de horas. Este sistema se complementa con una *línea internacional de cambio de fecha*, que zigzaguea alrededor del meridiano 180°. Al cruzarla viajando en la dirección Este, hay que disminuir la fecha en un día; en la dirección Oeste, incrementarla en un día.

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

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

En la tablas que siguen se indica el tiempo oficial (TO) de países y territorios del mundo, agrupados por continentes, referido al Tiempo Universal (TU). Es decir, para obtener el tiempo oficial en un país correspondiente a un TU dado, basta con sumar al TU el valor indicado en la tabla para tal país. Para obtener la diferencia de horario entre dos países,

basta con restar los números indicados en la tabla. *Ejemplo*: La diferencia horaria entre España (península e I. Baleares) y Chile el día 1 de enero es de 4 horas: en la península y Baleares está en vigor el horario de invierno ($TU + 1^h + 0^h$), mientras que en Chile lo está el de verano ($TU - 4^h + 1^h$).

El uso de los datos aquí reseñados debe hacerse con reserva por varias razones. Muchos países cambian de horario durante el año (lo que hemos indicado con un asterisco *). Además, en cualquier momento los gobiernos pueden tanto modificar el tiempo oficial en su país, como instaurar o eliminar la adopción de un horario adelantado durante parte del año. Por ejemplo, en 2012 Armenia anuló el horario de verano y Haití lo introdujo. A finales de 2012 Libia cambió su horario de referencia y en 2013 introdujo el horario de verano, mientras que Ukrania lo anuló.

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*; Letonia*; Lituania*; R. Moldova*; Rumania*; Ucrania
$+3^h$	Belarús; Kaliningrado (Rusia)
$+4^h$	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; 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 Ekaterimburgo)
$+6^h\,30^m$	Myanmar; I. Cocos (Australia)
$+7^h$	Camboya; Indonesia: Java, Madura y Sumatra; Laos; Mongolia (Hovd); Rusia (hora de Omsk); 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 Krasnoyarsk); Singapur; Taiwán
$+9^h$	Corea del Norte; Corea del Sur; Indonesia: Irian Jaya, I. Molucas; Japón (excepto Bonin); Rusia (hora de Irkutsk); Timor-Leste
$+10^h$	I. Bonin (Japón); Guam (EEUU); Rusia (hora de Yakutsk)
$+11^h$	Rusia (hora de Vladivostok)
$+12^h$	Rusia (hora de Magadán)
	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:

2014 Domingos 30 de marzo y 26 de octubre.

2015 Domingos 29 de marzo y 25 de octubre.

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.

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 2014

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.−med.)	Ecuación de tiempo (v.−m.)	
				h	*m*	*s*	*s*	*m*	*s*
1	M	1	2456658,5	06	42	17,059	+0,635	−03	18
2	J	2	2456659,5	06	46	13,624	+0,645	−03	46
3	V	3	2456660,5	06	50	10,186	+0,652	−04	15
4	S	4	2456661,5	06	54	06,745	+0,655	−04	42
5	D	5	2456662,5	06	58	03,300	+0,654	−05	09
6	L	6	2456663,5	07	01	59,852	+0,651	−05	36
7	M	7	2456664,5	07	05	56,404	+0,647	−06	02
8	M	8	2456665,5	07	09	52,956	+0,644	−06	28
9	J	9	2456666,5	07	13	49,509	+0,642	−06	53
10	V	10	2456667,5	07	17	46,065	+0,643	−07	18
11	S	11	2456668,5	07	21	42,623	+0,645	−07	42
12	D	12	2456669,5	07	25	39,182	+0,649	−08	06
13	L	13	2456670,5	07	29	35,742	+0,654	−08	29
14	M	14	2456671,5	07	33	32,303	+0,659	−08	51
15	M	15	2456672,5	07	37	28,863	+0,664	−09	13
16	J	16	2456673,5	07	41	25,422	+0,668	−09	34
17	V	17	2456674,5	07	45	21,980	+0,670	−09	54
18	S	18	2456675,5	07	49	18,536	+0,670	−10	14
19	D	19	2456676,5	07	53	15,089	+0,669	−10	32
20	L	20	2456677,5	07	57	11,641	+0,665	−10	51
21	M	21	2456678,5	08	01	08,192	+0,661	−11	08
22	M	22	2456679,5	08	05	04,743	+0,656	−11	25
23	J	23	2456680,5	08	09	01,294	+0,652	−11	41
24	V	24	2456681,5	08	12	57,847	+0,649	−11	56
25	S	25	2456682,5	08	16	54,402	+0,649	−12	10
26	D	26	2456683,5	08	20	50,960	+0,651	−12	24
27	L	27	2456684,5	08	24	47,520	+0,657	−12	37
28	M	28	2456685,5	08	28	44,083	+0,664	−12	49
29	M	29	2456686,5	08	32	40,646	+0,672	−13	00
30	J	30	2456687,5	08	36	37,207	+0,678	−13	11
31	V	31	2456688,5	08	40	33,765	+0,680	−13	20

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

Febrero 2014

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	32	2456689,5	08	44	30,320	+0,679	−13	29
2	D	33	2456690,5	08	48	26,871	+0,675	−13	37
3	L	34	2456691,5	08	52	23,420	+0,669	−13	44
4	M	35	2456692,5	08	56	19,969	+0,663	−13	51
5	M	36	2456693,5	09	00	16,520	+0,658	−13	56
6	J	37	2456694,5	09	04	13,073	+0,655	−14	01
7	V	38	2456695,5	09	08	09,627	+0,655	−14	05
8	S	39	2456696,5	09	12	06,184	+0,656	−14	08
9	D	40	2456697,5	09	16	02,741	+0,658	−14	10
10	L	41	2456698,5	09	19	59,299	+0,661	−14	12
11	M	42	2456699,5	09	23	55,857	+0,663	−14	12
12	M	43	2456700,5	09	27	52,414	+0,664	−14	12
13	J	44	2456701,5	09	31	48,969	+0,664	−14	11
14	V	45	2456702,5	09	35	45,523	+0,663	−14	10
15	S	46	2456703,5	09	39	42,074	+0,659	−14	07
16	D	47	2456704,5	09	43	38,624	+0,653	−14	04
17	L	48	2456705,5	09	47	35,172	+0,646	−14	00
18	M	49	2456706,5	09	51	31,720	+0,639	−13	56
19	M	50	2456707,5	09	55	28,269	+0,631	−13	51
20	J	51	2456708,5	09	59	24,818	+0,626	−13	45
21	V	52	2456709,5	10	03	21,370	+0,622	−13	38
22	S	53	2456710,5	10	07	17,924	+0,621	−13	31
23	D	54	2456711,5	10	11	14,480	+0,622	−13	23
24	L	55	2456712,5	10	15	11,039	+0,625	−13	15
25	M	56	2456713,5	10	19	07,599	+0,629	−13	06
26	M	57	2456714,5	10	23	04,158	+0,633	−12	57
27	J	58	2456715,5	10	27	00,714	+0,634	−12	47
28	V	59	2456716,5	10	30	57,268	+0,632	−12	36

Algunas fechas julianas notables son:

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

Marzo 2014

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	60	2456717,5	10	34	53,818	+0,627	−12	25
2	D	61	2456718,5	10	38	50,365	+0,619	−12	13
3	L	62	2456719,5	10	42	46,912	+0,610	−12	01
4	M	63	2456720,5	10	46	43,459	+0,602	−11	49
5	M	64	2456721,5	10	50	40,009	+0,597	−11	36
6	J	65	2456722,5	10	54	36,560	+0,593	−11	22
7	V	66	2456723,5	10	58	33,114	+0,591	−11	08
8	S	67	2456724,5	11	02	29,670	+0,591	−10	54
9	D	68	2456725,5	11	06	26,226	+0,592	−10	39
10	L	69	2456726,5	11	10	22,782	+0,592	−10	24
11	M	70	2456727,5	11	14	19,337	+0,592	−10	09
12	M	71	2456728,5	11	18	15,891	+0,591	−09	53
13	J	72	2456729,5	11	22	12,443	+0,588	−09	37
14	V	73	2456730,5	11	26	08,993	+0,583	−09	20
15	S	74	2456731,5	11	30	05,542	+0,576	−09	04
16	D	75	2456732,5	11	34	02,089	+0,567	−08	47
17	L	76	2456733,5	11	37	58,635	+0,558	−08	30
18	M	77	2456734,5	11	41	55,182	+0,550	−08	12
19	M	78	2456735,5	11	45	51,729	+0,542	−07	55
20	J	79	2456736,5	11	49	48,279	+0,536	−07	37
21	V	80	2456737,5	11	53	44,831	+0,533	−07	19
22	S	81	2456738,5	11	57	41,386	+0,533	−07	01
23	D	82	2456739,5	12	01	37,943	+0,534	−06	43
24	L	83	2456740,5	12	05	34,501	+0,537	−06	25
25	M	84	2456741,5	12	09	31,059	+0,540	−06	07
26	M	85	2456742,5	12	13	27,615	+0,540	−05	49
27	J	86	2456743,5	12	17	24,169	+0,538	−05	31
28	V	87	2456744,5	12	21	20,719	+0,533	−05	13
29	S	88	2456745,5	12	25	17,267	+0,526	−04	55
30	D	89	2456746,5	12	29	13,813	+0,517	−04	37
31	L	90	2456747,5	12	33	10,360	+0,508	−04	19

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 2014

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	91	2456748,5	12	37	06,908	+0,501	−04	01
2	M	92	2456749,5	12	41	03,459	+0,496	−03	43
3	J	93	2456750,5	12	45	00,012	+0,494	−03	26
4	V	94	2456751,5	12	48	56,567	+0,493	−03	08
5	S	95	2456752,5	12	52	53,123	+0,494	−02	51
6	D	96	2456753,5	12	56	49,679	+0,495	−02	34
7	L	97	2456754,5	13	00	46,235	+0,496	−02	17
8	M	98	2456755,5	13	04	42,790	+0,495	−02	00
9	M	99	2456756,5	13	08	39,343	+0,493	−01	43
10	J	100	2456757,5	13	12	35,894	+0,489	−01	27
11	V	101	2456758,5	13	16	32,444	+0,483	−01	11
12	S	102	2456759,5	13	20	28,992	+0,476	−00	55
13	D	103	2456760,5	13	24	25,540	+0,468	−00	40
14	L	104	2456761,5	13	28	22,087	+0,460	−00	24
15	M	105	2456762,5	13	32	18,635	+0,453	−00	09
16	M	106	2456763,5	13	36	15,185	+0,447	+00	05
17	J	107	2456764,5	13	40	11,738	+0,445	+00	19
18	V	108	2456765,5	13	44	08,293	+0,445	+00	33
19	S	109	2456766,5	13	48	04,851	+0,447	+00	47
20	D	110	2456767,5	13	52	01,411	+0,451	+01	00
21	L	111	2456768,5	13	55	57,970	+0,455	+01	12
22	M	112	2456769,5	13	59	54,528	+0,458	+01	24
23	M	113	2456770,5	14	03	51,083	+0,458	+01	36
24	J	114	2456771,5	14	07	47,636	+0,455	+01	47
25	V	115	2456772,5	14	11	44,186	+0,450	+01	58
26	S	116	2456773,5	14	15	40,734	+0,443	+02	08
27	D	117	2456774,5	14	19	37,282	+0,435	+02	18
28	L	118	2456775,5	14	23	33,832	+0,429	+02	27
29	M	119	2456776,5	14	27	30,383	+0,425	+02	35
30	M	120	2456777,5	14	31	26,937	+0,424	+02	43

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 2014

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	121	2456778,5	14	35	23,493	+0,425	+02	51
2	V	122	2456779,5	14	39	20,051	+0,427	+02	58
3	S	123	2456780,5	14	43	16,609	+0,430	+03	05
4	D	124	2456781,5	14	47	13,168	+0,433	+03	11
5	L	125	2456782,5	14	51	09,725	+0,436	+03	16
6	M	126	2456783,5	14	55	06,281	+0,436	+03	21
7	M	127	2456784,5	14	59	02,835	+0,435	+03	25
8	J	128	2456785,5	15	02	59,388	+0,432	+03	29
9	V	129	2456786,5	15	06	55,939	+0,428	+03	33
10	S	130	2456787,5	15	10	52,489	+0,422	+03	35
11	D	131	2456788,5	15	14	49,038	+0,416	+03	37
12	L	132	2456789,5	15	18	45,588	+0,411	+03	39
13	M	133	2456790,5	15	22	42,140	+0,407	+03	40
14	M	134	2456791,5	15	26	38,694	+0,406	+03	41
15	J	135	2456792,5	15	30	35,251	+0,407	+03	40
16	V	136	2456793,5	15	34	31,811	+0,412	+03	40
17	S	137	2456794,5	15	38	28,373	+0,418	+03	39
18	D	138	2456795,5	15	42	24,935	+0,425	+03	37
19	L	139	2456796,5	15	46	21,496	+0,431	+03	34
20	M	140	2456797,5	15	50	18,054	+0,434	+03	32
21	M	141	2456798,5	15	54	14,610	+0,434	+03	28
22	J	142	2456799,5	15	58	11,163	+0,432	+03	24
23	V	143	2456800,5	16	02	07,714	+0,427	+03	19
24	S	144	2456801,5	16	06	04,264	+0,422	+03	14
25	D	145	2456802,5	16	10	00,815	+0,418	+03	09
26	L	146	2456803,5	16	13	57,368	+0,416	+03	02
27	M	147	2456804,5	16	17	53,924	+0,416	+02	56
28	M	148	2456805,5	16	21	50,481	+0,418	+02	49
29	J	149	2456806,5	16	25	47,041	+0,422	+02	41
30	V	150	2456807,5	16	29	43,601	+0,427	+02	33
31	S	151	2456808,5	16	33	40,162	+0,433	+02	24

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 2014

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	152	2456809,5	16	37	36,722	+0,437	+02	16
2	L	153	2456810,5	16	41	33,280	+0,440	+02	06
3	M	154	2456811,5	16	45	29,837	+0,442	+01	57
4	M	155	2456812,5	16	49	26,392	+0,442	+01	47
5	J	156	2456813,5	16	53	22,946	+0,440	+01	36
6	V	157	2456814,5	16	57	19,498	+0,436	+01	26
7	S	158	2456815,5	17	01	16,049	+0,432	+01	15
8	D	159	2456816,5	17	05	12,601	+0,428	+01	03
9	L	160	2456817,5	17	09	09,153	+0,426	+00	52
10	M	161	2456818,5	17	13	05,708	+0,425	+00	40
11	M	162	2456819,5	17	17	02,265	+0,427	+00	28
12	J	163	2456820,5	17	20	58,826	+0,432	+00	16
13	V	164	2456821,5	17	24	55,389	+0,440	+00	04
14	S	165	2456822,5	17	28	51,953	+0,449	−00	09
15	D	166	2456823,5	17	32	48,517	+0,457	−00	21
16	L	167	2456824,5	17	36	45,078	+0,463	−00	34
17	M	168	2456825,5	17	40	41,636	+0,466	−00	47
18	M	169	2456826,5	17	44	38,191	+0,465	−01	00
19	J	170	2456827,5	17	48	34,744	+0,462	−01	13
20	V	171	2456828,5	17	52	31,295	+0,458	−01	26
21	S	172	2456829,5	17	56	27,847	+0,455	−01	39
22	D	173	2456830,5	18	00	24,400	+0,453	−01	52
23	L	174	2456831,5	18	04	20,956	+0,453	−02	05
24	M	175	2456832,5	18	08	17,514	+0,456	−02	18
25	M	176	2456833,5	18	12	14,074	+0,460	−02	31
26	J	177	2456834,5	18	16	10,634	+0,465	−02	44
27	V	178	2456835,5	18	20	07,196	+0,471	−02	57
28	S	179	2456836,5	18	24	03,756	+0,477	−03	09
29	D	180	2456837,5	18	28	00,316	+0,481	−03	22
30	L	181	2456838,5	18	31	56,874	+0,483	−03	34

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 2014

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	182	2456839,5	18	35	53,429	+0,484	−03	46
2	M	183	2456840,5	18	39	49,984	+0,482	−03	57
3	J	184	2456841,5	18	43	46,536	+0,480	−04	09
4	V	185	2456842,5	18	47	43,088	+0,476	−04	20
5	S	186	2456843,5	18	51	39,639	+0,472	−04	30
6	D	187	2456844,5	18	55	36,191	+0,468	−04	41
7	L	188	2456845,5	18	59	32,745	+0,467	−04	51
8	M	189	2456846,5	19	03	29,301	+0,467	−05	00
9	M	190	2456847,5	19	07	25,860	+0,471	−05	09
10	J	191	2456848,5	19	11	22,421	+0,477	−05	18
11	V	192	2456849,5	19	15	18,984	+0,485	−05	26
12	S	193	2456850,5	19	19	15,548	+0,493	−05	34
13	D	194	2456851,5	19	23	12,110	+0,500	−05	42
14	L	195	2456852,5	19	27	08,669	+0,504	−05	49
15	M	196	2456853,5	19	31	05,225	+0,504	−05	55
16	M	197	2456854,5	19	35	01,777	+0,501	−06	01
17	J	198	2456855,5	19	38	58,328	+0,497	−06	06
18	V	199	2456856,5	19	42	54,879	+0,492	−06	11
19	S	200	2456857,5	19	46	51,431	+0,489	−06	16
20	D	201	2456858,5	19	50	47,985	+0,487	−06	20
21	L	202	2456859,5	19	54	44,541	+0,488	−06	23
22	M	203	2456860,5	19	58	41,099	+0,491	−06	26
23	M	204	2456861,5	20	02	37,658	+0,495	−06	28
24	J	205	2456862,5	20	06	34,218	+0,499	−06	30
25	V	206	2456863,5	20	10	30,778	+0,503	−06	31
26	S	207	2456864,5	20	14	27,336	+0,506	−06	32
27	D	208	2456865,5	20	18	23,893	+0,507	−06	32
28	L	209	2456866,5	20	22	20,448	+0,507	−06	31
29	M	210	2456867,5	20	26	17,001	+0,504	−06	30
30	M	211	2456868,5	20	30	13,552	+0,500	−06	28
31	J	212	2456869,5	20	34	10,102	+0,495	−06	26

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

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

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

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

Agosto 2014

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	213	2456870,5	20	38	06,651	+0,489	−06	22
2	S	214	2456871,5	20	42	03,201	+0,484	−06	19
3	D	215	2456872,5	20	45	59,753	+0,480	−06	14
4	L	216	2456873,5	20	49	56,306	+0,477	−06	09
5	M	217	2456874,5	20	53	52,861	+0,478	−06	04
6	M	218	2456875,5	20	57	49,419	+0,480	−05	58
7	J	219	2456876,5	21	01	45,980	+0,485	−05	51
8	V	220	2456877,5	21	05	42,541	+0,491	−05	43
9	S	221	2456878,5	21	09	39,102	+0,497	−05	35
10	D	222	2456879,5	21	13	35,660	+0,500	−05	27
11	L	223	2456880,5	21	17	32,215	+0,499	−05	18
12	M	224	2456881,5	21	21	28,767	+0,495	−05	08
13	M	225	2456882,5	21	25	25,316	+0,489	−04	57
14	J	226	2456883,5	21	29	21,864	+0,482	−04	47
15	V	227	2456884,5	21	33	18,413	+0,476	−04	35
16	S	228	2456885,5	21	37	14,965	+0,472	−04	23
17	D	229	2456886,5	21	41	11,518	+0,470	−04	11
18	L	230	2456887,5	21	45	08,073	+0,470	−03	58
19	M	231	2456888,5	21	49	04,630	+0,471	−03	45
20	M	232	2456889,5	21	53	01,188	+0,473	−03	31
21	J	233	2456890,5	21	56	57,745	+0,475	−03	16
22	V	234	2456891,5	22	00	54,301	+0,476	−03	02
23	S	235	2456892,5	22	04	50,856	+0,476	−02	46
24	D	236	2456893,5	22	08	47,409	+0,473	−02	31
25	L	237	2456894,5	22	12	43,960	+0,469	−02	15
26	M	238	2456895,5	22	16	40,510	+0,463	−01	58
27	M	239	2456896,5	22	20	37,058	+0,456	−01	41
28	J	240	2456897,5	22	24	33,605	+0,448	−01	24
29	V	241	2456898,5	22	28	30,153	+0,440	−01	06
30	S	242	2456899,5	22	32	26,701	+0,433	−00	48
31	D	243	2456900,5	22	36	23,251	+0,428	−00	30

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 2014

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	244	2456901,5	22	40	19,804	+0,425	−00	11
2	M	245	2456902,5	22	44	16,359	+0,425	+00	08
3	M	246	2456903,5	22	48	12,916	+0,426	+00	27
4	J	247	2456904,5	22	52	09,474	+0,429	+00	47
5	V	248	2456905,5	22	56	06,032	+0,432	+01	07
6	S	249	2456906,5	23	00	02,589	+0,434	+01	27
7	D	250	2456907,5	23	03	59,144	+0,433	+01	47
8	L	251	2456908,5	23	07	55,695	+0,429	+02	08
9	M	252	2456909,5	23	11	52,243	+0,421	+02	29
10	M	253	2456910,5	23	15	48,789	+0,413	+02	50
11	J	254	2456911,5	23	19	45,336	+0,404	+03	11
12	V	255	2456912,5	23	23	41,885	+0,397	+03	32
13	S	256	2456913,5	23	27	38,436	+0,393	+03	53
14	D	257	2456914,5	23	31	34,989	+0,391	+04	15
15	L	258	2456915,5	23	35	31,544	+0,390	+04	36
16	M	259	2456916,5	23	39	28,100	+0,391	+04	57
17	M	260	2456917,5	23	43	24,656	+0,392	+05	19
18	J	261	2456918,5	23	47	21,212	+0,392	+05	40
19	V	262	2456919,5	23	51	17,765	+0,390	+06	02
20	S	263	2456920,5	23	55	14,318	+0,387	+06	23
21	D	264	2456921,5	23	59	10,868	+0,382	+06	44
22	L	265	2456922,5	00	03	07,417	+0,375	+07	05
23	M	266	2456923,5	00	07	03,964	+0,367	+07	27
24	M	267	2456924,5	00	11	00,510	+0,358	+07	47
25	J	268	2456925,5	00	14	57,057	+0,349	+08	08
26	V	269	2456926,5	00	18	53,604	+0,341	+08	29
27	S	270	2456927,5	00	22	50,153	+0,335	+08	49
28	D	271	2456928,5	00	26	46,704	+0,331	+09	10
29	L	272	2456929,5	00	30	43,258	+0,329	+09	30
30	M	273	2456930,5	00	34	39,813	+0,329	+09	50

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 2014

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.−med.)	Ecuación de tiempo (v.−m.)	
				h	*m*	*s*	*s*	*m*	*s*
1	M	274	2456931,5	00	38	36,371	+0,331	+10	09
2	J	275	2456932,5	00	42	32,928	+0,333	+10	29
3	V	276	2456933,5	00	46	29,485	+0,335	+10	48
4	S	277	2456934,5	00	50	26,040	+0,334	+11	06
5	D	278	2456935,5	00	54	22,592	+0,330	+11	25
6	L	279	2456936,5	00	58	19,141	+0,324	+11	43
7	M	280	2456937,5	01	02	15,688	+0,316	+12	01
8	M	281	2456938,5	01	06	12,234	+0,307	+12	18
9	J	282	2456939,5	01	10	08,782	+0,299	+12	35
10	V	283	2456940,5	01	14	05,332	+0,294	+12	51
11	S	284	2456941,5	01	18	01,885	+0,292	+13	07
12	D	285	2456942,5	01	21	58,440	+0,291	+13	23
13	L	286	2456943,5	01	25	54,997	+0,292	+13	38
14	M	287	2456944,5	01	29	51,554	+0,294	+13	52
15	M	288	2456945,5	01	33	48,110	+0,295	+14	06
16	J	289	2456946,5	01	37	44,665	+0,295	+14	20
17	V	290	2456947,5	01	41	41,219	+0,293	+14	32
18	S	291	2456948,5	01	45	37,771	+0,290	+14	45
19	D	292	2456949,5	01	49	34,321	+0,285	+14	56
20	L	293	2456950,5	01	53	30,870	+0,278	+15	07
21	M	294	2456951,5	01	57	27,417	+0,270	+15	17
22	M	295	2456952,5	02	01	23,965	+0,263	+15	27
23	J	296	2456953,5	02	05	20,513	+0,256	+15	36
24	V	297	2456954,5	02	09	17,063	+0,250	+15	44
25	S	298	2456955,5	02	13	13,615	+0,247	+15	51
26	D	299	2456956,5	02	17	10,170	+0,246	+15	58
27	L	300	2456957,5	02	21	06,727	+0,248	+16	04
28	M	301	2456958,5	02	25	03,285	+0,251	+16	10
29	M	302	2456959,5	02	28	59,845	+0,255	+16	14
30	J	303	2456960,5	02	32	56,404	+0,258	+16	18
31	V	304	2456961,5	02	36	52,961	+0,260	+16	21

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 2014

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	305	2456962,5	02	40	49,515	+0,259	+16	24
2	D	306	2456963,5	02	44	46,067	+0,255	+16	25
3	L	307	2456964,5	02	48	42,616	+0,249	+16	26
4	M	308	2456965,5	02	52	39,165	+0,243	+16	26
5	M	309	2456966,5	02	56	35,714	+0,237	+16	25
6	J	310	2456967,5	03	00	32,265	+0,232	+16	24
7	V	311	2456968,5	03	04	28,819	+0,231	+16	21
8	S	312	2456969,5	03	08	25,376	+0,232	+16	18
9	D	313	2456970,5	03	12	21,935	+0,235	+16	14
10	L	314	2456971,5	03	16	18,494	+0,240	+16	09
11	M	315	2456972,5	03	20	15,054	+0,244	+16	03
12	M	316	2456973,5	03	24	11,612	+0,247	+15	56
13	J	317	2456974,5	03	28	08,169	+0,248	+15	49
14	V	318	2456975,5	03	32	04,724	+0,248	+15	40
15	S	319	2456976,5	03	36	01,277	+0,246	+15	31
16	D	320	2456977,5	03	39	57,829	+0,242	+15	21
17	L	321	2456978,5	03	43	54,380	+0,238	+15	10
18	M	322	2456979,5	03	47	50,930	+0,233	+14	58
19	M	323	2456980,5	03	51	47,481	+0,228	+14	45
20	J	324	2456981,5	03	55	44,032	+0,224	+14	32
21	V	325	2456982,5	03	59	40,586	+0,223	+14	17
22	S	326	2456983,5	04	03	37,143	+0,224	+14	02
23	D	327	2456984,5	04	07	33,702	+0,228	+13	46
24	L	328	2456985,5	04	11	30,263	+0,234	+13	29
25	M	329	2456986,5	04	15	26,826	+0,241	+13	12
26	M	330	2456987,5	04	19	23,388	+0,247	+12	53
27	J	331	2456988,5	04	23	19,948	+0,252	+12	34
28	V	332	2456989,5	04	27	16,506	+0,255	+12	15
29	S	333	2456990,5	04	31	13,061	+0,254	+11	54
30	D	334	2456991,5	04	35	09,613	+0,251	+11	33

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:

$$595^{\mathrm{s}}\,\mathrm{sen}(199^\circ + 1{,}^\circ 9713\,d) + 441^{\mathrm{s}}\,\mathrm{sen}(175^\circ + 0{,}^\circ 9856\,d)$$

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

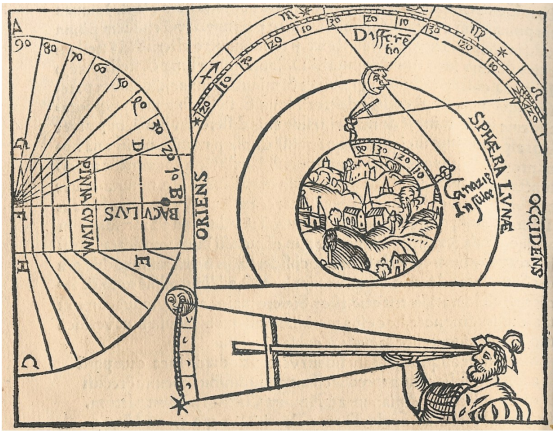
Diciembre 2014

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	335	2456992,5	04	39	06,165	+0,247	+11	11
2	M	336	2456993,5	04	43	02,716	+0,244	+10	49
3	M	337	2456994,5	04	46	59,269	+0,241	+10	26
4	J	338	2456995,5	04	50	55,825	+0,241	+10	02
5	V	339	2456996,5	04	54	52,383	+0,244	+09	38
6	S	340	2456997,5	04	58	48,943	+0,249	+09	14
7	D	341	2456998,5	05	02	45,504	+0,255	+08	48
8	L	342	2456999,5	05	06	42,066	+0,262	+08	23
9	M	343	2457000,5	05	10	38,628	+0,267	+07	56
10	M	344	2457001,5	05	14	35,187	+0,272	+07	30
11	J	345	2457002,5	05	18	31,745	+0,275	+07	03
12	V	346	2457003,5	05	22	28,301	+0,275	+06	35
13	S	347	2457004,5	05	26	24,856	+0,274	+06	07
14	D	348	2457005,5	05	30	21,409	+0,272	+05	39
15	L	349	2457006,5	05	34	17,961	+0,269	+05	10
16	M	350	2457007,5	05	38	14,513	+0,265	+04	41
17	M	351	2457008,5	05	42	11,066	+0,263	+04	12
18	J	352	2457009,5	05	46	07,621	+0,262	+03	43
19	V	353	2457010,5	05	50	04,178	+0,264	+03	13
20	S	354	2457011,5	05	54	00,738	+0,268	+02	43
21	D	355	2457012,5	05	57	57,300	+0,275	+02	14
22	L	356	2457013,5	06	01	53,863	+0,284	+01	44
23	M	357	2457014,5	06	05	50,428	+0,292	+01	14
24	M	358	2457015,5	06	09	46,990	+0,300	+00	44
25	J	359	2457016,5	06	13	43,550	+0,304	+00	14
26	V	360	2457017,5	06	17	40,107	+0,306	−00	16
27	S	361	2457018,5	06	21	36,661	+0,304	−00	46
28	D	362	2457019,5	06	25	33,213	+0,301	−01	15
29	L	363	2457020,5	06	29	29,766	+0,298	−01	44
30	M	364	2457021,5	06	33	26,319	+0,296	−02	14
31	M	365	2457022,5	06	37	22,874	+0,296	−02	42

La ecuación de tiempo se anula en las siguientes cuatro fechas: 15 de abril, 13 de junio, 1 de setiembre y 25 de diciembre. En estas fechas, el tiempo solar medio y el verdadero prácticamente coinciden.

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

EFEMERIDES ASTRONOMICAS



SOL

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

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 2014

Longitud media	$L_\odot =$	$279^\circ,588\,969 + 0^\circ,985\,647\,36\ d$
Anomalía media	$M_\odot =$	$356^\circ,409\,922 + 0^\circ,985\,600\,28\ d$
Longitud media del perigeo	$\varpi_\odot =$	$283^\circ,179\,047 + 0^\circ,000\,047\,08\ d$
Excentricidad promedio	$e_\odot =$	$0{,}016\,703\,02$
Oblicuidad media de la eclíptica	$\varepsilon =$	$23^\circ,437\,471 - 0^\circ,000\,000\,36\ d$

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

Longitud verdadera (error $< 30''$)

$$\begin{aligned}\odot &= L_\odot + 1^\circ,914\ \mathrm{sen}(M_\odot) + 0^\circ,020\ \mathrm{sen}(2\,M_\odot)\\ &= 279^\circ,584 + 0^\circ,98565\ d + 1^\circ,914\ \mathrm{sen}(0^\circ,9856\ d - 3^\circ,6)\\ &\quad + 0^\circ,020\ \mathrm{sen}(2^\circ d - 13^\circ)\end{aligned}$$

Duración de los años

año trópico:	$365^d,242\,189$	$365^d\ 05^h48^m45^s,11$	(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	$\alpha_{PN} = 286\overset{\circ}{,}16$
	$\delta_{PN} = 63\overset{\circ}{,}89$

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	N	$= 9''{,}205\,2331$
Constante de aberración	k	$= 20''{,}495\,51$
Oblicuidad de la eclíptica	$\varepsilon_\circ$	$= 23^\circ 26' 21''{,}406$
		$= 23^\circ{,}439\,2794$
		$= 84\,382''{,}406$

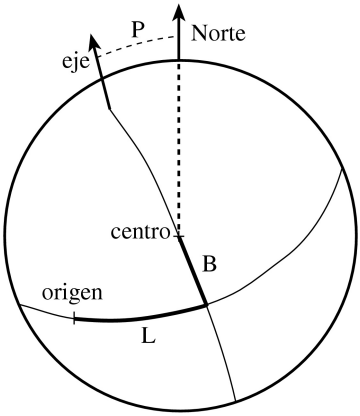
Efemérides del Sol para 2014

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

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

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

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



Cálculos aproximados

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

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

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

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

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

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

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

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

SOL Enero 2014

Día	en Madrid (TU) Orto	Culmin.	Ocaso	a 0h de TU Asc. recta	Declinac.	a 0h de TU P	B	L
	h m	*h m s*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	°	°	°
1 M	7 38	12 18 18	16 59	18 45 35,5	−23 01 17	02,1	−3,0	189,5
2 J	7 38	12 18 46	17 00	18 50 00,4	−22 56 15	01,6	−3,1	176,3
3 V	7 38	12 19 14	17 01	18 54 25,0	−22 50 45	01,1	−3,2	163,1
4 S	7 38	12 19 41	17 02	18 58 49,2	−22 44 48	00,6	−3,4	149,9
5 D	7 38	12 20 08	17 02	19 03 13,0	−22 38 24	00,2	−3,5	136,8
6 L	7 38	12 20 35	17 03	19 07 36,3	−22 31 33	−00,3	−3,6	123,5
7 M	7 38	12 21 01	17 04	19 11 59,1	−22 24 16	−00,8	−3,7	110,4
8 M	7 38	12 21 27	17 05	19 16 21,5	−22 16 32	−01,3	−3,7	97,3
9 J	7 38	12 21 52	17 06	19 20 43,3	−22 08 22	−01,8	−3,9	84,0
10 V	7 37	12 22 16	17 07	19 25 04,6	−21 59 46	−02,2	−4,0	70,9
11 S	7 37	12 22 40	17 08	19 29 25,3	−21 50 44	−02,7	−4,0	57,7
12 D	7 37	12 23 03	17 09	19 33 45,4	−21 41 16	−03,2	−4,2	44,6
13 L	7 37	12 23 26	17 11	19 38 04,8	−21 31 24	−03,7	−4,3	31,3
14 M	7 36	12 23 48	17 12	19 42 23,7	−21 21 06	−04,2	−4,4	18,3
15 M	7 36	12 24 09	17 13	19 46 41,9	−21 10 24	−04,5	−4,5	5,0
16 J	7 35	12 24 30	17 14	19 50 59,4	−20 59 17	−05,0	−4,5	351,8
17 V	7 35	12 24 49	17 15	19 55 16,2	−20 47 47	−05,5	−4,7	338,8
18 S	7 35	12 25 09	17 16	19 59 32,4	−20 35 52	−06,0	−4,8	325,6
19 D	7 34	12 25 27	17 17	20 03 47,8	−20 23 35	−06,5	−4,9	312,3
20 L	7 33	12 25 45	17 18	20 08 02,5	−20 10 54	−06,9	−5,0	299,2
21 M	7 33	12 26 02	17 20	20 12 16,5	−19 57 50	−07,4	−5,0	286,1
22 M	7 32	12 26 18	17 21	20 16 29,7	−19 44 24	−07,8	−5,2	272,8
23 J	7 32	12 26 34	17 22	20 20 42,2	−19 30 36	−08,3	−5,3	259,7
24 V	7 31	12 26 49	17 23	20 24 53,9	−19 16 26	−08,6	−5,4	246,6
25 S	7 30	12 27 03	17 24	20 29 04,9	−19 01 55	−09,1	−5,5	233,4
26 D	7 29	12 27 16	17 26	20 33 15,1	−18 47 02	−09,6	−5,5	220,1
27 L	7 29	12 27 28	17 27	20 37 24,5	−18 31 49	−10,0	−5,5	207,1
28 M	7 28	12 27 40	17 28	20 41 33,1	−18 16 16	−10,5	−5,7	193,9
29 M	7 27	12 27 51	17 29	20 45 41,0	−18 00 23	−10,9	−5,8	180,8
30 J	7 26	12 28 01	17 30	20 49 48,0	−17 44 11	−11,3	−5,9	167,6
31 V	7 25	12 28 10	17 32	20 53 54,2	−17 27 40	−11,6	−5,9	154,4

SOL Febrero 2014

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	7 24	12 28 19	17 33	20 57 59,6	−17 10 50	−12,1	−6,0	141,3
2 D	7 23	12 28 26	17 34	21 02 04,2	−16 53 42	−12,5	−6,0	128,1
3 L	7 22	12 28 33	17 35	21 06 07,9	−16 36 16	−12,9	−6,2	114,9
4 M	7 21	12 28 39	17 36	21 10 10,9	−16 18 33	−13,3	−6,2	101,8
5 M	7 20	12 28 44	17 38	21 14 12,9	−16 00 33	−13,6	−6,3	88,5
6 J	7 19	12 28 48	17 39	21 18 14,2	−15 42 17	−14,1	−6,4	75,4
7 V	7 18	12 28 52	17 40	21 22 14,7	−15 23 45	−14,5	−6,4	62,2
8 S	7 17	12 28 54	17 41	21 26 14,3	−15 04 57	−14,9	−6,5	49,1
9 D	7 16	12 28 56	17 43	21 30 13,1	−14 45 53	−15,1	−6,5	35,9
10 L	7 15	12 28 57	17 44	21 34 11,1	−14 26 35	−15,6	−6,5	22,8
11 M	7 13	12 28 58	17 45	21 38 08,4	−14 07 03	−16,0	−6,5	9,6
12 M	7 12	12 28 57	17 46	21 42 04,8	−13 47 16	−16,3	−6,7	356,3
13 J	7 11	12 28 56	17 47	21 46 00,5	−13 27 16	−16,7	−6,7	343,3
14 V	7 10	12 28 54	17 49	21 49 55,4	−13 07 03	−17,0	−6,8	330,1
15 S	7 08	12 28 51	17 50	21 53 49,6	−12 46 37	−17,3	−6,8	316,8
16 D	7 07	12 28 48	17 51	21 57 43,0	−12 25 59	−17,7	−6,9	303,7
17 L	7 06	12 28 43	17 52	22 01 35,8	−12 05 08	−18,0	−6,9	290,6
18 M	7 04	12 28 39	17 53	22 05 27,8	−11 44 06	−18,3	−6,9	277,3
19 M	7 03	12 28 33	17 55	22 09 19,2	−11 22 53	−18,7	−7,0	264,2
20 J	7 02	12 28 27	17 56	22 13 09,9	−11 01 29	−19,0	−7,0	251,1
21 V	7 00	12 28 20	17 57	22 16 59,9	−10 39 54	−19,3	−7,0	237,9
22 S	6 59	12 28 13	17 58	22 20 49,4	−10 18 10	−19,6	−7,0	224,6
23 D	6 58	12 28 04	17 59	22 24 38,2	−09 56 16	−19,8	−7,0	211,6
24 L	6 56	12 27 56	18 00	22 28 26,4	−09 34 13	−20,2	−7,0	198,4
25 M	6 55	12 27 47	18 01	22 32 14,1	−09 12 01	−20,3	−7,2	185,1
26 M	6 53	12 27 37	18 03	22 36 01,1	−08 49 40	−20,7	−7,2	172,1
27 J	6 52	12 27 27	18 04	22 39 47,7	−08 27 12	−21,0	−7,2	158,9
28 V	6 50	12 27 16	18 05	22 43 33,7	−08 04 36	−21,2	−7,2	145,6

SOL Marzo 2014

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 49	12 27 04	18 06	22 47 19,1	−07 41 53	−21,5	−7,2	132,5
2 D	6 47	12 26 53	18 07	22 51 04,1	−07 19 04	−21,7	−7,2	119,4
3 L	6 46	12 26 40	18 08	22 54 48,5	−06 56 08	−22,0	−7,2	106,2
4 M	6 44	12 26 27	18 09	22 58 32,5	−06 33 07	−22,2	−7,2	93,0
5 M	6 43	12 26 14	18 10	23 02 16,0	−06 09 60	−22,5	−7,3	79,8
6 J	6 41	12 26 00	18 12	23 05 59,1	−05 46 47	−22,7	−7,3	66,7
7 V	6 39	12 25 46	18 13	23 09 41,7	−05 23 31	−22,8	−7,3	53,5
8 S	6 38	12 25 32	18 14	23 13 23,9	−05 00 10	−23,1	−7,3	40,2
9 D	6 36	12 25 17	18 15	23 17 05,7	−04 36 45	−23,3	−7,2	27,1
10 L	6 35	12 25 01	18 16	23 20 47,2	−04 13 17	−23,5	−7,2	14,0
11 M	6 33	12 24 46	18 17	23 24 28,2	−03 49 46	−23,7	−7,2	0,8
12 M	6 32	12 24 30	18 18	23 28 09,0	−03 26 12	−23,8	−7,2	347,6
13 J	6 30	12 24 14	18 19	23 31 49,4	−03 02 35	−24,1	−7,2	334,3
14 V	6 28	12 23 57	18 20	23 35 29,5	−02 38 57	−24,2	−7,2	321,3
15 S	6 27	12 23 40	18 21	23 39 09,4	−02 15 17	−24,3	−7,2	308,1
16 D	6 25	12 23 23	18 22	23 42 49,0	−01 51 35	−24,6	−7,2	294,8
17 L	6 23	12 23 06	18 23	23 46 28,4	−01 27 53	−24,7	−7,0	281,7
18 M	6 22	12 22 48	18 25	23 50 07,6	−01 04 10	−24,8	−7,0	268,5
19 M	6 20	12 22 31	18 26	23 53 46,6	−00 40 27	−25,0	−7,0	255,3
20 J	6 19	12 22 13	18 27	23 57 25,5	−00 16 45	−25,1	−7,0	242,1
21 V	6 17	12 21 55	18 28	00 01 04,2	+00 06 58	−25,2	−7,0	229,0
22 S	6 15	12 21 37	18 29	00 04 42,9	+00 30 40	−25,3	−7,0	215,8
23 D	6 14	12 21 19	18 30	00 08 21,5	+00 54 20	−25,5	−7,0	202,6
24 L	6 12	12 21 01	18 31	00 11 60,0	+01 17 59	−25,6	−6,9	189,4
25 M	6 10	12 20 43	18 32	00 15 38,5	+01 41 36	−25,7	−6,9	176,1
26 M	6 09	12 20 25	18 33	00 19 16,9	+02 05 11	−25,8	−6,8	163,0
27 J	6 07	12 20 07	18 34	00 22 55,4	+02 28 43	−25,8	−6,8	149,9
28 V	6 05	12 19 49	18 35	00 26 33,9	+02 52 12	−25,8	−6,8	136,6
29 S	6 04	12 19 31	18 36	00 30 12,4	+03 15 38	−26,0	−6,7	123,5
30 D	6 02	12 19 13	18 37	00 33 50,9	+03 38 60	−26,0	−6,7	110,3
31 L	6 00	12 18 55	18 38	00 37 29,6	+04 02 18	−26,1	−6,5	97,0

Inicio de la primavera el día 20 a las 16^h57^m de TU.

SOL Abril 2014

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	5 59	12 18 37	18 39	00 41 08,3	+04 25 31	−26,1	−6,5	83,9
2 M	5 57	12 18 20	18 40	00 44 47,1	+04 48 40	−26,2	−6,5	70,7
3 J	5 56	12 18 02	18 41	00 48 26,1	+05 11 43	−26,2	−6,4	57,5
4 V	5 54	12 17 45	18 42	00 52 05,1	+05 34 41	−26,2	−6,4	44,2
5 S	5 52	12 17 27	18 43	00 55 44,3	+05 57 33	−26,3	−6,3	31,1
6 D	5 51	12 17 10	18 44	00 59 23,7	+06 20 19	−26,3	−6,3	17,8
7 L	5 49	12 16 53	18 45	01 03 03,3	+06 42 58	−26,3	−6,2	4,7
8 M	5 48	12 16 37	18 46	01 06 43,0	+07 05 30	−26,3	−6,0	351,5
9 M	5 46	12 16 20	18 47	01 10 23,0	+07 27 55	−26,3	−6,0	338,3
10 J	5 44	12 16 04	18 48	01 14 03,2	+07 50 12	−26,2	−6,0	325,2
11 V	5 43	12 15 48	18 49	01 17 43,6	+08 12 21	−26,2	−5,9	312,0
12 S	5 41	12 15 32	18 50	01 21 24,3	+08 34 22	−26,2	−5,9	298,8
13 D	5 40	12 15 17	18 51	01 25 05,3	+08 56 14	−26,1	−5,8	285,5
14 L	5 38	12 15 02	18 53	01 28 46,7	+09 17 57	−26,1	−5,7	272,3
15 M	5 37	12 14 47	18 54	01 32 28,3	+09 39 31	−26,0	−5,5	259,1
16 M	5 35	12 14 33	18 55	01 36 10,3	+10 00 56	−26,0	−5,5	245,9
17 J	5 34	12 14 19	18 56	01 39 52,6	+10 22 10	−25,8	−5,5	232,6
18 V	5 32	12 14 05	18 57	01 43 35,4	+10 43 14	−25,8	−5,4	219,5
19 S	5 31	12 13 52	18 58	01 47 18,5	+11 04 08	−25,7	−5,3	206,3
20 D	5 29	12 13 39	18 59	01 51 02,1	+11 24 51	−25,7	−5,2	193,1
21 L	5 28	12 13 27	19 00	01 54 46,1	+11 45 22	−25,6	−5,0	179,9
22 M	5 26	12 13 15	19 01	01 58 30,6	+12 05 42	−25,3	−5,0	166,6
23 M	5 25	12 13 04	19 02	02 02 15,5	+12 25 50	−25,3	−5,0	153,5
24 J	5 24	12 12 53	19 03	02 06 00,9	+12 45 46	−25,2	−4,9	140,3
25 V	5 22	12 12 42	19 04	02 09 46,7	+13 05 30	−25,1	−4,8	127,0
26 S	5 21	12 12 32	19 05	02 13 33,1	+13 25 00	−24,8	−4,7	113,9
27 D	5 19	12 12 23	19 06	02 17 20,0	+13 44 18	−24,8	−4,5	100,5
28 L	5 18	12 12 14	19 07	02 21 07,4	+14 03 21	−24,7	−4,5	87,4
29 M	5 17	12 12 06	19 08	02 24 55,3	+14 22 11	−24,5	−4,4	74,2
30 M	5 16	12 11 58	19 09	02 28 43,7	+14 40 47	−24,3	−4,3	61,0

SOL Mayo 2014

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 14	12 11 51	19 10	02 32 32,7	+14 59 08	−24,2	−4,2	47,7
2 V	5 13	12 11 44	19 11	02 36 22,2	+15 17 14	−24,0	−4,0	34,6
3 S	5 12	12 11 38	19 12	02 40 12,2	+15 35 05	−23,8	−4,0	21,3
4 D	5 11	12 11 32	19 13	02 44 02,8	+15 52 41	−23,6	−3,9	8,1
5 L	5 09	12 11 27	19 14	02 47 53,9	+16 10 01	−23,3	−3,7	354,8
6 M	5 08	12 11 22	19 15	02 51 45,5	+16 27 04	−23,2	−3,7	341,7
7 M	5 07	12 11 18	19 16	02 55 37,7	+16 43 51	−23,0	−3,6	328,5
8 J	5 06	12 11 14	19 17	02 59 30,4	+17 00 22	−22,7	−3,5	315,3
9 V	5 05	12 11 11	19 18	03 03 23,7	+17 16 35	−22,5	−3,4	302,0
10 S	5 04	12 11 09	19 19	03 07 17,5	+17 32 30	−22,3	−3,2	288,8
11 D	5 03	12 11 07	19 20	03 11 11,9	+17 48 09	−22,0	−3,1	275,6
12 L	5 02	12 11 06	19 21	03 15 06,8	+18 03 29	−21,8	−3,0	262,3
13 M	5 01	12 11 05	19 22	03 19 02,3	+18 18 31	−21,5	−2,9	249,1
14 M	5 00	12 11 05	19 23	03 22 58,4	+18 33 14	−21,3	−2,7	235,9
15 J	4 59	12 11 05	19 24	03 26 55,0	+18 47 39	−21,0	−2,7	222,6
16 V	4 58	12 11 06	19 25	03 30 52,2	+19 01 44	−20,7	−2,6	209,5
17 S	4 57	12 11 08	19 26	03 34 50,0	+19 15 31	−20,3	−2,5	196,1
18 D	4 56	12 11 10	19 27	03 38 48,4	+19 28 57	−20,2	−2,4	183,0
19 L	4 55	12 11 12	19 28	03 42 47,3	+19 42 04	−19,8	−2,2	169,8
20 M	4 54	12 11 15	19 29	03 46 46,8	+19 54 51	−19,6	−2,1	156,6
21 M	4 54	12 11 19	19 30	03 50 46,8	+20 07 18	−19,2	−2,0	143,3
22 J	4 53	12 11 24	19 31	03 54 47,4	+20 19 24	−18,8	−1,8	130,1
23 V	4 52	12 11 28	19 31	03 58 48,5	+20 31 09	−18,6	−1,8	116,9
24 S	4 51	12 11 34	19 32	04 02 50,2	+20 42 32	−18,3	−1,7	103,5
25 D	4 51	12 11 40	19 33	04 06 52,4	+20 53 35	−18,0	−1,5	90,4
26 L	4 50	12 11 46	19 34	04 10 55,2	+21 04 16	−17,6	−1,3	77,2
27 M	4 49	12 11 53	19 35	04 14 58,4	+21 14 35	−17,3	−1,3	63,9
28 M	4 49	12 12 01	19 36	04 19 02,1	+21 24 32	−16,8	−1,2	50,7
29 J	4 48	12 12 08	19 36	04 23 06,3	+21 34 07	−16,6	−1,1	37,5
30 V	4 48	12 12 17	19 37	04 27 10,9	+21 43 20	−16,2	−0,9	24,3
31 S	4 47	12 12 25	19 38	04 31 16,0	+21 52 10	−15,8	−0,8	11,0

SOL Junio 2014

Día	en Madrid (TU) Orto	Culmin.	Ocaso	a 0^h de TU Asc. recta	Declinac.	a 0^h de TU P	B	L
	h m	*h m s*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	°	°	°
1 D	4 47	12 12 34	19 39	04 35 21,4	+22 00 37	−15,5	−0,6	357,8
2 L	4 46	12 12 44	19 39	04 39 27,3	+22 08 41	−15,1	−0,6	344,6
3 M	4 46	12 12 54	19 40	04 43 33,5	+22 16 22	−14,6	−0,5	331,3
4 M	4 46	12 13 04	19 41	04 47 40,0	+22 23 39	−14,3	−0,3	318,1
5 J	4 45	12 13 14	19 41	04 51 46,9	+22 30 33	−13,9	−0,2	304,8
6 V	4 45	12 13 25	19 42	04 55 54,1	+22 37 03	−13,6	−0,1	291,6
7 S	4 45	12 13 36	19 43	05 00 01,7	+22 43 10	−13,1	+0,0	278,3
8 D	4 45	12 13 48	19 43	05 04 09,4	+22 48 52	−12,8	+0,2	265,1
9 L	4 44	12 13 59	19 44	05 08 17,5	+22 54 11	−12,4	+0,3	251,9
10 M	4 44	12 14 11	19 44	05 12 25,7	+22 59 05	−11,9	+0,4	238,6
11 M	4 44	12 14 23	19 45	05 16 34,2	+23 03 35	−11,5	+0,5	225,4
12 J	4 44	12 14 35	19 45	05 20 42,9	+23 07 41	−11,1	+0,6	212,1
13 V	4 44	12 14 48	19 46	05 24 51,8	+23 11 22	−10,6	+0,8	199,0
14 S	4 44	12 15 00	19 46	05 29 00,8	+23 14 38	−10,3	+0,9	185,6
15 D	4 44	12 15 13	19 47	05 33 10,0	+23 17 31	−09,8	+1,0	172,5
16 L	4 44	12 15 26	19 47	05 37 19,3	+23 19 58	−09,4	+1,1	159,3
17 M	4 44	12 15 39	19 47	05 41 28,7	+23 22 01	−09,0	+1,2	146,0
18 M	4 44	12 15 52	19 48	05 45 38,3	+23 23 39	−08,6	+1,3	132,8
19 J	4 44	12 16 05	19 48	05 49 47,8	+23 24 52	−08,1	+1,5	119,5
20 V	4 44	12 16 18	19 48	05 53 57,5	+23 25 40	−07,7	+1,6	106,3
21 S	4 45	12 16 31	19 48	05 58 07,1	+23 26 03	−07,2	+1,7	93,0
22 D	4 45	12 16 44	19 49	06 02 16,8	+23 26 02	−06,8	+1,8	79,8
23 L	4 45	12 16 57	19 49	06 06 26,4	+23 25 36	−06,4	+1,8	66,5
24 M	4 45	12 17 10	19 49	06 10 36,0	+23 24 45	−05,9	+2,1	53,4
25 M	4 46	12 17 23	19 49	06 14 45,5	+23 23 29	−05,5	+2,2	40,1
26 J	4 46	12 17 36	19 49	06 18 54,8	+23 21 49	−05,0	+2,2	26,8
27 V	4 46	12 17 48	19 49	06 23 04,1	+23 19 44	−04,5	+2,4	13,6
28 S	4 47	12 18 01	19 49	06 27 13,2	+23 17 14	−04,0	+2,5	0,4
29 D	4 47	12 18 13	19 49	06 31 22,1	+23 14 20	−03,7	+2,6	347,2
30 L	4 48	12 18 25	19 49	06 35 30,8	+23 11 02	−03,2	+2,7	333,8

Inicio del verano el día 21 a las 10^h51^m de TU.

SOL Julio 2014

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	4 48	12 18 37	19 49	06 39 39,3	+23 07 19	−02,7	+2,7	320,7
2 M	4 49	12 18 48	19 49	06 43 47,4	+23 03 12	−02,2	+3,0	307,5
3 J	4 49	12 19 00	19 49	06 47 55,3	+22 58 40	−01,8	+3,1	294,2
4 V	4 50	12 19 10	19 48	06 52 02,9	+22 53 45	−01,3	+3,2	281,0
5 S	4 50	12 19 21	19 48	06 56 10,2	+22 48 26	−00,9	+3,2	267,8
6 D	4 51	12 19 31	19 48	07 00 17,1	+22 42 43	−00,5	+3,4	254,5
7 L	4 52	12 19 41	19 48	07 04 23,6	+22 36 36	00,0	+3,5	241,3
8 M	4 52	12 19 50	19 47	07 08 29,7	+22 30 06	00,4	+3,6	228,1
9 M	4 53	12 19 59	19 47	07 12 35,5	+22 23 13	00,9	+3,7	214,8
10 J	4 54	12 20 08	19 46	07 16 40,8	+22 15 56	01,3	+3,7	201,6
11 V	4 54	12 20 16	19 46	07 20 45,6	+22 08 17	01,8	+3,9	188,4
12 S	4 55	12 20 23	19 45	07 24 50,1	+22 00 14	02,2	+4,0	175,1
13 D	4 56	12 20 31	19 45	07 28 54,0	+21 51 49	02,7	+4,0	161,9
14 L	4 56	12 20 37	19 44	07 32 57,5	+21 43 02	03,1	+4,2	148,6
15 M	4 57	12 20 43	19 44	07 37 00,5	+21 33 52	03,6	+4,3	135,4
16 M	4 58	12 20 49	19 43	07 41 03,1	+21 24 20	04,0	+4,4	122,2
17 J	4 59	12 20 54	19 43	07 45 05,1	+21 14 27	04,5	+4,5	109,0
18 V	5 00	12 20 59	19 42	07 49 06,6	+21 04 11	04,9	+4,5	95,7
19 S	5 00	12 21 03	19 41	07 53 07,6	+20 53 34	05,3	+4,7	82,5
20 D	5 01	12 21 07	19 41	07 57 08,1	+20 42 36	05,8	+4,8	69,3
21 L	5 02	12 21 10	19 40	08 01 08,0	+20 31 17	06,2	+4,9	56,0
22 M	5 03	12 21 13	19 39	08 05 07,4	+20 19 38	06,5	+5,0	42,7
23 M	5 04	12 21 15	19 38	08 09 06,3	+20 07 38	07,0	+5,0	29,6
24 J	5 05	12 21 16	19 37	08 13 04,5	+19 55 17	07,5	+5,0	16,3
25 V	5 06	12 21 17	19 36	08 17 02,3	+19 42 37	07,9	+5,2	3,1
26 S	5 06	12 21 17	19 36	08 20 59,4	+19 29 37	08,3	+5,3	349,8
27 D	5 07	12 21 17	19 35	08 24 55,9	+19 16 18	08,6	+5,4	336,7
28 L	5 08	12 21 16	19 34	08 28 51,8	+19 02 39	09,1	+5,5	323,3
29 M	5 09	12 21 14	19 33	08 32 47,1	+18 48 42	09,6	+5,5	310,2
30 M	5 10	12 21 12	19 32	08 36 41,8	+18 34 26	10,0	+5,5	297,0
31 J	5 11	12 21 09	19 31	08 40 35,9	+18 19 52	10,4	+5,7	283,7

SOL Agosto 2014

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 12	12 21 06	19 30	08 44 29,4	+18 05 01	10,8	+5,8	270,5
2 S	5 13	12 21 02	19 29	08 48 22,2	+17 49 51	11,1	+5,8	257,3
3 D	5 14	12 20 57	19 27	08 52 14,4	+17 34 24	11,6	+5,9	244,1
4 L	5 15	12 20 52	19 26	08 56 06,0	+17 18 40	11,9	+6,0	230,8
5 M	5 16	12 20 46	19 25	08 59 57,0	+17 02 39	12,3	+6,0	217,6
6 M	5 17	12 20 40	19 24	09 03 47,3	+16 46 22	12,6	+6,0	204,4
7 J	5 18	12 20 32	19 23	09 07 37,1	+16 29 49	13,1	+6,2	191,1
8 V	5 19	12 20 25	19 22	09 11 26,2	+16 12 59	13,5	+6,2	178,0
9 S	5 20	12 20 16	19 20	09 15 14,7	+15 55 54	13,8	+6,3	164,6
10 D	5 21	12 20 07	19 19	09 19 02,7	+15 38 34	14,1	+6,4	151,5
11 L	5 22	12 19 58	19 18	09 22 50,0	+15 20 59	14,6	+6,4	138,3
12 M	5 22	12 19 48	19 16	09 26 36,8	+15 03 09	14,9	+6,5	125,0
13 M	5 23	12 19 37	19 15	09 30 23,0	+14 45 05	15,3	+6,5	111,8
14 J	5 24	12 19 26	19 14	09 34 08,7	+14 26 46	15,6	+6,5	98,5
15 V	5 25	12 19 14	19 12	09 37 53,8	+14 08 14	15,9	+6,5	85,4
16 S	5 26	12 19 02	19 11	09 41 38,5	+13 49 28	16,3	+6,7	72,2
17 D	5 27	12 18 50	19 10	09 45 22,6	+13 30 29	16,6	+6,7	59,0
18 L	5 28	12 18 36	19 08	09 49 06,3	+13 11 17	16,8	+6,8	45,7
19 M	5 29	12 18 23	19 07	09 52 49,4	+12 51 52	17,3	+6,8	32,5
20 M	5 30	12 18 09	19 05	09 56 32,1	+12 32 15	17,6	+6,9	19,3
21 J	5 31	12 17 54	19 04	10 00 14,3	+12 12 26	17,8	+6,9	6,0
22 V	5 32	12 17 39	19 02	10 03 56,1	+11 52 25	18,2	+6,9	352,8
23 S	5 33	12 17 24	19 01	10 07 37,4	+11 32 13	18,5	+7,0	339,7
24 D	5 34	12 17 08	18 59	10 11 18,3	+11 11 51	18,8	+7,0	326,5
25 L	5 35	12 16 51	18 58	10 14 58,7	+10 51 17	19,1	+7,0	313,2
26 M	5 36	12 16 35	18 56	10 18 38,8	+10 30 33	19,3	+7,0	300,0
27 M	5 37	12 16 18	18 55	10 22 18,4	+10 09 40	19,7	+7,0	286,8
28 J	5 38	12 16 00	18 53	10 25 57,7	+09 48 36	20,0	+7,0	273,6
29 V	5 39	12 15 42	18 52	10 29 36,5	+09 27 24	20,2	+7,0	260,3
30 S	5 40	12 15 24	18 50	10 33 15,0	+09 06 02	20,5	+7,2	247,1
31 D	5 41	12 15 05	18 49	10 36 53,2	+08 44 32	20,8	+7,2	234,0

SOL Setiembre 2014

Día	en Madrid (TU) Orto	Culmin.	Ocaso	a 0h de TU Asc. recta	Declinac.	a 0h de TU P	B	L
	h m	*h m s*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	°	°	°
1 L	5 42	12 14 47	18 47	10 40 31,0	+08 22 53	21,0	+7,2	220,8
2 M	5 43	12 14 27	18 45	10 44 08,6	+08 01 07	21,3	+7,2	207,6
3 M	5 44	12 14 08	18 44	10 47 45,8	+07 39 12	21,5	+7,2	194,4
4 J	5 45	12 13 48	18 42	10 51 22,7	+07 17 11	21,8	+7,2	181,1
5 V	5 46	12 13 28	18 41	10 54 59,4	+06 55 02	22,0	+7,2	167,9
6 S	5 47	12 13 08	18 39	10 58 35,8	+06 32 47	22,2	+7,2	154,6
7 D	5 48	12 12 47	18 37	11 02 11,9	+06 10 25	22,3	+7,3	141,5
8 L	5 49	12 12 27	18 36	11 05 47,9	+05 47 58	22,7	+7,3	128,3
9 M	5 50	12 12 06	18 34	11 09 23,7	+05 25 24	22,8	+7,3	115,0
10 M	5 51	12 11 45	18 32	11 12 59,3	+05 02 45	23,1	+7,3	101,9
11 J	5 51	12 11 24	18 31	11 16 34,7	+04 40 01	23,3	+7,2	88,7
12 V	5 52	12 11 02	18 29	11 20 10,1	+04 17 12	23,5	+7,2	75,5
13 S	5 53	12 10 41	18 27	11 23 45,4	+03 54 19	23,7	+7,2	62,2
14 D	5 54	12 10 20	18 26	11 27 20,6	+03 31 21	23,8	+7,2	49,1
15 L	5 55	12 09 58	18 24	11 30 55,7	+03 08 19	24,0	+7,2	35,9
16 M	5 56	12 09 37	18 22	11 34 30,9	+02 45 14	24,2	+7,2	22,7
17 M	5 57	12 09 16	18 21	11 38 06,0	+02 22 05	24,3	+7,2	9,5
18 J	5 58	12 08 54	18 19	11 41 41,1	+01 58 54	24,5	+7,2	356,3
19 V	5 59	12 08 33	18 17	11 45 16,3	+01 35 40	24,7	+7,0	343,1
20 S	6 00	12 08 11	18 16	11 48 51,5	+01 12 23	24,8	+7,0	329,8
21 D	6 01	12 07 50	18 14	11 52 26,8	+00 49 05	24,8	+7,0	316,7
22 L	6 02	12 07 29	18 12	11 56 02,2	+00 25 46	25,1	+7,0	303,5
23 M	6 03	12 07 08	18 11	11 59 37,7	+00 02 25	25,2	+7,0	290,3
24 M	6 04	12 06 47	18 09	12 03 13,3	−00 20 57	25,3	+7,0	277,1
25 J	6 05	12 06 27	18 07	12 06 49,0	−00 44 19	25,3	+7,0	263,8
26 V	6 06	12 06 06	18 06	12 10 24,9	−01 07 41	25,5	+6,9	250,6
27 S	6 07	12 05 46	18 04	12 14 01,0	−01 31 03	25,6	+6,9	237,5
28 D	6 08	12 05 25	18 02	12 17 37,3	−01 54 25	25,7	+6,9	224,3
29 L	6 09	12 05 05	18 01	12 21 13,7	−02 17 45	25,8	+6,8	211,1
30 M	6 10	12 04 46	17 59	12 24 50,4	−02 41 04	25,8	+6,8	197,9

Inicio del otoño el día 23 a las $2^{h}29^{m}$ de TU.

SOL Octubre 2014

Día	en Madrid (TU) Orto	Culmin.	Ocaso	a 0^h de TU Asc. recta	Declinac.	a 0^h de TU P	B	L
	h m	*h m s*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	°	°	°
1 M	6 11	12 04 26	17 57	12 28 27,4	−03 04 22	26,0	+6,7	184,6
2 J	6 12	12 04 07	17 56	12 32 04,6	−03 27 37	26,0	+6,7	171,5
3 V	6 13	12 03 48	17 54	12 35 42,1	−03 50 50	26,1	+6,5	158,3
4 S	6 14	12 03 30	17 52	12 39 19,9	−04 14 00	26,1	+6,5	145,1
5 D	6 15	12 03 11	17 51	12 42 58,0	−04 37 08	26,2	+6,5	131,9
6 L	6 16	12 02 53	17 49	12 46 36,4	−05 00 11	26,2	+6,5	118,7
7 M	6 17	12 02 36	17 48	12 50 15,3	−05 23 11	26,2	+6,4	105,5
8 M	6 18	12 02 19	17 46	12 53 54,5	−05 46 07	26,3	+6,4	92,3
9 J	6 19	12 02 02	17 44	12 57 34,1	−06 08 58	26,3	+6,3	79,0
10 V	6 20	12 01 46	17 43	13 01 14,2	−06 31 45	26,3	+6,2	66,0
11 S	6 21	12 01 30	17 41	13 04 54,8	−06 54 26	26,3	+6,2	52,7
12 D	6 22	12 01 15	17 40	13 08 35,8	−07 17 02	26,3	+6,0	39,6
13 L	6 23	12 01 00	17 38	13 12 17,4	−07 39 32	26,3	+6,0	26,3
14 M	6 24	12 00 46	17 37	13 15 59,5	−08 01 55	26,2	+6,0	13,1
15 M	6 25	12 00 32	17 35	13 19 42,1	−08 24 12	26,2	+5,9	360,0
16 J	6 26	12 00 19	17 34	13 23 25,3	−08 46 22	26,2	+5,8	346,8
17 V	6 28	12 00 07	17 32	13 27 09,1	−09 08 25	26,1	+5,7	333,6
18 S	6 29	11 59 55	17 31	13 30 53,5	−09 30 20	26,1	+5,7	320,3
19 D	6 30	11 59 44	17 29	13 34 38,5	−09 52 06	26,0	+5,5	307,2
20 L	6 31	11 59 33	17 28	13 38 24,2	−10 13 45	25,8	+5,5	294,0
21 M	6 32	11 59 23	17 26	13 42 10,5	−10 35 14	25,8	+5,4	280,8
22 M	6 33	11 59 14	17 25	13 45 57,5	−10 56 33	25,8	+5,3	267,7
23 J	6 34	11 59 05	17 24	13 49 45,1	−11 17 43	25,7	+5,3	254,5
24 V	6 35	11 58 58	17 22	13 53 33,4	−11 38 43	25,6	+5,2	241,3
25 S	6 36	11 58 50	17 21	13 57 22,5	−11 59 33	25,5	+5,0	228,1
26 D	6 37	11 58 44	17 19	14 01 12,2	−12 20 11	25,3	+5,0	214,9
27 L	6 39	11 58 38	17 18	14 05 02,7	−12 40 38	25,2	+4,9	201,6
28 M	6 40	11 58 33	17 17	14 08 53,9	−13 00 53	25,1	+4,8	188,5
29 M	6 41	11 58 29	17 16	14 12 45,8	−13 20 56	25,0	+4,7	175,3
30 J	6 42	11 58 25	17 14	14 16 38,5	−13 40 46	24,8	+4,5	162,1
31 V	6 43	11 58 23	17 13	14 20 31,9	−14 00 23	24,7	+4,5	149,0

SOL Noviembre 2014

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 44	11 58 21	17 12	14 24 26,1	−14 19 47	24,5	+4,4	135,8
2 D	6 45	11 58 20	17 11	14 28 21,1	−14 38 57	24,3	+4,3	122,5
3 L	6 47	11 58 19	17 10	14 32 16,8	−14 57 52	24,2	+4,2	109,4
4 M	6 48	11 58 19	17 08	14 36 13,4	−15 16 33	24,0	+4,0	96,2
5 M	6 49	11 58 21	17 07	14 40 10,7	−15 34 59	23,8	+4,0	83,0
6 J	6 50	11 58 23	17 06	14 44 08,9	−15 53 09	23,6	+3,9	69,9
7 V	6 51	11 58 26	17 05	14 48 07,9	−16 11 04	23,3	+3,7	56,7
8 S	6 52	11 58 29	17 04	14 52 07,7	−16 28 42	23,2	+3,7	43,5
9 D	6 54	11 58 34	17 03	14 56 08,4	−16 46 04	22,8	+3,6	30,3
10 L	6 55	11 58 39	17 02	15 00 10,0	−17 03 08	22,7	+3,5	17,1
11 M	6 56	11 58 46	17 01	15 04 12,4	−17 19 56	22,5	+3,2	3,9
12 M	6 57	11 58 53	17 00	15 08 15,6	−17 36 25	22,2	+3,2	350,7
13 J	6 58	11 59 01	16 59	15 12 19,8	−17 52 37	22,0	+3,1	337,6
14 V	6 59	11 59 10	16 58	15 16 24,7	−18 08 30	21,7	+3,0	324,3
15 S	7 01	11 59 19	16 58	15 20 30,6	−18 24 03	21,3	+2,9	311,2
16 D	7 02	11 59 30	16 57	15 24 37,3	−18 39 18	21,2	+2,7	298,0
17 L	7 03	11 59 41	16 56	15 28 44,9	−18 54 13	20,8	+2,6	284,8
18 M	7 04	11 59 54	16 55	15 32 53,3	−19 08 47	20,6	+2,5	271,7
19 M	7 05	12 00 07	16 55	15 37 02,6	−19 23 01	20,3	+2,4	258,5
20 J	7 06	12 00 21	16 54	15 41 12,7	−19 36 54	20,0	+2,2	245,3
21 V	7 07	12 00 36	16 53	15 45 23,6	−19 50 26	19,7	+2,2	232,1
22 S	7 09	12 00 51	16 53	15 49 35,4	−20 03 36	19,3	+2,0	218,9
23 D	7 10	12 01 08	16 52	15 53 48,0	−20 16 25	19,0	+1,8	205,6
24 L	7 11	12 01 25	16 52	15 58 01,3	−20 28 51	18,7	+1,8	192,6
25 M	7 12	12 01 43	16 51	16 02 15,4	−20 40 54	18,3	+1,7	179,4
26 M	7 13	12 02 01	16 51	16 06 30,3	−20 52 34	18,0	+1,5	166,1
27 J	7 14	12 02 21	16 50	16 10 45,9	−21 03 51	17,6	+1,3	153,0
28 V	7 15	12 02 41	16 50	16 15 02,2	−21 14 44	17,3	+1,3	139,8
29 S	7 16	12 03 02	16 50	16 19 19,1	−21 25 12	16,8	+1,2	126,7
30 D	7 17	12 03 23	16 49	16 23 36,8	−21 35 17	16,5	+1,0	113,5

SOL Diciembre 2014

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 L	7 18	12 03 45	16 49	16 27 55,1	−21 44 57	16,1	+0,9	100,3
2 M	7 19	12 04 08	16 49	16 32 14,0	−21 54 12	15,8	+0,8	87,0
3 M	7 20	12 04 31	16 49	16 36 33,6	−22 03 01	15,4	+0,6	73,9
4 J	7 21	12 04 55	16 48	16 40 53,7	−22 11 25	15,0	+0,5	60,7
5 V	7 22	12 05 19	16 48	16 45 14,4	−22 19 24	14,6	+0,4	47,6
6 S	7 23	12 05 44	16 48	16 49 35,7	−22 26 56	14,1	+0,3	34,4
7 D	7 24	12 06 10	16 48	16 53 57,5	−22 34 02	13,6	+0,2	21,2
8 L	7 25	12 06 36	16 48	16 58 19,8	−22 40 42	13,3	+0,0	8,1
9 M	7 26	12 07 02	16 48	17 02 42,6	−22 46 55	12,9	−0,1	354,8
10 M	7 27	12 07 29	16 48	17 07 05,9	−22 52 41	12,5	−0,2	341,7
11 J	7 27	12 07 57	16 48	17 11 29,6	−22 58 00	12,0	−0,4	328,5
12 V	7 28	12 08 24	16 48	17 15 53,7	−23 02 52	11,6	−0,5	315,3
13 S	7 29	12 08 53	16 49	17 20 18,2	−23 07 17	11,1	−0,6	302,2
14 D	7 30	12 09 21	16 49	17 24 43,0	−23 11 14	10,6	−0,8	289,0
15 L	7 31	12 09 50	16 49	17 29 08,2	−23 14 43	10,3	−0,9	275,8
16 M	7 31	12 10 19	16 49	17 33 33,6	−23 17 45	09,8	−1,0	262,6
17 M	7 32	12 10 48	16 50	17 37 59,4	−23 20 18	09,4	−1,1	249,5
18 J	7 32	12 11 18	16 50	17 42 25,3	−23 22 24	08,9	−1,3	236,3
19 V	7 33	12 11 47	16 50	17 46 51,4	−23 24 01	08,4	−1,3	223,1
20 S	7 34	12 12 17	16 51	17 51 17,7	−23 25 10	08,0	−1,5	210,0
21 D	7 34	12 12 47	16 51	17 55 44,1	−23 25 52	07,5	−1,6	196,8
22 L	7 35	12 13 17	16 52	18 00 10,6	−23 26 05	07,0	−1,8	183,6
23 M	7 35	12 13 47	16 52	18 04 37,1	−23 25 49	06,5	−1,8	170,4
24 M	7 36	12 14 17	16 53	18 09 03,6	−23 25 06	06,0	−2,0	157,3
25 J	7 36	12 14 47	16 54	18 13 30,0	−23 23 54	05,5	−2,1	144,1
26 V	7 36	12 15 16	16 54	18 17 56,4	−23 22 14	05,0	−2,2	130,9
27 S	7 37	12 15 46	16 55	18 22 22,6	−23 20 06	04,5	−2,4	117,7
28 D	7 37	12 16 15	16 56	18 26 48,7	−23 17 30	04,2	−2,5	104,5
29 L	7 37	12 16 45	16 56	18 31 14,6	−23 14 26	03,7	−2,6	91,4
30 M	7 37	12 17 14	16 57	18 35 40,2	−23 10 54	03,2	−2,7	78,2
31 M	7 38	12 17 42	16 58	18 40 05,6	−23 06 54	02,7	−2,9	65,0

Inicio del invierno el día 21 a las 23^h 3^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:

$$\begin{aligned}
&\lambda_\odot \simeq \odot \simeq 280^\circ + 0{,}^\circ 9857\, d + 1{,}^\circ 9\ \mathrm{sen}(0{,}^\circ 9856\, d - 4^\circ) \\
&\beta_\odot \simeq 0^\circ
\end{aligned}$$

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 **2014**

Fecha		distancia *R* (UA)	semidiá–metro, *s*	movimiento diario (′/día)	paralaje horizontal	paso semidiám. por meridiano
Ene	1	0,98336	16′17″	61	8″,94	70ˢ,6
Ene	11	0,98343	16′17″	61	8″,94	70ˢ,0
Ene	21	0,98406	16′17″	61	8″,94	69ˢ,1
Ene	31	0,98521	16′16″	61	8″,93	68ˢ,0
Feb	10	0,98673	16′14″	61	8″,91	66ˢ,9
Feb	20	0,98868	16′12″	60	8″,89	65ˢ,8
Mar	2	0,99102	16′10″	60	8″,87	65ˢ,0
Mar	12	0,99353	16′07″	60	8″,85	64ˢ,4
Mar	22	0,99628	16′05″	60	8″,83	64ˢ,1
Abr	1	0,99917	16′02″	59	8″,80	64ˢ,1
Abr	11	1,00198	15′59″	59	8″,78	64ˢ,4
Abr	21	1,00479	15′57″	59	8″,75	65ˢ,0
May	1	1,00748	15′54″	58	8″,73	65ˢ,7
May	11	1,00985	15′52″	58	8″,71	66ˢ,5
May	21	1,01200	15′50″	58	8″,69	67ˢ,2
May	31	1,01382	15′48″	58	8″,67	67ˢ,9
Jun	10	1,01515	15′47″	57	8″,66	68ˢ,4
Jun	20	1,01612	15′46″	57	8″,65	68ˢ,5
Jun	30	1,01664	15′45″	57	8″,65	68ˢ,4
Jul	10	1,01660	15′45″	57	8″,65	67ˢ,9
Jul	20	1,01617	15′46″	57	8″,65	67ˢ,2
Jul	30	1,01527	15′47″	57	8″,66	66ˢ,4
Ago	9	1,01385	15′48″	57	8″,67	65ˢ,6
Ago	19	1,01213	15′50″	58	8″,69	64ˢ,8
Ago	29	1,01003	15′52″	58	8″,71	64ˢ,1
Set	8	1,00757	15′54″	58	8″,73	63ˢ,8
Set	18	1,00498	15′56″	59	8″,75	63ˢ,6
Set	28	1,00220	15′59″	59	8″,77	63ˢ,8
Oct	8	0,99929	16′02″	59	8″,80	64ˢ,3
Oct	18	0,99648	16′05″	60	8″,83	65ˢ,0
Oct	28	0,99374	16′07″	60	8″,85	66ˢ,0
Nov	7	0,99111	16′10″	60	8″,87	67ˢ,1
Nov	17	0,98885	16′12″	60	8″,89	68ˢ,3
Nov	27	0,98687	16′14″	61	8″,91	69ˢ,4
Dic	7	0,98524	16′16″	61	8″,93	70ˢ,2
Dic	17	0,98414	16′17″	61	8″,94	70ˢ,7
Dic	27	0,98348	16′17″	61	8″,94	70ˢ,8

Estos valores se refieren a las 0^h de Tiempo Universal.
1 ua (unidad astronómica) = 149 597 870,700 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 146. 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 1 de abril 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).

$$\text{orto} = 5^h59^m + (9^m) + (-2^m) = 6^h06^m \text{ TU}$$
$$\text{ocaso} = 18^h39^m + (9^m) - (-2^m) = 18^h50^m \text{ TU}$$

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

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

Para un lugar de longitud λ_E:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

(1) se calculan la longitud del Sol, $\odot$, y el instante de culminación para el lugar usando la corrección dada en tabla de la página 145 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	−32	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	−28	−30	Dic	2
Ene	15	−24	−25	−26	−27	−29	Nov	27
Ene	20	−22	−23	−25	−26	−28	Nov	22
Ene	25	−21	−22	−23	−24	−26	Nov	17
Ene	30	−20	−20	−21	−23	−24	Nov	12
Feb	4	−18	−19	−20	−21	−22	Nov	7
Feb	9	−16	−17	−18	−19	−20	Nov	2
Feb	14	−14	−15	−16	−16	−17	Oct	28
Feb	19	−12	−13	−13	−14	−15	Oct	23
Feb	24	−10	−11	−11	−12	−12	Oct	18
Mar	1	−8	−8	−9	−9	−10	Oct	13
Mar	6	−6	−6	−6	−7	−7	Oct	8
Mar	11	−4	−4	−4	−4	−4	Oct	3
Mar	16	−2	−2	−2	−2	−2	Set	28
Mar	21	1	1	1	1	1	Set	23
Mar	26	3	3	3	4	4	Set	17
Mar	31	5	5	6	6	7	Set	12
Abr	5	7	8	8	9	9	Set	7
Abr	10	9	10	10	11	12	Set	2
Abr	15	12	12	13	13	14	Ago	28
Abr	20	14	14	15	16	17	Ago	23
Abr	25	15	16	17	18	19	Ago	18
Abr	30	17	18	19	20	22	Ago	13
May	5	19	20	21	22	24	Ago	8
May	10	21	21	23	24	26	Ago	3
May	15	22	23	24	26	28	Jul	29
May	20	23	24	26	27	29	Jul	24
May	25	24	26	27	29	31	Jul	19
May	30	25	27	28	30	32	Jul	14
Jun	4	26	27	29	31	33	Jul	9
Jun	9	27	28	29	31	34	Jul	4
Jun	14	27	28	30	32	34	Jun	29
Jun	19	27	29	30	32	35	Jun	24

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

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

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

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

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

Crepúsculos

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

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

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

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

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

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

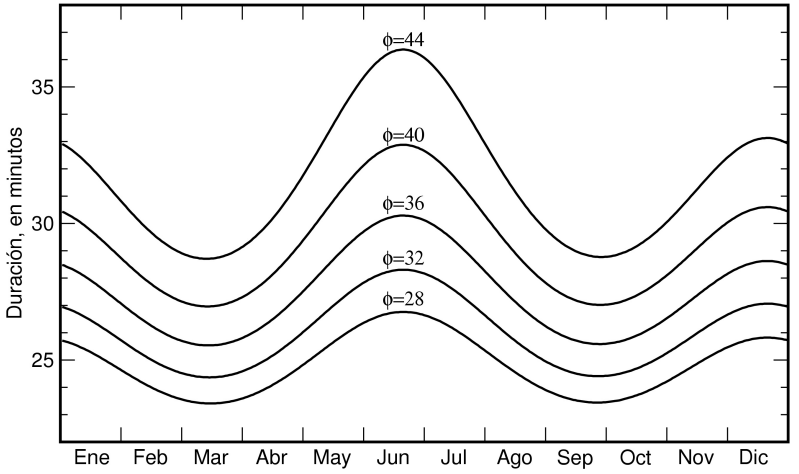
Duración, en minutos, del crepúsculo astronómico el día 15 del mes

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

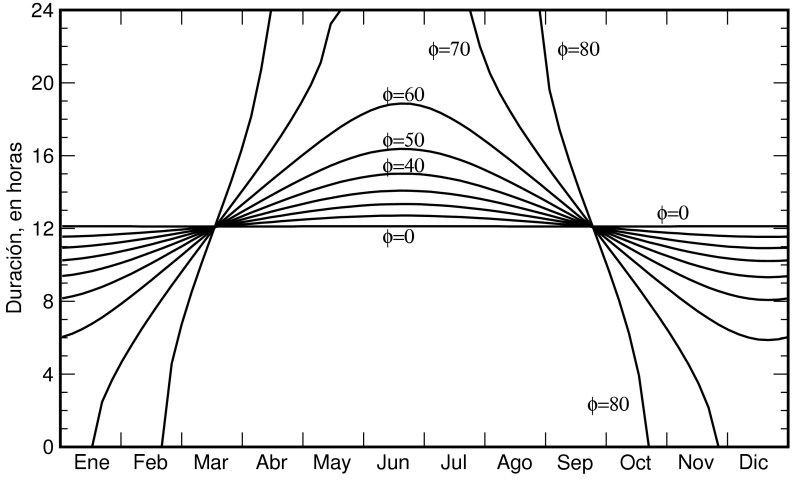
La duración aproximada del crepúsculo civil puede ser calculada mediante la siguiente fórmula, en la que ϕ es la latitud del lugar y $\delta_\odot$ es la declinación del Sol para el día considerado:

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

Duración del crepúsculo civil en función de la latitud ϕ



Duración del día en función de la latitud ϕ



Tiempo de insolación (o duración del día)

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

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

Tiempo de insolación

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

En Madrid se tiene, para el año 2014:

Día en que el Sol sale más tarde: 4 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: 8 de diciembre
Día de mayor duración: 21 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 $-3^{\mathrm{m}}54^{\mathrm{s}}$, luego el Sol pasará por el meridiano de Madrid a las:

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

valor que coincide con el dado en la tabla correspondiente.

Si se desea obtener el instante de paso por el meridiano del borde anterior o del posterior, hay que realizar una corrección adicional, para tener en cuenta el tiempo de paso del semidiámetro, el cual viene indicado para cada diez días en la tabla de la página 143:

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

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 2014

NRC	mes	día	hora	NRC	mes	día	hora	NRC	mes	día	hora
2146	Ene	15	9	2151	May	31	20	2156	Oct	14	24
2147	Feb	11	17	2152	Jun	28	1	2157	Nov	11	7
2148	Mar	11	1	2153	Jul	25	6	2158	Dic	8	15
2149	Abr	7	9	2154	Ago	21	11	2159	Ene	4	23
2150	May	4	15	2155	Set	17	17	2160	Feb	1	7

La primera rotación que se iniciará en 2014 es la número 2146, lo cual tendrá lugar el día 15 de enero a las $9^{h}.3$ TU. La primera rotación en 2015 será la número 2159, iniciándose el 4 de enero a las $22^{h}.5$ 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 2014

Longitud media	$L_{(} = 262^{\circ},653\,676 + 13^{\circ},176\,396\,46\ d$
Anomalía media	$M_{(} = 329^{\circ},749\,795 + 13^{\circ},064\,993\,01\ d$
Longitud del perigeo medio	$\varpi_{(} = 292^{\circ},903\,878 + 0^{\circ},111\,403\,44\ d$
Long. media del nodo ascendente	$\Omega_{(} = 214^{\circ},318\,401 - 0^{\circ},052\,953\,74\ d$
Elongación media referida al Sol	$D_{(} = 343^{\circ},064\,710 + 12^{\circ},190\,749\,10\ d$

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

Coordenadas eclípticas verdaderas

Desarrollos aproximados de longitud eclíptica, latitud eclíptica y paralaje:

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

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

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

Distancia

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

Otros datos orbitales

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

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

Traslación y rotación

Duración media de los meses:

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

Algunos periodos de interés:

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

Libraciones:

Desplazamiento máximo: en longitud: $7^\circ,9$ (periodo=mes anomalístico)
en latitud: $6^\circ,8$ (periodo=mes draconítico)
diurna: $1^\circ,0$
Desplazamiento medio:
libración óptica en longitud: $6^\circ,15$
libración óptica en latitud: $6^\circ,69$
libración física en longitud: $0^\circ,025$
libración física en latitud: $0^\circ,04$

Datos físicos

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

Masa	$\mathcal{M}_{(} = 7{,}3463\ 10^{22}$ 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 2014

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

Intervalo de tiempo menor entre lunas nuevas consecutivas: $29^d{,}274$

Intervalo de tiempo mayor entre lunas nuevas consecutivas: $29^d{,}829$

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

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 $27^d{,}90$

LUNA Enero 2014

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	7 14	12 19	17 28	18 16 01,6	−19 05 07	56,0799
2 J	8 07	13 21	18 40	19 19 55,4	−17 16 37	55,9635
3 V	8 53	14 20	19 54	20 22 04,3	−14 15 09	56,1584
4 S	9 33	15 16	21 06	21 21 33,5	−10 19 06	56,6369
5 D	10 10	16 09	22 15	22 18 11,4	−05 50 09	57,3408
6 L	10 44	16 59	23 23	23 12 18,3	−01 09 02	58,1945
7 M	11 18	17 48	** **	00 04 31,8	+03 26 51	59,1194
8 M	11 51	18 37	0 27	00 55 33,4	+07 43 46	60,0440
9 J	12 26	19 24	1 30	01 46 00,9	+11 31 08	60,9111
10 V	13 03	20 13	2 30	02 36 22,8	+14 40 42	61,6811
11 S	13 43	21 01	3 28	03 26 55,5	+17 06 03	62,3315
12 D	14 27	21 49	4 22	04 17 42,0	+18 42 26	62,8529
13 L	15 14	22 38	5 13	05 08 32,4	+19 26 53	63,2467
14 M	16 05	23 25	6 00	05 59 08,0	+19 18 38	63,5197
15 M	16 58	** **	6 42	06 49 07,1	+18 19 14	63,6811
16 J	17 53	0 12	7 20	07 38 11,8	+16 32 27	63,7383
17 V	18 49	0 57	7 55	08 26 12,6	+14 03 57	63,6949
18 S	19 46	1 42	8 27	09 13 11,7	+11 00 36	63,5500
19 D	20 43	2 25	8 57	09 59 22,5	+07 30 01	63,2983
20 L	21 41	3 08	9 26	10 45 09,0	+03 40 07	62,9324
21 M	22 40	3 51	9 55	11 31 03,1	−00 20 59	62,4445
22 M	23 40	4 36	10 25	12 17 43,1	−04 24 48	61,8319
23 J	** **	5 22	10 57	13 05 51,3	−08 22 02	61,0997
24 V	0 42	6 10	11 34	13 56 10,1	−12 02 00	60,2658
25 S	1 46	7 02	12 15	14 49 16,8	−15 12 13	59,3640
26 D	2 50	7 58	13 03	15 45 33,5	−17 38 18	58,4448
27 L	3 54	8 56	13 59	16 44 55,9	−19 05 10	57,5744
28 M	4 54	9 57	15 02	17 46 44,2	−19 19 37	56,8295
29 M	5 50	10 59	16 12	18 49 45,8	−18 14 13	56,2870
30 J	6 40	12 00	17 25	19 52 33,8	−15 50 37	56,0107
31 V	7 24	12 58	18 39	20 53 54,2	−12 20 22	56,0386

Luna nueva	$01^d\,11^h14^m$
Cuarto creciente	$08^d\,03^h39^m$
Luna llena	$16^d\,04^h52^m$
Cuarto menguante	$24^d\,05^h19^m$
Luna nueva	$30^d\,21^h39^m$

Perigeo	$1^d\,21^h$
Apogeo	$16^d\,02^h$
Perigeo	$30^d\,10^h$

LUNA Febrero 2014

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	8 04	13 54	19 52	21 53 04,5	−08 02 30	56,3737
2	D	8 41	14 48	21 03	22 49 56,4	−03 19 13	56,9829
3	L	9 16	15 39	22 11	23 44 46,7	+01 28 08	57,8028
4	M	9 51	16 30	23 17	00 38 04,3	+06 01 25	58,7539
5	M	10 26	17 19	** **	01 30 20,6	+10 06 41	59,7519
6	J	11 03	18 08	0 20	02 22 01,8	+13 33 44	60,7211
7	V	11 43	18 57	1 20	03 13 25,6	+16 15 33	61,5995
8	S	12 25	19 46	2 16	04 04 39,3	+18 07 37	62,3437
9	D	13 12	20 34	3 09	04 55 40,0	+19 07 32	62,9282
10	L	14 01	21 22	3 57	05 46 17,5	+19 14 51	63,3436
11	M	14 53	22 09	4 41	06 36 18,4	+18 30 57	63,5938
12	M	15 47	22 55	5 20	07 25 30,5	+16 59 03	63,6914
13	J	16 43	23 40	5 56	08 13 47,2	+14 43 53	63,6550
14	V	17 40	** **	6 29	09 01 09,9	+11 51 32	63,5042
15	S	18 37	0 24	7 00	09 47 48,8	+08 29 06	63,2566
16	D	19 35	1 07	7 30	10 34 02,2	+04 44 26	62,9268
17	L	20 34	1 51	7 59	11 20 15,2	+00 46 02	62,5231
18	M	21 34	2 35	8 29	12 06 58,3	−03 16 60	62,0503
19	M	22 35	3 20	9 01	12 54 45,4	−07 14 56	61,5099
20	J	23 37	4 08	9 35	13 44 10,5	−10 57 12	60,9029
21	V	** **	4 57	10 14	14 35 44,5	−14 12 14	60,2358
22	S	0 39	5 50	10 58	15 29 48,4	−16 47 39	59,5226
23	D	1 41	6 45	11 49	16 26 26,3	−18 30 44	58,7889
24	L	2 41	7 43	12 46	17 25 18,5	−19 10 02	58,0745
25	M	3 36	8 42	13 51	18 25 41,1	−18 37 28	57,4311
26	M	4 27	9 41	15 00	19 26 34,3	−16 50 53	56,9188
27	J	5 13	10 39	16 12	20 26 58,7	−13 55 36	56,5970
28	V	5 55	11 36	17 25	21 26 11,0	−10 04 14	56,5140

Cuarto creciente	$06^d\,19^h22^m$
Luna llena	$14^d\,23^h53^m$
Cuarto menguante	$22^d\,17^h15^m$

Apogeo	$12^d\,05^h$
Perigeo	$27^d\,20^h$

LUNA Marzo 2014

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 33	12 31	18 37	22 23 51,5	−05 34 55	56,6955
2 D	7 10	13 25	19 48	23 20 02,0	−00 48 17	57,1381
3 L	7 46	14 17	20 56	00 14 57,8	+03 55 23	57,8080
4 M	8 22	15 08	22 03	01 08 59,1	+08 18 18	58,6460
5 M	8 59	15 59	23 06	02 02 23,4	+12 06 26	59,5786
6 J	9 39	16 50	** **	02 55 21,3	+15 09 48	60,5276
7 V	10 22	17 40	0 05	03 47 55,0	+17 22 11	61,4210
8 S	11 07	18 29	1 01	04 39 58,6	+18 40 37	62,1994
9 D	11 56	19 17	1 51	05 31 21,6	+19 04 51	62,8196
10 L	12 47	20 04	2 37	06 21 52,8	+18 36 42	63,2561
11 M	13 41	20 51	3 18	07 11 24,4	+17 19 40	63,5000
12 M	14 36	21 36	3 55	07 59 54,6	+15 18 22	63,5575
13 J	15 32	22 20	4 29	08 47 29,3	+12 38 24	63,4458
14 V	16 29	23 04	5 01	09 34 22,0	+09 26 04	63,1921
15 S	17 27	23 48	5 32	10 20 52,6	+05 48 30	62,8264
16 D	18 26	** **	6 01	11 07 26,2	+01 53 39	62,3812
17 L	19 26	0 32	6 32	11 54 31,4	−02 09 28	61,8856
18 M	20 28	1 18	7 03	12 42 38,5	−06 10 47	61,3633
19 M	21 30	2 05	7 37	13 32 16,5	−09 59 02	60,8316
20 J	22 33	2 55	8 15	14 23 49,6	−13 22 02	60,3013
21 V	23 34	3 47	8 57	15 17 31,8	−16 07 07	59,7780
22 S	** **	4 41	9 46	16 13 21,6	−18 02 02	59,2667
23 D	0 34	5 37	10 40	17 10 58,2	−18 56 21	58,7741
24 L	1 30	6 34	11 40	18 09 42,7	−18 43 05	58,3139
25 M	2 21	7 31	12 46	19 08 46,9	−17 20 15	57,9077
26 M	3 07	8 28	13 54	20 07 25,0	−14 51 35	57,5859
27 J	3 49	9 23	15 04	21 05 05,8	−11 26 28	57,3842
28 V	4 28	10 17	16 15	22 01 37,2	−07 18 43	57,3382
29 S	5 04	11 10	17 25	22 57 04,5	−02 45 13	57,4754
30 D	5 40	12 02	18 34	23 51 43,9	+01 55 49	57,8080
31 L	6 16	12 54	19 41	00 45 54,6	+06 26 27	58,3268

Luna nueva	$01^d\,08^h00^m$
Cuarto creciente	$08^d\,13^h27^m$
Luna llena	$16^d\,17^h08^m$
Cuarto menguante	$24^d\,01^h46^m$
Luna nueva	$30^d\,18^h45^m$

Apogeo	$11^d\,20^h$
Perigeo	$27^d\,18^h$

LUNA Abril 2014

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	6 53	13 46	20 47	01 39 52,6	+10 30 33	59,0012
2	M	7 32	14 38	21 49	02 33 44,8	+13 54 54	59,7824
3	J	8 14	15 29	22 48	03 27 27,4	+16 30 04	60,6097
4	V	8 59	16 20	23 42	04 20 46,7	+18 10 36	61,4175
5	S	9 48	17 09	** **	05 13 23,4	+18 54 51	62,1446
6	D	10 39	17 58	0 30	06 04 58,6	+18 44 19	62,7384
7	L	11 32	18 45	1 14	06 55 19,1	+17 42 44	63,1604
8	M	12 26	19 30	1 53	07 44 21,6	+15 55 18	63,3872
9	M	13 22	20 15	2 28	08 32 12,9	+13 27 52	63,4111
10	J	14 18	20 58	3 01	09 19 09,7	+10 26 39	63,2411
11	V	15 16	21 42	3 31	10 05 36,3	+06 58 10	62,8986
12	S	16 14	22 27	4 01	10 52 02,3	+03 09 29	62,4183
13	D	17 14	23 12	4 32	11 39 00,8	−00 51 25	61,8408
14	L	18 16	23 59	5 03	12 27 06,0	−04 55 09	61,2122
15	M	19 19	** **	5 36	13 16 50,3	−08 50 40	60,5771
16	M	20 23	0 49	6 13	14 08 39,7	−12 25 13	59,9743
17	J	21 27	1 41	6 55	15 02 47,8	−15 24 55	59,4339
18	V	22 28	2 36	7 42	15 59 09,7	−17 35 57	58,9749
19	S	23 26	3 32	8 36	16 57 17,5	−18 46 34	58,6052
20	D	** **	4 29	9 35	17 56 23,2	−18 49 07	58,3245
21	L	0 19	5 27	10 38	18 55 29,8	−17 41 50	58,1275
22	M	1 06	6 23	11 45	19 53 47,2	−15 28 57	58,0090
23	M	1 48	7 17	12 53	20 50 44,5	−12 19 58	57,9682
24	J	2 27	8 10	14 01	21 46 14,0	−08 27 51	58,0092
25	V	3 03	9 02	15 10	22 40 28,2	−04 07 35	58,1415
26	S	3 37	9 53	16 17	23 33 51,6	+00 25 02	58,3766
27	D	4 12	10 44	17 24	00 26 52,4	+04 54 09	58,7225
28	L	4 48	11 35	18 30	01 19 55,3	+09 04 36	59,1799
29	M	5 26	12 26	19 33	02 13 15,2	+12 42 38	59,7376
30	M	6 07	13 18	20 34	03 06 53,3	+15 36 50	60,3716

Cuarto creciente	$07^d\,08^h31^m$
Luna llena	$15^d\,07^h43^m$
Cuarto menguante	$22^d\,07^h52^m$
Luna nueva	$29^d\,06^h14^m$

Apogeo	$8^d\,15^h$
Perigeo	$23^d\,00^h$

LUNA Mayo 2014

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	6 51	14 09	21 30	04 00 36,3	+17 39 06	61,0450
2 V	7 38	15 00	22 22	04 53 59,6	+18 45 07	61,7123
3 S	8 29	15 49	23 08	05 46 34,3	+18 54 32	62,3242
4 D	9 21	16 37	23 49	06 37 55,5	+18 10 14	62,8325
5 L	10 16	17 24	** **	07 27 49,1	+16 37 27	63,1946
6 M	11 11	18 09	0 26	08 16 14,7	+14 22 35	63,3785
7 M	12 07	18 52	1 00	09 03 25,3	+11 32 22	63,3647
8 J	13 04	19 36	1 31	09 49 44,7	+08 13 34	63,1489
9 V	14 01	20 19	2 01	10 35 44,8	+04 32 52	62,7420
10 S	15 00	21 04	2 31	11 22 03,1	+00 37 19	62,1708
11 D	16 01	21 50	3 01	12 09 19,8	−03 25 04	61,4759
12 L	17 03	22 39	3 33	12 58 15,2	−07 24 40	60,7089
13 M	18 08	23 30	4 09	13 49 25,5	−11 09 44	59,9283
14 M	19 13	** **	4 49	14 43 15,6	−14 26 18	59,1932
15 J	20 17	0 25	5 34	15 39 50,8	−16 59 04	58,5576
16 V	21 18	1 22	6 26	16 38 47,8	−18 33 26	58,0623
17 S	22 14	2 21	7 25	17 39 14,0	−18 58 30	57,7318
18 D	23 04	3 20	8 29	18 39 57,3	−18 09 54	57,5713
19 L	23 49	4 18	9 36	19 39 47,3	−16 11 03	57,5697
20 M	** **	5 14	10 45	20 37 55,3	−13 12 05	57,7046
21 M	0 29	6 08	11 53	21 34 03,2	−09 27 22	57,9478
22 J	1 05	6 59	13 01	22 28 20,5	−05 12 55	58,2726
23 V	1 39	7 50	14 08	23 21 15,1	−00 44 33	58,6585
24 S	2 13	8 39	15 14	00 13 22,6	+03 42 48	59,0907
25 D	2 48	9 29	16 18	01 05 17,5	+07 55 19	59,5617
26 L	3 24	10 19	17 21	01 57 26,5	+11 40 26	60,0660
27 M	4 02	11 10	18 22	02 50 03,5	+14 47 03	60,5984
28 M	4 45	12 01	19 20	03 43 06,1	+17 06 12	61,1491
29 J	5 30	12 51	20 14	04 36 16,3	+18 31 48	61,7015
30 V	6 20	13 42	21 02	05 29 05,3	+19 01 17	62,2320
31 S	7 12	14 30	21 46	06 21 01,3	+18 35 41	62,7105

Cuarto creciente	07^d 03^{h}15^m
Luna llena	14^d 19^{h}16^m
Cuarto menguante	21^d 12^{h}59^m
Luna nueva	28^d 18^{h}40^m

Apogeo	6^d 10^h
Perigeo	18^d 12^h

LUNA Junio 2014

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	8 06	15 18	22 25	07 11 39,0	+17 19 05	63,1029
2	L	9 01	16 03	23 00	08 00 46,0	+15 17 41	63,3743
3	M	9 56	16 48	23 32	08 48 24,8	+12 38 39	63,4930
4	M	10 53	17 31	** **	09 34 52,1	+09 29 20	63,4350
5	J	11 49	18 14	0 02	10 20 35,4	+05 56 50	63,1855
6	V	12 46	18 57	0 31	11 06 10,8	+02 08 06	62,7438
7	S	13 45	19 41	1 00	11 52 19,5	−01 49 41	62,1244
8	D	14 46	20 28	1 31	12 39 46,0	−05 48 26	61,3574
9	L	15 49	21 17	2 04	13 29 14,8	−09 38 21	60,4901
10	M	16 53	22 10	2 41	14 21 24,7	−13 07 20	59,5828
11	M	17 58	23 07	3 24	15 16 40,4	−16 00 52	58,7049
12	J	19 02	** **	4 13	16 15 00,9	−18 03 06	57,9286
13	V	20 02	0 06	5 09	17 15 50,5	−18 59 27	57,3185
14	S	20 57	1 07	6 13	18 17 59,1	−18 40 22	56,9231
15	D	21 45	2 07	7 21	19 19 60,0	−17 04 39	56,7666
16	L	22 28	3 06	8 32	20 20 36,5	−14 20 17	56,8466
17	M	23 07	4 02	9 42	21 19 03,3	−10 42 11	57,1363
18	M	23 43	4 56	10 52	22 15 11,0	−06 28 36	57,5925
19	J	** **	5 47	12 00	23 09 18,2	−01 57 51	58,1636
20	V	0 17	6 37	13 06	00 01 59,1	+02 33 31	58,8004
21	S	0 51	7 27	14 11	00 53 52,2	+06 51 13	59,4609
22	D	1 26	8 16	15 14	01 45 31,7	+10 43 10	60,1146
23	L	2 03	9 06	16 15	02 37 22,0	+13 59 07	60,7408
24	M	2 43	9 56	17 13	03 29 33,2	+16 30 42	61,3281
25	M	3 27	10 46	18 08	04 21 59,9	+18 11 42	61,8699
26	J	4 14	11 36	18 58	05 14 22,9	+18 58 35	62,3608
27	V	5 05	12 25	19 43	06 06 14,6	+18 50 49	62,7931
28	S	5 58	13 13	20 24	06 57 07,6	+17 50 60	63,1555
29	D	6 52	13 59	21 00	07 46 41,8	+16 04 12	63,4320
30	L	7 48	14 44	21 34	08 34 50,0	+13 37 12	63,6025

Cuarto creciente	05^d 20^{h}39^m
Luna llena	13^d 04^{h}11^m
Cuarto menguante	19^d 18^{h}39^m
Luna nueva	27^d 08^{h}09^m

Apogeo	3^d 04^h
Perigeo	15^d 04^h
Apogeo	30^d 19^h

LUNA Julio 2014

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 44	15 28	22 04	09 21 38,7	+10 37 34	63,6450
2	M	9 40	16 10	22 33	10 07 26,9	+07 12 56	63,5382
3	J	10 36	16 53	23 02	10 52 43,4	+03 30 45	63,2657
4	V	11 34	17 36	23 32	11 38 04,8	−00 21 43	62,8184
5	S	12 32	18 21	** **	12 24 12,4	−04 16 56	62,1992
6	D	13 32	19 07	0 03	13 11 50,9	−08 06 31	61,4250
7	L	14 35	19 57	0 37	14 01 44,0	−11 40 31	60,5297
8	M	15 38	20 51	1 15	14 54 29,3	−14 46 52	59,5645
9	M	16 42	21 48	2 00	15 50 28,3	−17 11 21	58,5956
10	J	17 44	22 48	2 52	16 49 35,3	−18 38 49	57,7001
11	V	18 42	23 49	3 52	17 51 08,1	−18 56 04	56,9571
12	S	19 35	** **	4 58	18 53 52,2	−17 55 40	56,4364
13	D	20 22	0 50	6 10	19 56 20,6	−15 39 14	56,1873
14	L	21 04	1 49	7 23	20 57 20,5	−12 17 56	56,2286
15	M	21 42	2 46	8 35	21 56 11,8	−08 09 49	56,5454
16	M	22 18	3 40	9 47	22 52 49,5	−03 35 43	57,0950
17	J	22 53	4 33	10 56	23 47 33,2	+01 04 20	57,8139
18	V	23 28	5 24	12 02	00 40 55,0	+05 33 09	58,6329
19	S	** **	6 14	13 07	01 33 28,6	+09 36 52	59,4860
20	D	0 05	7 04	14 09	02 25 41,5	+13 04 47	60,3186
21	L	0 44	7 54	15 08	03 17 50,9	+15 48 49	61,0903
22	M	1 26	8 44	16 03	04 10 00,6	+17 43 16	61,7754
23	M	2 12	9 33	16 55	05 02 02,2	+18 44 51	62,3608
24	J	3 01	10 22	17 41	05 53 37,6	+18 52 43	62,8423
25	V	3 53	11 10	18 23	06 44 25,5	+18 08 34	63,2204
26	S	4 47	11 57	19 01	07 34 07,5	+16 36 27	63,4970
27	D	5 42	12 42	19 36	08 22 33,6	+14 22 13	63,6724
28	L	6 37	13 26	20 07	09 09 44,1	+11 32 56	63,7437
29	M	7 33	14 09	20 37	09 55 50,9	+08 16 16	63,7041
30	M	8 29	14 51	21 06	10 41 15,1	+04 39 60	63,5429
31	J	9 26	15 34	21 35	11 26 25,5	+00 51 55	63,2495

Cuarto creciente	05^d 11^{h}59^m
Luna llena	12^d 11^{h}25^m
Cuarto menguante	19^d 02^{h}08^m
Luna nueva	26^d 22^{h}42^m

Perigeo	13^d 09^h
Apogeo	28^d 04^h

LUNA Agosto 2014

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	10 23	16 17	22 05	12 11 56,6	−03 00 11	62,8147
2 S	11 22	17 02	22 37	12 58 26,9	−06 48 12	62,2344
3 D	12 22	17 50	23 13	13 46 36,4	−10 23 11	61,5148
4 L	13 23	18 40	23 53	14 37 02,8	−13 34 58	60,6744
5 M	14 25	19 34	** **	15 30 16,0	−16 11 45	59,7482
6 M	15 26	20 30	0 40	16 26 29,0	−18 00 31	58,7879
7 J	16 25	21 30	1 34	17 25 28,9	−18 48 17	57,8603
8 V	17 20	22 30	2 36	18 26 32,7	−18 24 46	57,0431
9 S	18 10	23 30	3 44	19 28 33,5	−16 45 43	56,4146
10 D	18 55	** **	4 56	20 30 18,8	−13 55 23	56,0414
11 L	19 36	0 29	6 10	21 30 51,4	−10 06 39	55,9663
12 M	20 14	1 26	7 24	22 29 41,9	−05 38 45	56,1985
13 M	20 51	2 21	8 36	23 26 47,9	−00 53 32	56,7113
14 J	21 27	3 15	9 47	00 22 25,1	+03 48 10	57,4484
15 V	22 05	4 07	10 54	01 16 56,8	+08 08 38	58,3353
16 S	22 44	4 59	11 59	02 10 45,0	+11 54 13	59,2922
17 D	23 26	5 50	13 00	03 04 04,8	+14 55 15	60,2457
18 L	** **	6 40	13 58	03 57 01,4	+17 05 39	61,1355
19 M	0 10	7 30	14 51	04 49 30,1	+18 22 19	61,9178
20 M	0 58	8 19	15 39	05 41 19,4	+18 44 50	62,5660
21 J	1 49	9 08	16 23	06 32 14,9	+18 15 02	63,0682
22 V	2 42	9 54	17 02	07 22 04,1	+16 56 40	63,4240
23 S	3 37	10 40	17 37	08 10 40,8	+14 55 03	63,6414
24 D	4 32	11 24	18 10	08 58 06,7	+12 16 35	63,7313
25 L	5 28	12 08	18 41	09 44 32,0	+09 08 23	63,7057
26 M	6 24	12 51	19 10	10 30 14,6	+05 38 04	63,5746
27 M	7 21	13 33	19 39	11 15 38,5	+01 53 32	63,3436
28 J	8 18	14 16	20 09	12 01 12,2	−01 57 03	63,0145
29 V	9 16	15 01	20 40	12 47 27,4	−05 45 09	62,5865
30 S	10 14	15 47	21 14	13 34 57,1	−09 21 45	62,0573
31 D	11 14	16 35	21 52	14 24 12,7	−12 37 09	61,4280

Cuarto creciente	$04^d\ 00^h50^m$
Luna llena	$10^d\ 18^h10^m$
Cuarto menguante	$17^d\ 12^h26^m$
Luna nueva	$25^d\ 14^h13^m$

Perigeo	$10^d\ 18^h$
Apogeo	$24^d\ 06^h$

LUNA Setiembre 2014

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	12 14	17 26	22 35	15 15 40,3	−15 20 48	60,7061
2 M	13 14	18 20	23 24	16 09 35,3	−17 21 31	59,9091
3 M	14 12	19 16	** **	17 05 55,9	−18 28 14	59,0692
4 J	15 06	20 14	0 21	18 04 19,5	−18 31 23	58,2325
5 V	15 57	21 12	1 24	19 04 04,2	−17 25 04	57,4597
6 S	16 44	22 11	2 32	20 04 18,0	−15 09 09	56,8194
7 D	17 26	23 08	3 44	21 04 13,1	−11 50 33	56,3794
8 L	18 06	** **	4 57	22 03 17,0	−07 43 02	56,1948
9 M	18 44	0 04	6 11	23 01 17,1	−03 05 22	56,2968
10 M	19 22	0 59	7 23	23 58 16,8	+01 41 21	56,6843
11 J	20 00	1 54	8 34	00 54 28,3	+06 16 33	57,3232
12 V	20 40	2 47	9 42	01 50 03,9	+10 22 35	58,1528
13 S	21 22	3 40	10 47	02 45 10,3	+13 45 59	59,0961
14 D	22 06	4 32	11 47	03 39 45,6	+16 17 56	60,0737
15 L	22 54	5 24	12 43	04 33 39,7	+17 53 59	61,0119
16 M	23 44	6 14	13 34	05 26 37,5	+18 33 28	61,8502
17 M	** **	7 04	14 20	06 18 24,2	+18 18 36	62,5461
18 J	0 37	7 51	15 01	07 08 49,4	+17 13 37	63,0734
19 V	1 31	8 37	15 38	07 57 50,6	+15 24 04	63,4228
20 S	2 26	9 22	16 11	08 45 33,9	+12 56 17	63,5988
21 D	3 21	10 06	16 43	09 32 13,4	+09 56 58	63,6152
22 L	4 18	10 49	17 13	10 18 09,4	+06 33 13	63,4930
23 M	5 14	11 32	17 42	11 03 47,1	+02 52 31	63,2561
24 M	6 11	12 15	18 12	11 49 34,5	−00 57 10	62,9277
25 J	7 09	12 59	18 43	12 36 01,1	−04 47 10	62,5271
26 V	8 08	13 45	19 17	13 23 36,1	−08 28 02	62,0690
27 S	9 08	14 33	19 53	14 12 45,6	−11 49 35	61,5631
28 D	10 08	15 23	20 35	15 03 49,5	−14 41 03	61,0150
29 L	11 08	16 15	21 21	15 56 57,2	−16 51 31	60,4284
30 M	12 05	17 10	22 14	16 52 03,6	−18 10 46	59,8099

Cuarto creciente	$02^d\ 11^h11^m$
Luna llena	$09^d\ 01^h38^m$
Cuarto menguante	$16^d\ 02^h05^m$
Luna nueva	$24^d\ 06^h14^m$

Perigeo	$8^d\ 04^h$
Apogeo	$20^d\ 15^h$

LUNA Octubre 2014

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	13 00	18 05	23 13	17 48 47,8	−18 30 26	59,1728
2	J	13 50	19 02	** **	18 46 35,5	−17 45 21	58,5393
3	V	14 36	19 58	0 17	19 44 47,4	−15 54 52	57,9438
4	S	15 19	20 54	1 25	20 42 49,1	−13 03 30	57,4306
5	D	15 59	21 49	2 35	21 40 19,2	−09 20 57	57,0507
6	L	16 37	22 43	3 46	22 37 11,8	−05 01 28	56,8527
7	M	17 14	23 37	4 58	23 33 33,9	−00 22 33	56,8752
8	M	17 52	** **	6 09	00 29 39,3	+04 16 38	57,1358
9	J	18 31	0 31	7 19	01 25 40,4	+08 37 09	57,6267
10	V	19 13	1 25	8 27	02 21 41,9	+12 22 21	58,3130
11	S	19 58	2 19	9 31	03 17 37,0	+15 19 24	59,1386
12	D	20 45	3 13	10 31	04 13 06,7	+17 20 17	60,0343
13	L	21 36	4 05	11 25	05 07 44,9	+18 21 59	60,9277
14	M	22 28	4 56	12 14	06 01 05,6	+18 25 46	61,7515
15	M	23 23	5 45	12 57	06 52 49,9	+17 36 04	62,4499
16	J	** **	6 32	13 36	07 42 50,6	+15 59 07	62,9821
17	V	0 18	7 17	14 11	08 31 13,4	+13 41 56	63,3246
18	S	1 13	8 02	14 43	09 18 14,7	+10 51 36	63,4700
19	D	2 09	8 45	15 14	10 04 19,4	+07 35 04	63,4261
20	L	3 05	9 28	15 43	10 49 57,3	+03 59 19	63,2136
21	M	4 02	10 11	16 13	11 35 41,3	+00 11 39	62,8625
22	M	5 00	10 55	16 44	12 22 05,3	−03 39 53	62,4087
23	J	6 00	11 41	17 17	13 09 41,7	−07 26 09	61,8894
24	V	7 00	12 29	17 53	13 58 58,9	−10 56 43	61,3401
25	S	8 01	13 19	18 33	14 50 16,8	−14 00 04	60,7898
26	D	9 02	14 11	19 19	15 43 42,1	−16 24 14	60,2597
27	L	10 01	15 06	20 10	16 39 04,4	−17 57 57	59,7632
28	M	10 56	16 01	21 07	17 35 54,8	−18 32 19	59,3054
29	M	11 48	16 57	22 09	18 33 31,0	−18 02 18	58,8883
30	J	12 35	17 53	23 15	19 31 08,3	−16 27 46	58,5142
31	V	13 18	18 47	** **	20 28 11,0	−13 53 35	58,1896

Cuarto creciente	01^d 19^{h}33^m
Luna llena	08^d 10^{h}51^m
Cuarto menguante	15^d 19^{h}12^m
Luna nueva	23^d 21^{h}57^m
Cuarto creciente	31^d 02^{h}48^m

Perigeo	6^d 10^h
Apogeo	18^d 06^h

LUNA Noviembre 2014

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	13 57	19 40	0 22	21 24 21,0	−10 28 56	57,9281
2 D	14 34	20 33	1 31	22 19 39,2	−06 26 12	57,7503
3 L	15 10	21 26	2 40	23 14 21,5	−02 00 03	57,6825
4 M	15 46	22 18	3 49	00 08 51,5	+02 33 24	57,7512
5 M	16 24	23 11	4 58	01 03 33,2	+06 57 23	57,9762
6 J	17 04	** **	6 06	01 58 42,5	+10 55 34	58,3641
7 V	17 47	0 05	7 12	02 54 21,5	+14 13 21	58,9050
8 S	18 34	0 59	8 15	03 50 15,1	+16 39 26	59,5697
9 D	19 24	1 52	9 12	04 45 53,2	+18 07 03	60,3132
10 L	20 17	2 45	10 05	05 40 38,3	+18 34 29	61,0807
11 M	21 11	3 36	10 51	06 33 56,0	+18 04 29	61,8120
12 M	22 07	4 24	11 33	07 25 24,0	+16 43 04	62,4506
13 J	23 02	5 11	12 10	08 14 56,6	+14 37 53	62,9479
14 V	23 58	5 56	12 43	09 02 44,3	+11 56 58	63,2673
15 S	** **	6 40	13 14	09 49 10,2	+08 48 02	63,3870
16 D	0 54	7 22	13 44	10 34 46,2	+05 18 14	63,3014
17 L	1 50	8 05	14 13	11 20 09,2	+01 34 30	63,0208
18 M	2 48	8 48	14 43	12 05 59,1	−02 16 03	62,5707
19 M	3 46	9 33	15 15	12 52 55,6	−06 05 22	61,9888
20 J	4 46	10 21	15 50	13 41 36,1	−09 44 03	61,3232
21 V	5 48	11 10	16 29	14 32 30,3	−13 00 52	60,6263
22 S	6 50	12 03	17 13	15 25 54,7	−15 43 11	59,9501
23 D	7 51	12 58	18 03	16 21 45,0	−17 37 55	59,3401
24 L	8 50	13 55	19 00	17 19 31,8	−18 33 34	58,8306
25 M	9 44	14 52	20 01	18 18 23,5	−18 22 42	58,4415
26 M	10 34	15 48	21 07	19 17 18,6	−17 03 49	58,1777
27 J	11 18	16 44	22 14	20 15 23,7	−14 41 50	58,0318
28 V	11 59	17 37	23 22	21 12 06,6	−11 26 58	57,9891
29 S	12 36	18 30	** **	22 07 21,5	−07 32 39	58,0332
30 D	13 12	19 21	0 31	23 01 24,2	−03 13 48	58,1516

Luna llena	06^d 22^{h}23^m
Cuarto menguante	14^d 15^{h}15^m
Luna nueva	22^d 12^{h}32^m
Cuarto creciente	29^d 10^{h}06^m

Perigeo	3^d 01^h
Apogeo	15^d 02^h
Perigeo	27^d 23^h

LUNA Diciembre 2014

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	13 47	20 12	1 38	23 54 43,7	+01 14 25	58,3374
2	M	14 22	21 03	2 45	00 47 53,6	+05 37 03	58,5905
3	M	15 00	21 55	3 52	01 41 23,0	+09 39 44	58,9153
4	J	15 41	22 48	4 57	02 35 30,1	+13 09 01	59,3164
5	V	16 25	23 41	6 00	03 30 16,1	+15 53 15	59,7935
6	S	17 13	** **	7 00	04 25 23,4	+17 43 39	60,3378
7	D	18 04	0 33	7 55	05 20 18,5	+18 35 27	60,9301
8	L	18 59	1 25	8 44	06 14 21,4	+18 28 27	61,5401
9	M	19 54	2 16	9 28	07 06 56,4	+17 26 35	62,1293
10	M	20 50	3 04	10 07	07 57 41,5	+15 36 45	62,6535
11	J	21 47	3 50	10 42	08 46 32,5	+13 07 20	63,0696
12	V	22 42	4 34	11 14	09 33 41,9	+10 06 57	63,3375
13	S	23 38	5 17	11 45	10 19 35,1	+06 43 41	63,4261
14	D	** **	5 59	12 14	11 04 46,5	+03 04 56	63,3166
15	L	0 35	6 42	12 43	11 49 55,9	−00 42 18	63,0042
16	M	1 32	7 25	13 13	12 35 46,5	−04 30 55	62,5004
17	M	2 30	8 11	13 46	13 23 01,8	−08 12 58	61,8333
18	J	3 31	8 59	14 22	14 12 22,6	−11 38 58	61,0471
19	V	4 32	9 50	15 03	15 04 21,1	−14 37 30	60,1990
20	S	5 34	10 44	15 51	15 59 13,0	−16 55 29	59,3556
21	D	6 36	11 40	16 45	16 56 48,4	−18 19 24	58,5848
22	L	7 34	12 39	17 46	17 56 26,3	−18 37 55	57,9485
23	M	8 27	13 38	18 52	18 57 00,9	−17 44 57	57,4939
24	M	9 15	14 36	20 01	19 57 18,8	−15 42 02	57,2465
25	J	9 59	15 32	21 12	20 56 20,9	−12 38 19	57,2076
26	V	10 38	16 26	22 21	21 53 36,9	−08 48 30	57,3567
27	S	11 15	17 19	23 30	22 49 06,4	−04 29 49	57,6586
28	D	11 50	18 10	** **	23 43 11,0	+00 00 28	58,0712
29	L	12 25	19 00	0 38	00 36 23,7	+04 26 26	58,5536
30	M	13 02	19 51	1 44	01 29 18,6	+08 33 58	59,0732
31	M	13 40	20 43	2 48	02 22 23,8	+12 10 45	59,6072

Luna llena	$06^d\ 12^h27^m$
Cuarto menguante	$14^d\ 12^h51^m$
Luna nueva	$22^d\ 01^h36^m$
Cuarto creciente	$28^d\ 18^h31^m$

Apogeo	$12^d\ 23^h$
Perigeo	$24^d\ 17^h$

Ortos y ocasos de la Luna

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ejemplo: determinación de los instantes de salida y puesta de la Luna en Palma de Mallorca (latitud $39^{\circ}5$) el día 27 de octubre, en que su declinación media es de -18° y el horario oficial es el de invierno:

$$\begin{aligned}\text{orto} &= 10^{\text{h}}01^{\text{m}} - 25^{\text{m}} + (-2^{\text{m}}) = 9^{\text{h}}34^{\text{m}}\ \text{TU} = 10^{\text{h}}34^{\text{m}}\ \text{TO}\\ \text{ocaso} &= 20^{\text{h}}10^{\text{m}} - 25^{\text{m}} - (-2^{\text{m}}) = 19^{\text{h}}47^{\text{m}}\ \text{TU} = 20^{\text{h}}47^{\text{m}}\ \text{TO}\end{aligned}$$

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 $r_{\leftmoon}$, el semidiámetro $s_{\leftmoon}$ y la paralaje ecuatorial horizontal $\pi_{\leftmoon}$ 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:

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

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

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

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

$\pi_{\leftmoon}$		$s_{\leftmoon}$		Distancia, $r_{\leftmoon}$		$\pi_{\leftmoon}$		$s_{\leftmoon}$		Distancia, $r_{\leftmoon}$	
′	″	′	″	$\mathcal{R}_\oplus$	km	′	″	′	″	$\mathcal{R}_\oplus$	km
53	50	14	40	63,862	407 319						
54	0	14	43	63,665	406 062	58	0	15	48	59,274	378 060
54	10	14	46	63,469	404 812	58	10	15	51	59,104	376 977
54	20	14	48	63,274	403 571	58	20	15	54	58,936	375 900
54	30	14	51	63,081	402 337	58	30	15	56	58,768	374 829
54	40	14	54	62,888	401 110	58	40	15	59	58,601	373 764
54	50	14	56	62,697	399 891	58	50	16	2	58,435	372 705
55	0	14	59	62,507	398 679	59	0	16	5	58,270	371 653
55	10	15	2	62,318	397 475	59	10	16	7	58,106	370 606
55	20	15	5	62,131	396 278	59	20	16	10	57,942	369 565
55	30	15	7	61,944	395 088	59	30	16	13	57,780	368 530
55	40	15	10	61,759	393 905	59	40	16	15	57,619	367 501
55	50	15	13	61,574	392 729	59	50	16	18	57,458	366 477
56	0	15	16	61,391	391 561	60	0	16	21	57,299	365 459
56	10	15	18	61,209	390 399	60	10	16	24	57,140	364 447
56	20	15	21	61,028	389 244	60	20	16	26	56,982	363 440
56	30	15	24	60,848	388 096	60	30	16	29	56,825	362 439
56	40	15	26	60,669	386 955	60	40	16	32	56,669	361 443
56	50	15	29	60,491	385 820	60	50	16	35	56,514	360 453
57	0	15	32	60,314	384 692	61	0	16	37	56,359	359 469
57	10	15	35	60,138	383 570	61	10	16	40	56,206	358 489
57	20	15	37	59,963	382 455	61	20	16	43	56,053	357 515
57	30	15	40	59,790	381 347	61	30	16	45	55,901	356 546
57	40	15	43	59,617	380 245	61	40	16	48	55,750	355 583
57	50	15	46	59,445	379 149	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 2014

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	01 11 14	Ene	08 03 39	Ene	16 04 52	Ene	24 05 19
Ene	30 21 39	Feb	06 19 22	Feb	14 23 53	Feb	22 17 15
Mar	01 08 00	Mar	08 13 27	Mar	16 17 08	Mar	24 01 46
Mar	30 18 45	Abr	07 08 31	Abr	15 07 42	Abr	22 07 52
Abr	29 06 14	May	07 03 15	May	14 19 16	May	21 12 59
May	28 18 40	Jun	05 20 39	Jun	13 04 11	Jun	19 18 39
Jun	27 08 08	Jul	05 11 59	Jul	12 11 25	Jul	19 02 08
Jul	26 22 42	Ago	04 00 50	Ago	10 18 09	Ago	17 12 26
Ago	25 14 13	Set	02 11 11	Set	09 01 38	Set	16 02 05
Set	24 06 14	Oct	01 19 33	Oct	08 10 51	Oct	15 19 12
Oct	23 21 57	Oct	31 02 48	Nov	06 22 23	Nov	14 15 16
Nov	22 12 32	Nov	29 10 06	Dic	06 12 27	Dic	14 12 51
Dic	22 01 36	Dic	28 18 31				

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	1	21	356 926
Ene	30	10	357 076
Feb	27	20	360 427
Mar	27	18	365 680
Abr	23	0	369 729
May	18	12	367 075
Jun	15	4	362 048
Jul	13	9	358 253
Ago	10	18	356 896
Set	8	4	358 397
Oct	6	10	362 494
Nov	3	1	367 907
Nov	27	23	369 862
Dic	24	17	364 819

Luna en el apogeo

fecha y hora			distancia
mes	*dia*	*h*	km
Ene	16	2	406 533
Feb	12	5	406 252
Mar	11	20	405 396
Abr	8	15	404 538
May	6	10	404 357
Jun	3	4	404 989
Jun	30	19	405 955
Jul	28	4	406 576
Ago	24	6	406 513
Set	20	15	405 819
Oct	18	6	404 860
Nov	15	2	404 296
Dic	12	23	404 542

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

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

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

Datos fotométricos

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

La constante solar de la Tierra es: 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

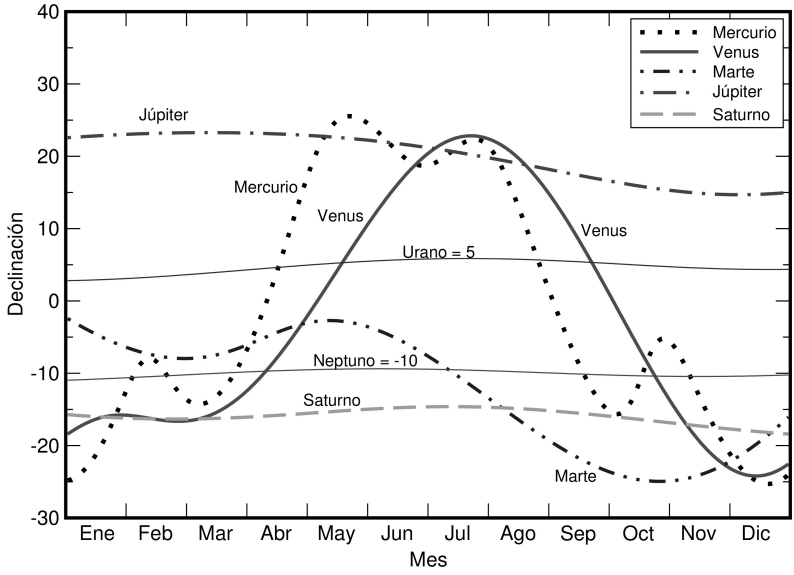
R_p el radio ecuatorial del planeta. Equivalencia: 1 G (gauss) = 10^{-4} T (tesla).
El momento dipolar magnético de la Tierra es: 7,91 10^{15} T m^3.

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.

2014



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 2014

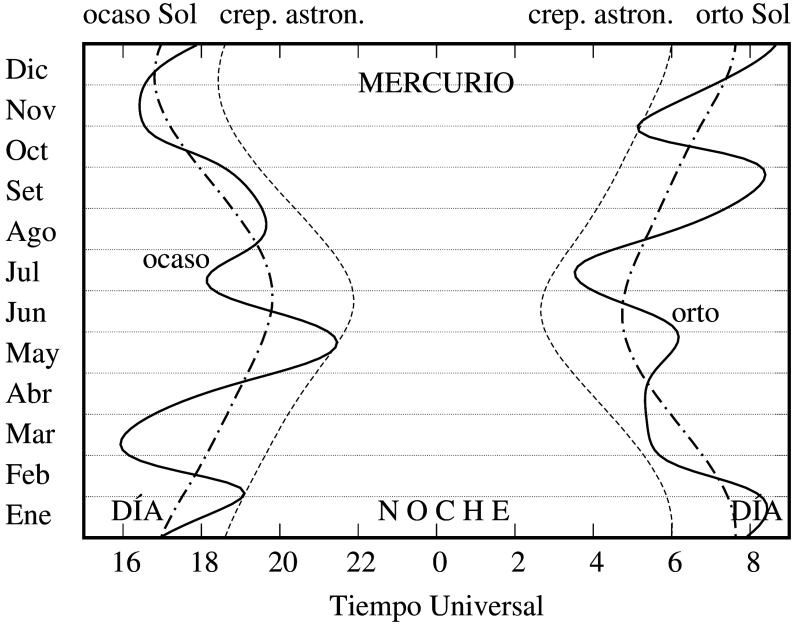
Mes	día	en Madrid (TU) Orto *h m*	Culm. *h m*	Ocaso *h m*	a 0^h de TU Asc. recta *h m s*	Declinación ° ′ ″	Distancia ua
Ene.	1	7 55	12 27	16 59	18 53 16	−24 44 10	1,4333
	11	8 17	12 59	17 41	20 4 19	−22 31 58	1,3629
	21	8 26	13 27	18 29	21 12 26	−17 48 10	1,2138
	31	8 16	13 40	19 4	22 5 45	−11 32 2	0,9716
Feb.	10	7 31	13 5	18 39	22 13 38	− 7 56 10	0,7178
	20	6 22	11 46	17 10	21 34 43	−10 39 43	0,6436
Mar.	2	5 41	10 55	16 9	21 20 47	−13 49 43	0,7447
	12	5 28	10 42	15 56	21 45 27	−13 57 35	0,8938
	22	5 23	10 47	16 12	22 29 50	−11 21 32	1,0382
Abr.	1	5 21	11 2	16 45	23 23 55	− 6 29 23	1,1658
	11	5 19	11 24	17 31	0 25 2	+ 0 18 28	1,2702
	21	5 21	11 55	18 31	1 34 39	+ 8 35 54	1,3301
May.	1	5 30	12 36	19 44	2 54 34	+17 9 30	1,2943
	11	5 48	13 19	20 51	4 16 45	+23 19 16	1,1317
	21	6 5	13 45	21 25	5 23 50	+25 30 39	0,9156
	31	6 10	13 45	21 19	6 4 28	+24 39 22	0,7238
Jun.	10	5 49	13 12	20 34	6 12 41	+22 12 22	0,5934
	20	5 1	12 13	19 24	5 53 48	+19 37 46	0,5544
	30	4 8	11 18	18 27	5 36 43	+18 42 54	0,6253
Jul.	10	3 36	10 52	18 8	5 48 41	+20 3 27	0,7926
	20	3 36	11 1	18 26	6 35 51	+22 1 32	1,0214
	30	4 15	11 40	19 3	7 52 50	+21 46 45	1,2394
Ago.	9	5 20	12 26	19 31	9 18 49	+17 29 19	1,3482
	19	6 21	13 1	19 39	10 34 0	+10 35 3	1,3437
	29	7 11	13 24	19 35	11 36 25	+ 3 2 10	1,2755
Set.	8	7 48	13 37	19 24	12 29 24	− 4 7 36	1,1702
	18	8 15	13 42	19 8	13 14 13	−10 16 38	1,0355
	28	8 23	13 34	18 45	13 46 55	−14 36 29	0,8757
Oct.	8	7 50	12 58	18 8	13 53 0	−15 15 13	0,7175
	18	6 16	11 45	17 15	13 19 49	− 9 35 58	0,6729
	28	5 10	10 55	16 40	13 6 0	− 5 11 21	0,8625
Nov.	7	5 21	10 55	16 28	13 44 0	− 8 29 7	1,1252
	17	6 0	11 13	16 25	14 41 26	−14 18 28	1,3117
	27	6 44	11 37	16 29	15 44 12	−19 35 58	1,4144
Dic.	7	7 26	12 4	16 40	16 50 7	−23 23 0	1,4508
	17	8 3	12 33	17 3	17 58 52	−25 11 38	1,4293
	27	8 32	13 4	17 37	19 9 7	−24 40 26	1,3466

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 2014

Fecha	τ *min*	D_{ecu} ″	V	BS	a.fase °	fase	def.ilu. ″	L_P °	B_P °	P_{PN} °
Ene 1	11,92	4,69	–1,1	2,0	5,3	0,998	0,01	306,8	– 3,8	358,9
Ene 21	10,09	5,54	–0,9	2,4	43,2	0,865	0,75	36,5	– 5,4	343,2
Feb 10	5,97	9,37	2,0	4,2	141,3	0,110	8,34	141,8	– 9,6	337,4
Mar 2	6,19	9,03	0,8	4,1	113,2	0,303	6,30	278,9	– 8,6	342,2
Mar 22	8,63	6,48	0,1	3,5	71,8	0,656	2,23	24,9	– 4,9	336,5
Abr 11	10,56	5,30	–0,6	2,6	41,1	0,877	0,65	116,8	– 2,6	331,5
May 1	10,76	5,20	–1,7	1,6	19,0	0,973	0,14	199,1	– 0,8	336,3
May 21	7,61	7,35	0,1	3,4	93,3	0,471	3,89	286,4	1,5	350,6
Jun 10	4,93	11,34	3,0	5,2	148,1	0,076	10,48	38,4	6,1	356,2
Jun 30	5,20	10,76	2,7	5,0	144,8	0,091	9,78	170,0	8,7	351,9
Jul 20	8,49	6,59	–0,4	2,9	79,6	0,590	2,70	278,6	6,5	359,0
Ago 9	11,21	4,99	–1,9	1,3	5,4	0,998	0,01	2,6	5,3	17,4
Ago 29	10,61	5,27	–0,3	2,9	44,5	0,856	0,76	88,5	5,3	27,3
Set 18	8,61	6,50	0,1	3,5	73,3	0,644	2,31	183,4	5,5	28,4
Oct 8	5,97	9,38	1,4	4,2	128,4	0,189	7,60	295,5	5,4	27,3
Oct 28	7,17	7,80	0,1	3,2	106,1	0,361	4,98	73,2	2,0	28,4
Nov 17	10,91	5,13	–0,8	2,5	31,2	0,928	0,37	170,9	– 0,5	24,6
Dic 7	12,07	4,64	–1,1	2,0	2,5	1,000	0,00	262,0	– 2,1	13,2
Dic 27	11,20	5,00	–0,8	2,4	25,8	0,950	0,25	353,1	– 3,7	357,0



VENUS 2014

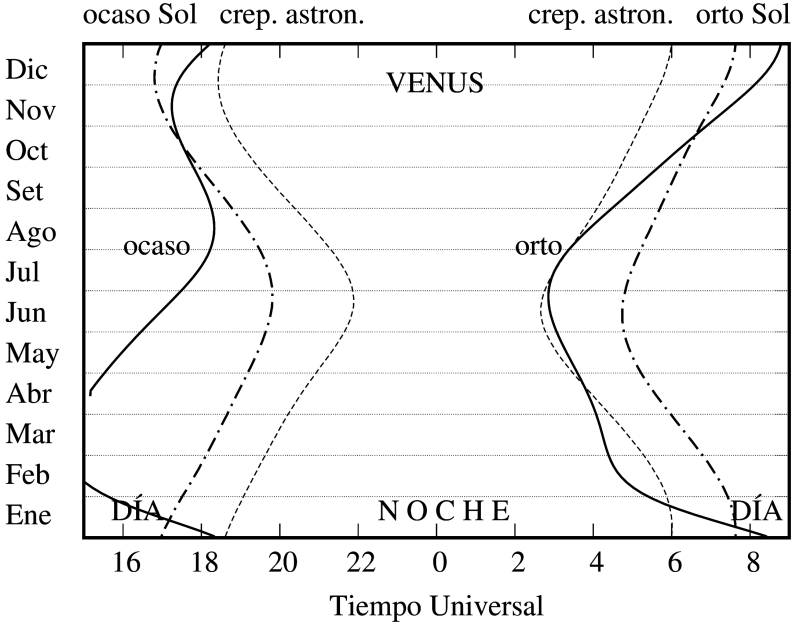
Mes	día	en Madrid (TU) Orto *h m*	Culm. *h m*	Ocaso *h m*	a 0^h de TU Asc. recta *h m s*	Declinación ° ′ ″	Distancia ua
Ene.	1	8 26	13 23	18 20	19 53 38	−18 12 56	0,2801
	11	7 17	12 19	17 22	19 29 41	−16 41 54	0,2661
	21	6 11	11 17	16 23	19 6 1	−15 53 9	0,2812
	31	5 22	10 28	15 35	18 56 2	−15 49 22	0,3212
Feb.	10	4 51	9 56	15 2	19 2 42	−16 12 31	0,3781
	20	4 33	9 38	14 42	19 22 45	−16 35 6	0,4452
Mar.	2	4 23	9 28	14 32	19 52 10	−16 33 50	0,5181
	12	4 17	9 24	14 31	20 27 32	−15 54 14	0,5942
	22	4 11	9 24	14 36	21 6 29	−14 29 18	0,6720
Abr.	1	4 5	9 25	14 46	21 47 24	−12 18 20	0,7503
	11	3 57	9 27	14 59	22 29 9	− 9 25 41	0,8283
	21	3 47	9 30	15 14	23 11 14	− 5 58 28	0,9057
May.	1	3 37	9 33	15 30	23 53 28	− 2 5 43	0,9817
	11	3 26	9 36	15 47	0 35 58	+ 2 2 15	1,0559
	21	3 15	9 40	16 5	1 19 2	+ 6 14 59	1,1279
	31	3 5	9 44	16 24	2 3 6	+10 21 33	1,1974
Jun.	10	2 57	9 50	16 44	2 48 32	+14 10 31	1,2637
	20	2 52	9 58	17 5	3 35 41	+17 30 27	1,3267
	30	2 51	10 8	17 25	4 24 42	+20 9 58	1,3859
Jul.	10	2 55	10 19	17 44	5 15 25	+21 58 31	1,4408
	20	3 4	10 32	18 0	6 7 23	+22 47 45	1,4913
	30	3 18	10 45	18 11	6 59 52	+22 32 38	1,5370
Ago.	9	3 37	10 58	18 18	7 52 1	+21 12 34	1,5776
	19	3 58	11 9	18 20	8 43 9	+18 51 17	1,6131
	29	4 21	11 20	18 17	9 32 49	+15 36 15	1,6433
Set.	8	4 45	11 28	18 11	10 20 57	+11 37 32	1,6682
	18	5 8	11 35	18 2	11 7 45	+ 7 6 21	1,6878
	28	5 32	11 42	17 52	11 53 43	+ 2 14 32	1,7023
Oct.	8	5 55	11 48	17 41	12 39 26	− 2 45 42	1,7116
	18	6 19	11 55	17 31	13 25 35	− 7 42 5	1,7162
	28	6 43	12 3	17 22	14 12 49	−12 21 56	1,7161
Nov.	7	7 8	12 13	17 16	15 1 42	−16 32 2	1,7115
	17	7 33	12 24	17 15	15 52 33	−19 59 8	1,7027
	27	7 57	12 38	17 18	16 45 22	−22 30 34	1,6898
Dic.	7	8 18	12 53	17 27	17 39 42	−23 55 45	1,6730
	17	8 34	13 8	17 42	18 34 41	−24 8 1	1,6525
	27	8 44	13 23	18 2	19 29 17	−23 6 3	1,6282

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 2014

Fecha	τ *min*	D_{ecu} ″	V	BS	a.fase °	fase	def.ilu. ″	L_P °	B_P °	P_{PN} °
Ene 1	2,33	59,59	–4,3	0,9	157,0	0,040	57,22	328,9	– 2,5	350,3
Ene 21	2,34	59,35	–4,2	0,8	157,4	0,038	57,08	347,5	– 6,3	354,7
Feb 10	3,14	44,14	–4,5	1,7	125,2	0,211	34,81	16,3	– 6,1	355,0
Mar 2	4,31	32,21	–4,5	1,8	105,1	0,370	20,29	57,7	– 4,2	350,4
Mar 22	5,59	24,83	–4,3	1,7	91,0	0,491	12,64	105,3	– 2,3	344,4
Abr 11	6,89	20,15	–4,1	1,6	80,0	0,587	8,32	155,7	– 0,8	339,5
May 1	8,16	17,00	–4,0	1,5	70,4	0,667	5,65	207,5	0,2	337,2
May 21	9,38	14,80	–3,9	1,4	61,7	0,737	3,89	260,0	0,7	338,2
Jun 10	10,51	13,21	–3,8	1,3	53,4	0,798	2,67	313,0	0,7	342,5
Jun 30	11,53	12,04	–3,8	1,2	45,3	0,852	1,79	6,4	0,5	350,0
Jul 20	12,40	11,19	–3,8	1,1	37,3	0,898	1,15	60,0	0,0	359,6
Ago 9	13,12	10,58	–3,8	1,0	29,4	0,936	0,68	113,9	– 0,4	9,5
Ago 29	13,67	10,16	–3,8	0,9	21,6	0,965	0,35	168,1	– 0,6	17,4
Set 18	14,04	9,89	–3,8	0,9	13,9	0,985	0,14	222,4	– 0,5	21,9
Oct 8	14,24	9,75	–3,8	0,9	6,5	0,997	0,03	277,0	– 0,2	22,6
Oct 28	14,27	9,72	–3,8	0,9	1,6	1,000	0,00	331,6	0,3	19,6
Nov 17	14,16	9,80	–3,8	0,9	7,8	0,995	0,05	26,3	0,9	12,7
Dic 7	13,91	9,98	–3,8	0,9	14,4	0,984	0,16	81,1	1,3	3,0
Dic 27	13,54	10,25	–3,8	1,0	21,0	0,967	0,34	135,8	1,4	352,5



MARTE 2014

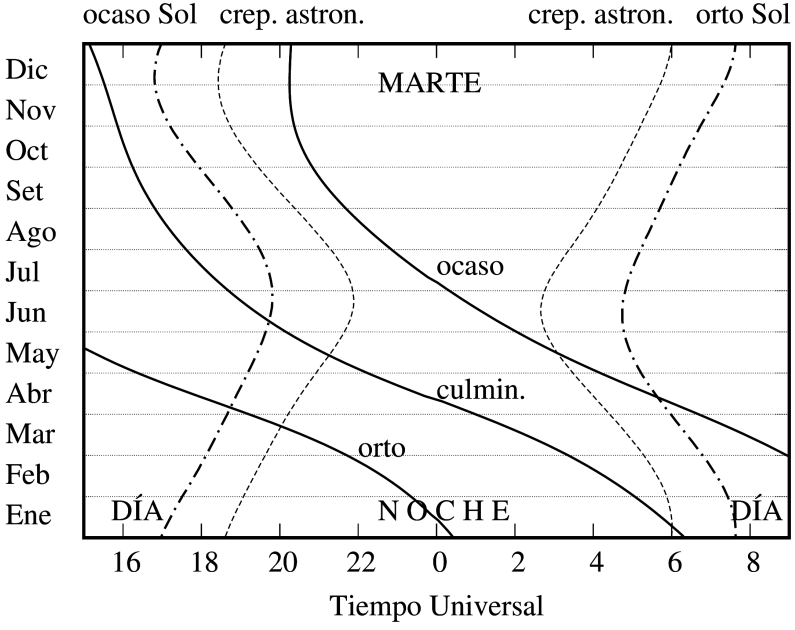
Mes	día	en Madrid (TU) Orto *h m*	Culm. *h m*	Ocaso *h m*	a 0^h de TU Asc. recta *h m s*	Declinación ° ′ ″	Distancia ua
Ene.	1	0 25	6 18	12 11	12 46 13	− 2 36 14	1,3650
	11	0 6	5 54	11 43	13 2 3	− 4 8 14	1,2649
	21	23 43	5 29	11 13	13 16 15	− 5 27 49	1,1650
	31	23 20	5 2	10 42	13 28 23	− 6 32 51	1,0667
Feb.	10	22 52	4 32	10 9	13 37 54	− 7 20 58	0,9718
	20	22 20	3 59	9 34	13 44 7	− 7 49 57	0,8824
Mar.	2	21 43	3 22	8 56	13 46 20	− 7 57 17	0,8009
	12	21 0	2 40	8 16	13 43 51	− 7 41 6	0,7306
	22	20 10	1 53	7 31	13 36 31	− 7 1 32	0,6747
Abr.	1	19 16	1 2	6 43	13 24 51	− 6 2 19	0,6366
	11	18 18	0 9	5 54	13 10 34	− 4 53 15	0,6188
	21	17 21	23 10	5 4	12 56 16	− 3 48 38	0,6217
May.	1	16 28	22 19	4 16	12 44 28	− 3 2 10	0,6437
	11	15 40	21 33	3 30	12 36 58	− 2 43 0	0,6813
	21	14 59	20 51	2 48	12 34 22	− 2 53 20	0,7306
	31	14 25	20 15	2 8	12 36 29	− 3 31 5	0,7879
Jun.	10	13 55	19 42	1 32	12 42 48	− 4 32 30	0,8503
	20	13 31	19 13	0 58	12 52 41	− 5 52 58	0,9154
	30	13 10	18 46	0 26	13 5 33	− 7 28 22	0,9816
Jul.	10	12 52	18 23	23 53	13 20 58	− 9 14 58	1,0477
	20	12 37	18 1	23 24	13 38 34	−11 9 6	1,1129
	30	12 25	17 41	22 58	13 58 9	−13 7 29	1,1767
Ago.	9	12 14	17 23	22 32	14 19 33	−15 6 55	1,2386
	19	12 5	17 7	22 9	14 42 38	−17 4 0	1,2986
	29	11 58	16 53	21 47	15 7 22	−18 55 28	1,3566
Set.	8	11 52	16 40	21 27	15 33 42	−20 37 53	1,4126
	18	11 46	16 28	21 10	16 1 30	−22 7 43	1,4667
	28	11 41	16 18	20 55	16 30 43	−23 21 34	1,5191
Oct.	8	11 36	16 9	20 42	17 1 12	−24 16 11	1,5699
	18	11 31	16 1	20 32	17 32 44	−24 48 38	1,6194
	28	11 24	15 54	20 24	18 5 3	−24 56 37	1,6679
Nov.	7	11 16	15 48	20 19	18 37 54	−24 38 36	1,7154
	17	11 6	15 41	20 16	19 10 55	−23 53 58	1,7623
	27	10 55	15 35	20 15	19 43 51	−22 43 0	1,8088
Dic.	7	10 41	15 28	20 15	20 16 26	−21 7 5	1,8548
	17	10 26	15 21	20 16	20 48 27	−19 8 18	1,9008
	27	10 9	15 12	20 17	21 19 50	−16 49 19	1,9467

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 2014

Fecha	τ *min*	D_{ecu} ″	V	BS	a.fase °	fase	def.ilu. ″	L_P °	B_P °	P_{PN} °
Ene 1	11,35	6,86	0,8	4,7	36,2	0,904	0,66	249,1	23,3	31,9
Ene 21	9,69	8,04	0,5	4,6	35,5	0,907	0,75	58,9	21,6	34,6
Feb 10	8,08	9,64	0,0	4,6	32,4	0,922	0,75	231,3	20,0	36,0
Mar 2	6,66	11,70	–0,5	4,5	25,7	0,950	0,58	47,3	19,3	36,5
Mar 22	5,61	13,88	–1,1	4,3	14,2	0,985	0,21	228,1	19,9	35,9
Abr 11	5,15	15,14	–1,5	4,2	2,3	1,000	0,01	53,0	21,9	34,1
May 1	5,35	14,55	–1,2	4,3	17,9	0,976	0,35	237,8	23,9	31,9
May 21	6,08	12,82	–0,7	4,5	29,8	0,934	0,85	57,9	25,1	31,0
Jun 10	7,07	11,02	–0,3	4,5	37,1	0,899	1,11	232,6	25,4	32,1
Jun 30	8,16	9,54	0,0	4,5	40,9	0,878	1,17	43,2	24,8	34,4
Jul 20	9,26	8,42	0,3	4,5	42,6	0,868	1,11	211,2	23,0	36,9
Ago 9	10,30	7,56	0,5	4,4	42,7	0,867	1,00	17,7	20,0	38,6
Ago 29	11,28	6,91	0,6	4,4	42,0	0,872	0,89	183,4	15,7	38,7
Set 18	12,20	6,39	0,7	4,4	40,6	0,880	0,77	348,8	10,4	36,7
Oct 8	13,06	5,97	0,8	4,3	38,7	0,890	0,66	153,8	4,3	32,4
Oct 28	13,87	5,62	0,9	4,3	36,5	0,902	0,55	318,5	– 2,3	25,9
Nov 17	14,66	5,32	1,0	4,2	34,0	0,914	0,45	122,5	– 8,9	17,8
Dic 7	15,43	5,05	1,0	4,2	31,3	0,927	0,37	285,8	– 15,2	8,5
Dic 27	16,19	4,81	1,1	4,2	28,4	0,940	0,29	88,0	– 20,4	358,6



JUPITER 2014

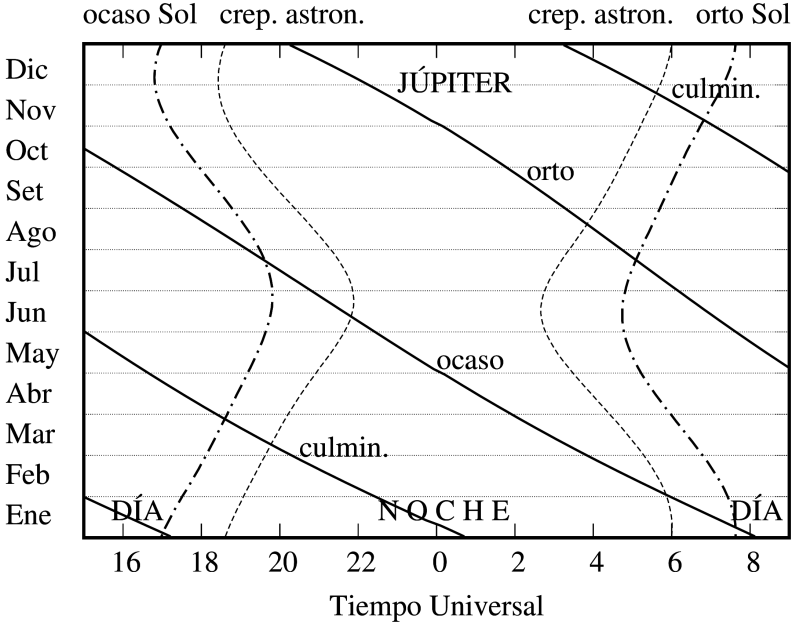
Mes	día	en Madrid (TU) Orto *h m*	Culm. *h m*	Ocaso *h m*	a 0^h de TU Asc. recta *h m s*	Declinación ° ′ ″	Distancia ua
Ene.	1	17 13	0 42	8 7	7 9 59	+22 35 6	4,2127
	11	16 27	23 53	7 23	7 4 11	+22 45 47	4,2167
	21	15 41	23 8	6 39	6 58 37	+22 55 16	4,2522
	31	14 57	22 24	5 55	6 53 40	+23 3 6	4,3175
Feb.	10	14 13	21 41	5 12	6 49 43	+23 9 4	4,4100
	20	13 31	20 59	4 31	6 47 0	+23 13 12	4,5254
Mar.	2	12 50	20 18	3 50	6 45 39	+23 15 34	4,6593
	12	12 11	19 39	3 11	6 45 44	+23 16 15	4,8069
	22	11 33	19 1	2 33	6 47 12	+23 15 19	4,9632
Abr.	1	10 57	18 25	1 57	6 50 0	+23 12 43	5,1239
	11	10 22	17 50	1 21	6 54 1	+23 8 20	5,2847
	21	9 48	17 15	0 46	6 59 6	+23 2 4	5,4417
May.	1	9 15	16 42	0 12	7 5 7	+22 53 43	5,5919
	11	8 44	16 10	23 36	7 11 57	+22 43 8	5,7322
	21	8 13	15 38	23 3	7 19 27	+22 30 11	5,8602
	31	7 43	15 7	22 31	7 27 30	+22 14 46	5,9740
Jun.	10	7 13	14 36	21 58	7 36 0	+21 56 52	6,0717
	20	6 44	14 5	21 26	7 44 50	+21 36 29	6,1520
	30	6 15	13 35	20 55	7 53 53	+21 13 40	6,2138
Jul.	10	5 47	13 5	20 23	8 3 6	+20 48 35	6,2562
	20	5 19	12 35	19 51	8 12 22	+20 21 24	6,2787
	30	4 51	12 5	19 19	8 21 36	+19 52 24	6,2811
Ago.	9	4 22	11 34	18 46	8 30 45	+19 21 55	6,2631
	19	3 54	11 4	18 14	8 39 42	+18 50 18	6,2251
	29	3 26	10 33	17 41	8 48 24	+18 18 2	6,1676
Set.	8	2 57	10 2	17 8	8 56 45	+17 45 39	6,0911
	18	2 27	9 31	16 34	9 4 40	+17 13 43	5,9970
	28	1 57	8 59	16 0	9 12 5	+16 42 52	5,8864
Oct.	8	1 27	8 26	15 26	9 18 52	+16 13 52	5,7614
	18	0 55	7 53	14 51	9 24 57	+15 47 25	5,6241
	28	0 22	7 19	14 15	9 30 13	+15 24 22	5,4770
Nov.	7	23 45	6 44	13 39	9 34 33	+15 5 30	5,3234
	17	23 10	6 8	13 2	9 37 50	+14 51 34	5,1669
	27	22 33	5 31	12 24	9 39 59	+14 43 17	5,0116
Dic.	7	21 55	4 52	11 46	9 40 54	+14 41 11	4,8619
	17	21 15	4 12	11 6	9 40 33	+14 45 28	4,7227
	27	20 33	3 31	10 26	9 38 55	+14 56 5	4,5990

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 2014

Fecha	τ *min*	D_{ecu} ″	V	BS	a.fase °	def.ilu. ″	L_P °	B_P °	P_{PN} °
Ene 1	35,04	46,80	–2,5	5,5	1,1	0,00	65,7	1,9	8,2
Ene 21	35,36	46,36	–2,5	5,5	3,2	0,04	198,9	1,9	7,1
Feb 10	36,68	44,70	–2,4	5,5	7,0	0,16	330,9	1,9	6,1
Mar 2	38,75	42,31	–2,3	5,5	9,6	0,29	101,3	1,9	5,7
Mar 22	41,28	39,72	–2,1	5,5	10,8	0,35	230,2	1,8	5,9
Abr 11	43,95	37,31	–2,0	5,5	10,9	0,34	357,7	1,8	6,6
May 1	46,51	35,26	–1,9	5,5	10,0	0,27	124,4	1,7	7,7
May 21	48,74	33,64	–1,8	5,5	8,3	0,18	250,4	1,6	9,2
Jun 10	50,50	32,47	–1,7	5,5	6,1	0,09	16,2	1,4	10,9
Jun 30	51,68	31,73	–1,7	5,5	3,5	0,03	142,0	1,3	12,6
Jul 20	52,22	31,40	–1,6	5,5	0,7	0,00	268,0	1,1	14,3
Ago 9	52,09	31,48	–1,6	5,5	2,1	0,01	34,4	0,9	15,9
Ago 29	51,29	31,96	–1,7	5,5	4,8	0,06	161,3	0,7	17,4
Set 18	49,88	32,87	–1,7	5,5	7,2	0,13	288,9	0,5	18,7
Oct 8	47,92	34,22	–1,8	5,5	9,2	0,22	57,3	0,3	19,7
Oct 28	45,55	36,00	–1,9	5,5	10,4	0,30	186,6	0,1	20,5
Nov 17	42,97	38,16	–2,0	5,6	10,7	0,33	317,0	– 0,1	21,0
Dic 7	40,44	40,55	–2,1	5,6	9,9	0,30	88,5	– 0,2	21,2
Dic 27	38,25	42,87	–2,3	5,5	7,8	0,20	221,1	– 0,3	21,1



SATURNO 2014

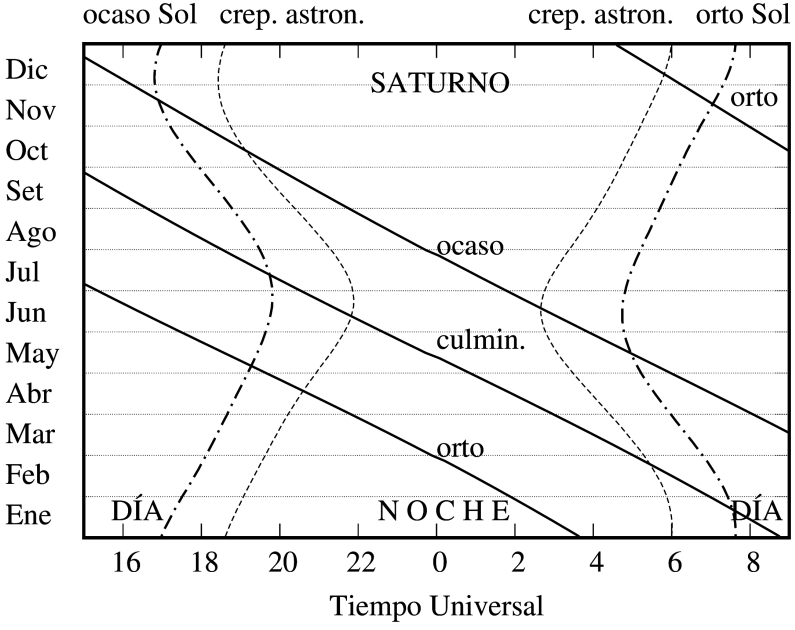
		en Madrid (TU)			a 0^h de TU		
Mes	día	Orto	Culm.	Ocaso	Asc. recta	Declinación	Distancia
		h m	*h m*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	ua
Ene.	1	3 38	8 45	13 52	15 14 4	−15 44 29	10,4817
	11	3 3	8 9	13 15	15 17 30	−15 56 24	10,3457
	21	2 27	7 33	12 38	15 20 27	−16 5 59	10,1959
	31	1 51	6 56	12 1	15 22 50	−16 13 8	10,0362
Feb.	10	1 14	6 18	11 23	15 24 37	−16 17 43	9,8709
	20	0 36	5 40	10 45	15 25 44	−16 19 45	9,7048
Mar.	2	23 53	5 1	10 6	15 26 10	−16 19 13	9,5427
	12	23 13	4 22	9 26	15 25 54	−16 16 12	9,3896
	22	22 32	3 41	8 47	15 24 58	−16 10 52	9,2504
Abr.	1	21 51	3 1	8 6	15 23 25	−16 3 27	9,1295
	11	21 9	2 19	7 25	15 21 20	−15 54 16	9,0312
	21	20 26	1 37	6 44	15 18 48	−15 43 44	8,9586
May.	1	19 43	0 55	6 3	15 15 58	−15 32 21	8,9142
	11	19 0	0 13	5 21	15 12 59	−15 20 41	8,8997
	21	18 17	23 26	4 40	15 10 0	−15 9 22	8,9152
	31	17 35	22 44	3 58	15 7 10	−14 58 58	8,9602
Jun.	10	16 52	22 2	3 17	15 4 37	−14 50 4	9,0329
	20	16 10	21 21	2 36	15 2 29	−14 43 10	9,1307
	30	15 29	20 40	1 55	15 0 52	−14 38 38	9,2504
Jul.	10	14 49	20 0	1 15	14 59 49	−14 36 44	9,3880
	20	14 9	19 20	0 35	14 59 23	−14 37 36	9,5391
	30	13 30	18 41	23 52	14 59 36	−14 41 16	9,6996
Ago.	9	12 52	18 3	23 13	15 0 28	−14 47 39	9,8647
	19	12 15	17 25	22 35	15 1 57	−14 56 33	10,0302
	29	11 39	16 48	21 57	15 4 1	−15 7 45	10,1917
Set.	8	11 3	16 11	21 19	15 6 39	−15 20 56	10,3452
	18	10 27	15 35	20 42	15 9 47	−15 35 47	10,4871
	28	9 53	14 59	20 5	15 13 21	−15 51 56	10,6139
Oct.	8	9 18	14 24	19 29	15 17 18	−16 9 4	10,7227
	18	8 45	13 49	18 53	15 21 35	−16 26 46	10,8109
	28	8 11	13 14	18 17	15 26 7	−16 44 44	10,8766
Nov.	7	7 37	12 39	17 41	15 30 49	−17 2 35	10,9179
	17	7 4	12 5	17 6	15 35 38	−17 20 2	10,9341
	27	6 31	11 30	16 30	15 40 29	−17 36 47	10,9244
Dic.	7	5 57	10 56	15 54	15 45 18	−17 52 34	10,8891
	17	5 23	10 21	15 19	15 49 58	−18 7 8	10,8288
	27	4 49	9 46	14 43	15 54 26	−18 20 19	10,7448

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 2014

Fecha	τ *min*	D_{ecu} ″	V	BS	a.fase °	def.ilu. ″	L_P °	B_P °	P_{PN} °
Ene 1	87,17	15,86	0,6	7,0	4,4	0,02	306,9	26,5	0,9
Ene 21	84,80	16,30	0,6	7,1	5,3	0,04	322,5	26,9	1,1
Feb 10	82,09	16,84	0,5	7,1	5,7	0,04	338,8	27,1	1,2
Mar 2	79,36	17,42	0,4	7,1	5,5	0,04	355,8	27,1	1,2
Mar 22	76,93	17,97	0,3	7,0	4,5	0,03	13,4	27,0	1,2
Abr 11	75,11	18,40	0,2	7,0	3,0	0,01	31,2	26,7	1,1
May 1	74,14	18,64	0,1	6,9	1,1	0,00	49,1	26,3	0,9
May 21	74,15	18,64	0,1	6,9	1,1	0,00	66,5	25,9	0,8
Jun 10	75,12	18,40	0,2	7,0	3,0	0,01	83,2	25,5	0,6
Jun 30	76,93	17,97	0,4	7,0	4,6	0,03	99,0	25,3	0,5
Jul 20	79,33	17,42	0,5	7,1	5,5	0,04	114,0	25,3	0,4
Ago 9	82,04	16,85	0,6	7,1	5,9	0,04	128,0	25,5	0,5
Ago 29	84,76	16,31	0,6	7,1	5,6	0,04	141,5	25,8	0,6
Set 18	87,22	15,85	0,6	7,0	4,7	0,03	154,4	26,4	0,7
Oct 8	89,18	15,50	0,6	7,0	3,4	0,01	167,3	27,0	1,0
Oct 28	90,46	15,28	0,5	6,9	1,9	0,00	180,1	27,6	1,2
Nov 17	90,94	15,20	0,5	6,8	0,2	0,00	193,2	28,2	1,5
Dic 7	90,56	15,26	0,5	6,9	1,6	0,00	206,8	28,7	1,8
Dic 27	89,36	15,47	0,5	7,0	3,2	0,01	220,9	29,2	2,1



URANO 2014

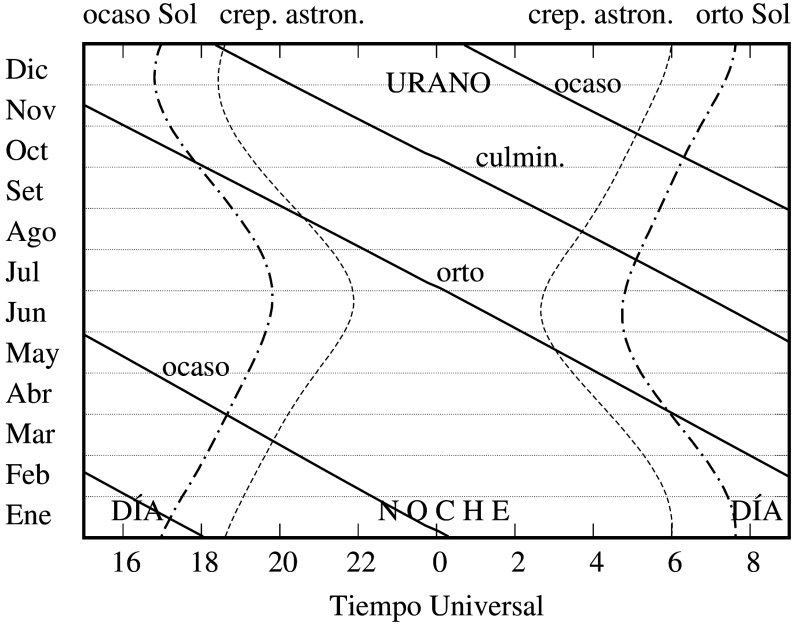
Mes	día	en Madrid (TU) Orto h m	Culm. h m	Ocaso h m	a 0^h de TU Asc. recta h m s	Declinación ° ′ ″	Distancia ua
Ene.	1	11 51	18 2	0 18	0 32 57	+ 2 48 35	20,0412
	11	11 12	17 24	23 36	0 33 33	+ 2 52 50	20,2121
	21	10 33	16 45	22 58	0 34 27	+ 2 58 59	20,3769
	31	9 55	16 7	22 20	0 35 37	+ 3 6 53	20,5310
Feb.	10	9 16	15 29	21 43	0 37 3	+ 3 16 19	20,6698
	20	8 38	14 52	21 6	0 38 41	+ 3 27 5	20,7895
Mar.	2	8 0	14 14	20 29	0 40 30	+ 3 38 54	20,8873
	12	7 22	13 37	19 52	0 42 27	+ 3 51 32	20,9603
	22	6 44	13 0	19 16	0 44 30	+ 4 4 39	21,0071
Abr.	1	6 6	12 22	18 39	0 46 36	+ 4 18 2	21,0267
	11	5 28	11 45	18 3	0 48 42	+ 4 31 23	21,0186
	21	4 50	11 8	17 26	0 50 47	+ 4 44 25	20,9835
May.	1	4 12	10 30	16 49	0 52 47	+ 4 56 53	20,9222
	11	3 33	9 53	16 13	0 54 40	+ 5 8 34	20,8366
	21	2 55	9 15	15 36	0 56 23	+ 5 19 13	20,7289
	31	2 17	8 38	14 58	0 57 56	+ 5 28 37	20,6019
Jun.	10	1 38	8 0	14 21	0 59 15	+ 5 36 36	20,4589
	20	1 0	7 21	13 43	1 0 20	+ 5 43 1	20,3036
	30	0 21	6 43	13 5	1 1 8	+ 5 47 43	20,1400
Jul.	10	23 38	6 4	12 26	1 1 40	+ 5 50 37	19,9725
	20	22 59	5 25	11 47	1 1 53	+ 5 51 40	19,8056
	30	22 20	4 46	11 8	1 1 48	+ 5 50 52	19,6439
Ago.	9	21 40	4 6	10 28	1 1 26	+ 5 48 14	19,4922
	19	21 0	3 26	9 47	1 0 46	+ 5 43 55	19,3549
	29	20 20	2 46	9 7	0 59 52	+ 5 38 2	19,2361
Set.	8	19 40	2 5	8 26	0 58 44	+ 5 30 50	19,1399
	18	19 0	1 25	7 45	0 57 26	+ 5 22 35	19,0693
	28	18 20	0 44	7 4	0 56 0	+ 5 13 37	19,0268
Oct.	8	17 40	* 0 3	6 22	0 54 30	+ 5 4 18	19,0142
	18	16 59	23 18	5 41	0 53 1	+ 4 55 3	19,0319
	28	16 19	22 37	5 0	0 51 35	+ 4 46 15	19,0797
Nov.	7	15 39	21 57	4 19	0 50 17	+ 4 38 17	19,1562
	17	14 59	21 16	3 38	0 49 10	+ 4 31 31	19,2588
	27	14 19	20 36	2 57	0 48 16	+ 4 26 14	19,3845
Dic.	7	13 39	19 56	2 17	0 47 39	+ 4 22 42	19,5291
	17	13 0	19 17	1 37	0 47 20	+ 4 21 3	19,6879
	27	12 21	18 37	0 58	0 47 19	+ 4 21 25	19,8559

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

1 ua = 149 597 871 km

URANO 2014

Fecha	τ *min*	D_{ecu} ″	V	a.fase °	L_P °	B_P °	P_{PN} °
Ene 1	166,68	3,52	5,8	2,8	117,9	21,6	254,8
Ene 21	169,47	3,46	5,9	2,6	60,2	22,0	254,9
Feb 10	171,91	3,41	5,9	2,1	2,6	22,8	254,9
Mar 2	173,71	3,37	5,9	1,4	305,4	23,7	255,1
Mar 22	174,71	3,36	5,9	0,5	248,4	24,8	255,2
Abr 11	174,81	3,35	5,9	0,4	191,7	26,0	255,3
May 1	174,00	3,37	5,9	1,3	135,4	27,1	255,5
May 21	172,40	3,40	5,9	2,0	79,3	28,1	255,6
Jun 10	170,15	3,45	5,9	2,6	23,4	28,9	255,8
Jun 30	167,50	3,50	5,8	2,9	327,6	29,4	255,8
Jul 20	164,72	3,56	5,8	2,9	271,8	29,6	255,9
Ago 9	162,11	3,62	5,8	2,5	215,9	29,5	255,8
Ago 29	159,98	3,66	5,7	1,9	159,7	29,0	255,8
Set 18	158,59	3,70	5,7	1,0	103,3	28,4	255,7
Oct 8	158,14	3,71	5,7	0,0	46,5	27,6	255,5
Oct 28	158,68	3,69	5,7	1,0	349,4	26,8	255,4
Nov 17	160,17	3,66	5,7	1,9	292,0	26,1	255,3
Dic 7	162,42	3,61	5,8	2,5	234,4	25,7	255,3
Dic 27	165,14	3,55	5,8	2,8	176,7	25,6	255,3



NEPTUNO 2014

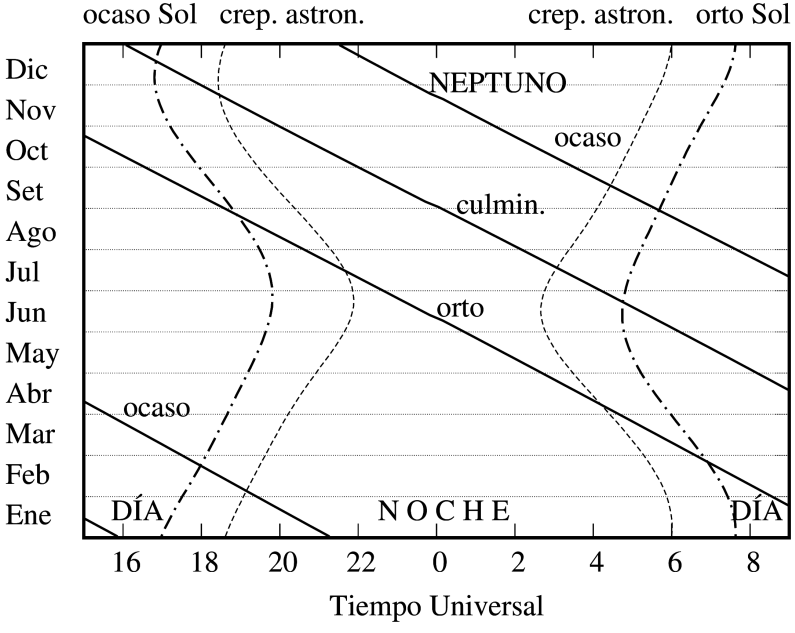
		en Madrid (TU)			a 0^h de TU		
Mes	día	Orto	Culm.	Ocaso	Asc. recta	Declinación	Distancia
		h m	*h m*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	ua
Ene.	1	10 27	15 52	21 16	22 21 37	−10 56 49	30,5643
	11	9 49	15 13	20 38	22 22 40	−10 50 42	30,6927
	21	9 10	14 35	20 0	22 23 52	−10 43 50	30,7994
	31	8 32	13 57	19 23	22 25 10	−10 36 19	30,8817
Feb.	10	7 53	13 19	18 45	22 26 33	−10 28 23	30,9371
	20	7 15	12 41	18 8	22 27 58	−10 20 12	30,9643
Mar.	2	6 36	12 3	17 30	22 29 25	−10 11 56	30,9627
	12	5 58	11 26	16 53	22 30 50	−10 3 49	30,9325
	22	5 20	10 48	16 15	22 32 11	− 9 56 0	30,8748
Abr.	1	4 41	10 9	15 38	22 33 28	− 9 48 41	30,7913
	11	4 3	9 31	15 0	22 34 39	− 9 42 3	30,6843
	21	3 24	8 53	14 22	22 35 41	− 9 36 13	30,5573
May.	1	2 45	8 15	13 44	22 36 34	− 9 31 20	30,4135
	11	2 6	7 36	13 6	22 37 16	− 9 27 30	30,2570
	21	1 27	6 57	12 27	22 37 47	− 9 24 49	30,0923
	31	0 48	6 18	11 48	22 38 5	− 9 23 19	29,9237
Jun.	10	0 9	5 39	11 9	22 38 12	− 9 23 3	29,7561
	20	23 26	5 0	10 29	22 38 6	− 9 23 59	29,5943
	30	22 46	4 20	9 50	22 37 49	− 9 26 5	29,4426
Jul.	10	22 7	3 40	9 10	22 37 20	− 9 29 15	29,3057
	20	21 27	3 0	8 29	22 36 41	− 9 33 22	29,1874
	30	20 47	2 20	7 49	22 35 54	− 9 38 18	29,0912
Ago.	9	20 7	1 40	7 8	22 35 0	− 9 43 50	29,0204
	19	19 27	1 0	6 28	22 34 1	− 9 49 48	28,9769
	29	18 47	0 19	5 47	22 33 0	− 9 55 58	28,9624
Set.	8	18 7	23 35	5 6	22 31 58	−10 2 6	28,9775
	18	17 27	22 55	4 26	22 30 58	−10 7 57	29,0218
	28	16 48	22 14	3 45	22 30 3	−10 13 19	29,0942
Oct.	8	16 8	21 34	3 5	22 29 15	−10 17 59	29,1928
	18	15 28	20 54	2 25	22 28 35	−10 21 46	29,3143
	28	14 48	20 14	1 45	22 28 5	−10 24 32	29,4554
Nov.	7	14 9	19 35	1 5	22 27 47	−10 26 8	29,6117
	17	13 29	18 55	0 26	22 27 41	−10 26 31	29,7784
	27	12 50	18 16	23 42	22 27 48	−10 25 39	29,9505
Dic.	7	12 11	17 37	23 4	22 28 9	−10 23 31	30,1226
	17	11 32	16 59	22 25	22 28 42	−10 20 11	30,2896
	27	10 53	16 20	21 47	22 29 26	−10 15 41	30,4466

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 2014

Fecha	τ *min*	D_{ecu} ″	V	a.fase °	L_P °	B_P °	P_{PN} °
Ene 1	254,20	2,23	7,9	1,5	344,6	– 27,7	331,3
Ene 21	256,15	2,22	8,0	1,0	269,5	– 27,6	330,9
Feb 10	257,30	2,21	8,0	0,4	194,6	– 27,5	330,4
Mar 2	257,51	2,21	8,0	0,2	119,9	– 27,4	329,9
Mar 22	256,78	2,21	8,0	0,8	45,6	– 27,3	329,4
Abr 11	255,19	2,23	7,9	1,3	331,8	– 27,2	329,0
May 1	252,94	2,25	7,9	1,7	258,3	– 27,1	328,7
May 21	250,27	2,27	7,9	1,9	185,2	– 27,0	328,5
Jun 10	247,47	2,29	7,9	1,9	112,4	– 27,0	328,4
Jun 30	244,87	2,32	7,9	1,7	39,8	– 27,0	328,5
Jul 20	242,74	2,34	7,8	1,2	327,1	– 27,0	328,7
Ago 9	241,36	2,35	7,8	0,7	254,4	– 27,1	328,9
Ago 29	240,87	2,36	7,8	0,0	181,4	– 27,2	329,3
Set 18	241,37	2,35	7,8	0,6	108,1	– 27,3	329,6
Oct 8	242,79	2,34	7,8	1,2	34,3	– 27,3	329,9
Oct 28	244,97	2,32	7,9	1,6	320,1	– 27,4	330,2
Nov 17	247,66	2,29	7,9	1,9	245,5	– 27,4	330,2
Dic 7	250,52	2,27	7,9	1,9	170,5	– 27,4	330,1
Dic 27	253,22	2,24	7,9	1,6	95,4	– 27,4	329,9



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

Distancia al Sol :

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

Velocidad de traslación:

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

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

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

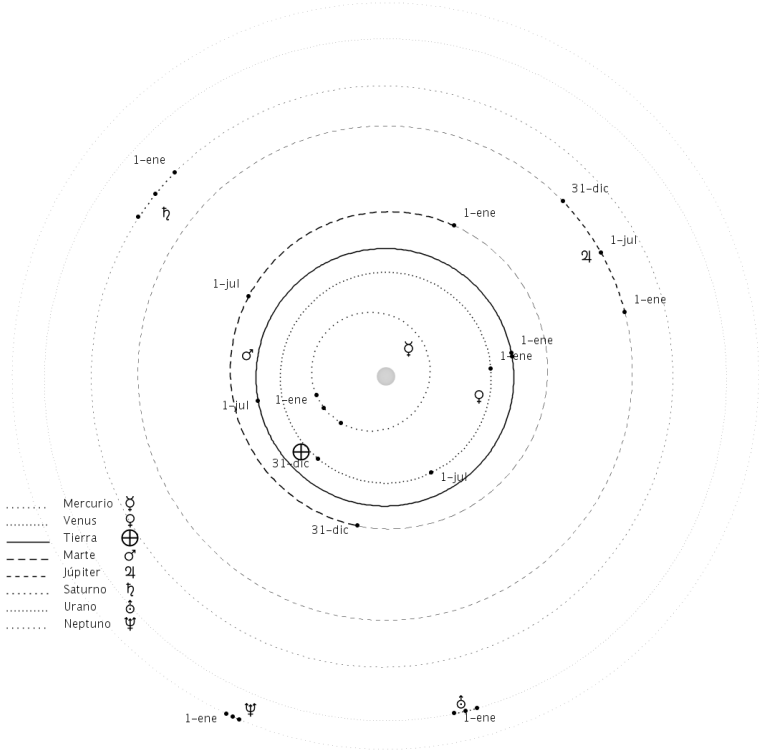
Planeta	Longitud media L	Longitud del perihelio ϖ
Mercurio	$296{,}^\circ36 + 4{,}^\circ09232\, d$	$77{,}^\circ479$
Venus	$93{,}^\circ67 + 1{,}^\circ60213\, d$	$131{,}^\circ547$
Tierra+Luna	$99{,}^\circ88 + 0{,}^\circ98561\, d$	$102{,}^\circ970$
Marte	$154{,}^\circ83 + 0{,}^\circ52404\, d$	$336{,}^\circ087$
Júpiter	$99{,}^\circ21 + 0{,}^\circ08310\, d$	$14{,}^\circ354$
Saturno	$221{,}^\circ03 + 0{,}^\circ03340\, d$	$92{,}^\circ220 + 0{,}^\circ00273\, d$
Urano	$13{,}^\circ40 + 0{,}^\circ01166\, d$	$169{,}^\circ011 + 0{,}^\circ00292\, d$
Neptuno	$335{,}^\circ64 + 0{,}^\circ00571\, d$	$55{,}^\circ960 + 0{,}^\circ02052\, d$

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)

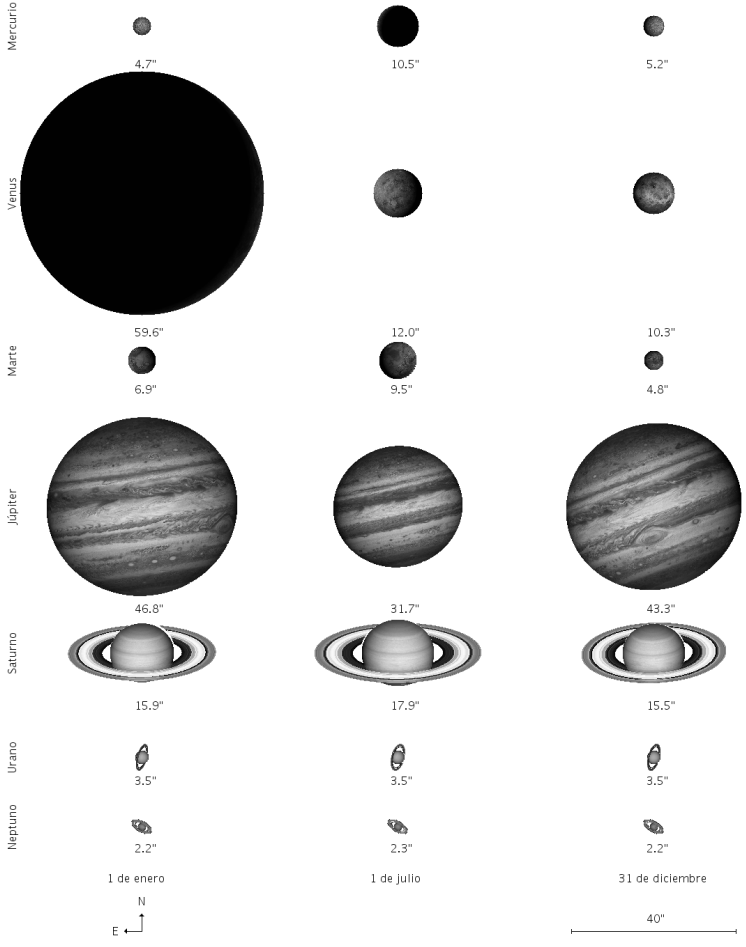
Posición heliocéntrica de los planetas

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

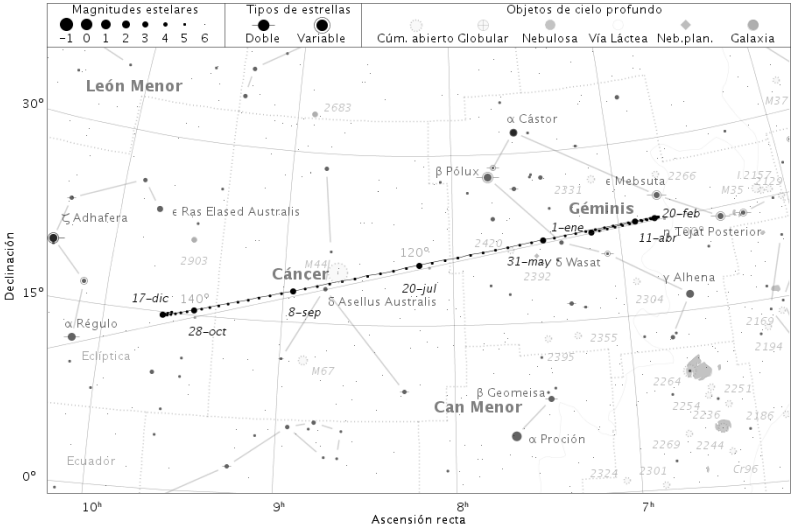
Aspecto aparente de los planetas los días 1 de enero, 1 de julio y 31 de diciembre, a las cero horas de Tiempo Universal. Las figuras están dibujadas a escala y orientadas con el Norte hacia arriba y el Este a la izquierda. Los valores que aparecen debajo de cada figura corresponden a los diámetros ecuatoriales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



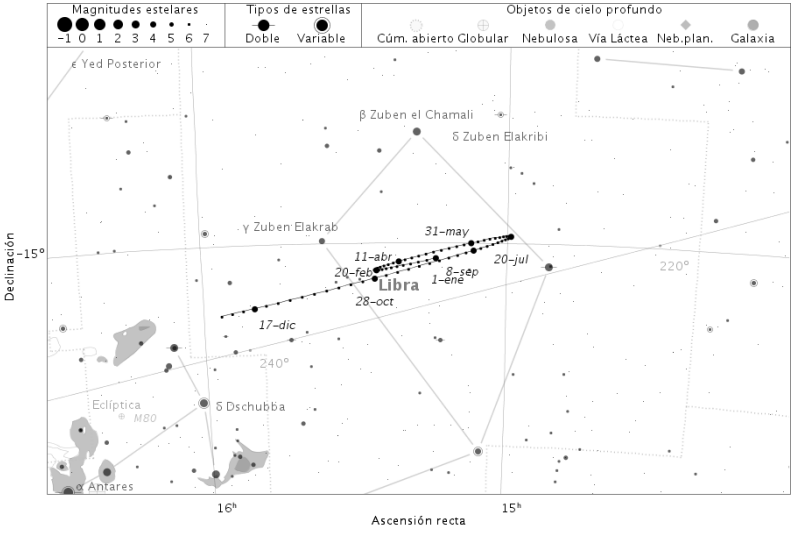
Trayectorias de los planetas a lo largo del año

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

Júpiter

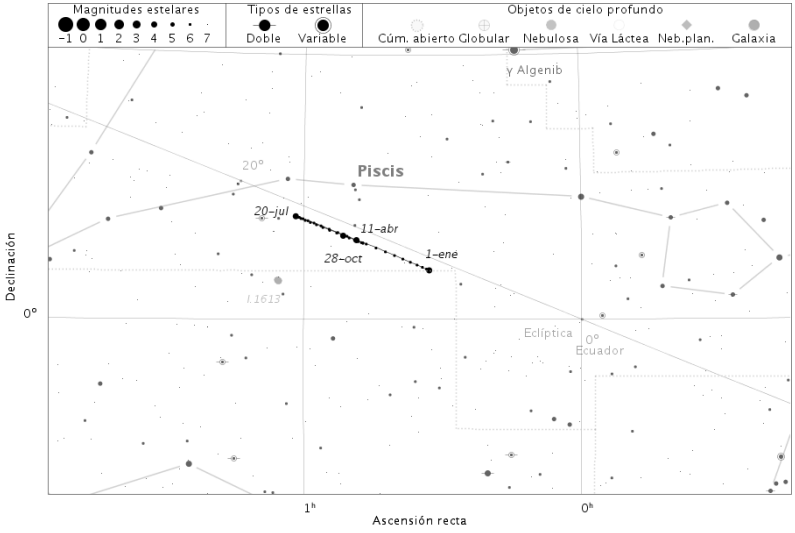


Saturno

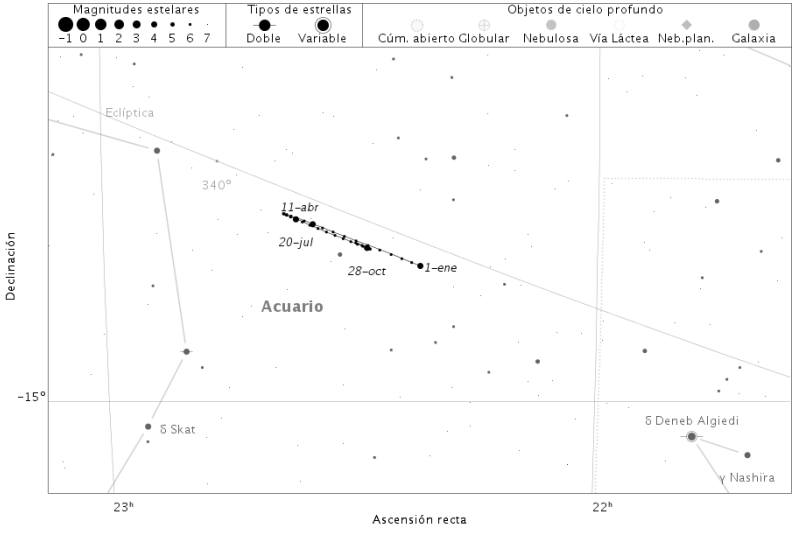


En el caso de Urano y Neptuno la separación en los puntos de la trayectoria es de 10 días con fechas cada 100 días.

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 Urano, 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 Urano, 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	01′ 03″
Júpiter:						
I	Io	421,8	5,90	0,0041	0,036	02′ 19″
II	Europa	671,1	9,39	0,0094	0,466	03′ 41″
III	Ganimedes	1070,4	14,97	0,0013	0,177	05′ 52″
IV	Calisto	1882,7	26,33	0,0074	0,192	10′ 19″
V	Amaltea	181,4	2,54	0,0032	0,380	01′ 00″
VI	Himalia	11461	160,31	0,1623	27,496	1° 02′ 46″
VII	Elara	11741	164,23	0,2174	26,627	1° 04′ 18″
VIII	Pasífae	23624	330,44	0,4090	151,431	2° 09′ 20″
IX	Sinope	23939	334,85	0,2495	158,109	2° 11′ 04″
X	Lisitea	11717	163,89	0,1124	28,302	1° 04′ 10″
XI	Carme	23404	327,37	0,2533	164,907	2° 08′ 08″
XII	Ananké	21276	297,60	0,2435	148,889	1° 56′ 30″
XIII	Leda	11165	156,17	0,1636	27,457	1° 01′ 09″
XIV	Tebe	221,9	3,10	0,0176	1,080	01′ 13″
XV	Adrastea	129	1,80	0,0018	0,054	42″
XVI	Metis	128	1,79	0,0012	0,019	42″
XVII	Calírroe	24102	337,13	0,2829	147,155	2° 11′ 57″
XVIII	Temisto	7507	105,00	0,2424	43,068	41′ 07″
XIX	Megaclite	23808	333,02	0,4211	152,845	2° 10′ 21″
XX	Táigete	23363	326,79	0,2518	165,241	2° 07′ 55″
XXI	Caldona	23179	324,22	0,2514	165,171	2° 06′ 54″
XXII	Harpálice	21104	295,19	0,2261	148,648	1° 55′ 33″
XXIII	Cálice	23564	329,60	0,2464	165,181	2° 09′ 01″
XXIV	Yocasta	21272	297,54	0,2151	149,436	1° 56′ 28″
XXV	Erínome	23283	325,67	0,2656	164,921	2° 07′ 28″
XXVI	Isonoe	23231	324,95	0,2465	165,252	2° 07′ 11″
XXVII	Praxídice	21148	295,81	0,2302	148,985	1° 55′ 48″
XXVIII	Autónoe	24033	336,16	0,3166	152,284	2° 11′ 35″
XXIX	Tione	21192	296,42	0,2377	148,819	1° 56′ 02″
XXX	Hermipé	21300	297,94	0,2123	150,887	1° 56′ 38″
XXXI	Aitné	23315	326,12	0,2655	165,058	2° 07′ 39″
XXXII	Eurídome	23148	323,78	0,2758	150,206	2° 06′ 44″
XXXIII	Euante	21038	294,27	0,2308	148,998	1° 55′ 12″
XXXIV	Euporia	19339	270,51	0,1440	145,499	1° 45′ 54″
XXXV	Ortosia	21164	296,03	0,2780	145,937	1° 55′ 53″
XXXVI	Sponde	23790	332,76	0,3132	151,153	2° 10′ 15″
XXXVII	Cale	23302	325,94	0,2521	165,072	2° 07′ 35″
XXXVIII	Pasítea	23090	322,97	0,2668	165,033	2° 06′ 25″

Elementos orbitales

planeta	satélite	semieje mayor (10^3 km)	semieje mayor (en R_P)	excentricidad	inclinación (°)	máxima elongac.
XXXIX	Hegémone	23566	329,63	0,3439	153,977	2° 09′ 01″
XL	Mneme	21036	294,24	0,2271	148,630	1° 55′ 11″
XLI	Aoede	23969	335,27	0,4324	158,253	2° 11′ 14″
XLII	Telxínoe	21165	296,05	0,2194	151,335	1° 55′ 53″
XLIII	Arque	23355	326,68	0,2555	164,937	2° 07′ 52″
XLIV	Calicore	23273	325,53	0,2424	165,121	2° 07′ 25″
XLV	Hélice	21064	294,63	0,1467	154,621	1° 55′ 20″
XLVI	Carpo	17078	238,88	0,4436	51,157	1° 33′ 31″
XLVII	Eucelade	23322	326,22	0,2670	165,246	2° 07′ 41″
XLVIII	Cilene	23787	332,72	0,4175	150,202	2° 10′ 14″
XLIX	Core	24486	342,50	0,3315	145,043	2° 14′ 03″
L	Herse	23405	327,38	0,2493	164,815	2° 08′ 08″
	S/2000 J11	12174	170,28	0,2109	28,237	1° 06′ 33″
	S/2003 J2	28332	396,30	0,4114	157,106	2° 35′ 05″
	S/2003 J3	20230	282,97	0,2027	147,772	1° 50′ 46″
	S/2003 J4	23928	334,69	0,3558	149,316	2° 11′ 00″
	S/2003 J5	23493	328,61	0,2459	165,278	2° 08′ 37″
	S/2003 J9	23385	327,10	0,2641	165,155	2° 08′ 02″
	S/2003 J10	23042	322,30	0,4284	165,224	2° 06′ 09″
	S/2003 J12	17835	249,47	0,4884	150,827	1° 37′ 40″
	S/2003 J15	22622	316,43	0,1868	146,405	2° 03′ 51″
	S/2003 J16	20948	293,01	0,2309	148,631	1° 54′ 42″
	S/2003 J18	20494	286,66	0,1016	146,007	1° 52′ 13″
	S/2003 J19	23532	329,16	0,2620	165,174	2° 08′ 50″
	S/2003 J23	23549	329,39	0,2702	146,267	2° 08′ 56″
	S/2010 J1	23314	326,11	0,320	163,2	2° 07′ 39″
	S/2010 J2	20307	284,05	0,307	150,4	1° 51′ 12″
	S/2011 J1	20155	281,92	0,2963	162,8	1° 50′ 22″
	S/2011 J2	23329	326,32	0,3867	151,8	2° 07′ 44″
Saturno:						
I	Mimas	185,539	3,08	0,0196	1,574	30″
II	Encélado	238,037	3,95	0,0047	0,009	39″
III	Tetis	294,672	4,89	0,0001	1,091	48″
IV	Dione	377,415	6,26	0,0022	0,028	01′ 01″
V	Rea	527,068	8,75	0,0010	0,333	01′ 25″
VI	Titán	1221,865	20,27	0,0288	0,312	03′ 18″
VII	Hiperión	1500,934	24,90	0,0232	0,615	04′ 03″
VIII	Jápeto	3560,851	59,08	0,0293	8,313	09′ 37″
IX	Febe	12947,913	214,84	0,1634	175,243	35′ 00″
X	Jano	151,46	2,51	0,0068	0,163	25″
XI	Epimeteo	151,41	2,51	0,0098	0,351	25″
XII	Helena	377,42	6,26	0,0071	0,213	01′ 01″
XIII	Telesto	294,71	4,89	0,0002	1,180	48″
XIV	Calipso	294,71	4,89	0,0005	1,499	48″
XV	Atlas	137,67	2,28	0,0012	0,003	22″

Elementos orbitales

planeta	satélite	semieje mayor (10^3 km)	semieje mayor (en R_P)	excentricidad	inclinación (°)	máxima elongac.
XVI	Prometeo	139,38	2,31	0,0022	0,008	23″
XVII	Pandora	141,72	2,35	0,0042	0,050	23″
XVIII	Pan	133,58	2,22	∼0	0,001	22″
XIX	Ymir	23140,4	383,96	0,3337	171,661	1° 02′ 32″
XX	Paaliaq	15024	249,29	0,5402	41,770	40′ 36″
XXI	Tarvos	18263,2	303,03	0,5309	35,949	49′ 21″
XXII	Ijiraq	11367,4	188,61	0,4580	47,123	30′ 43″
XXIII	Suttungr	19476,7	323,17	0,1139	173,888	52′ 38″
XXIV	Kiviuq	11311,1	187,68	0,1642	48,525	30′ 34″
XXV	Mundilfari	18667,9	309,75	0,2051	169,206	50′ 27″
XXVI	Albiorix	16401,1	272,14	0,4838	35,511	44′ 20″
XXVII	Skadi	15614,3	259,08	0,2939	150,798	42′ 12″
XXVIII	Erriapo	17611,4	292,22	0,4676	38,649	47′ 36″
XXIX	Siarnaq	18015,4	298,92	0,4052	44,507	48′ 41″
XXX	Thrymr	20439,6	339,15	0,4655	173,656	55′ 14″
XXXI	Narvi	19417,3	322,18	0,4261	143,242	52′ 29″
XXXII	Metone	194,44	3,23	0,0001	0,007	32″
XXXIII	Palene	212,28	3,52	0,0040	0,181	34″
XXXIV	Pólux	377,2	6,26	0,0192	0,177	01′ 01″
XXXV	Dafnis	136,5	2,26	∼0	∼0	22″
XXXVI	Ægir	20749,8	344,29	0,2524	167,106	56′ 05″
XXXVII	Bébhionn	17117,8	284,03	0,4840	34,563	46′ 16″
XXXVIII	Bergelmir	19338,3	320,87	0,1417	158,919	52′ 16″
XXXIX	Bestla	20278	336,46	0,4738	141,739	54′ 48″
XL	Fárbauti	20387	338,27	0,2453	158,045	55′ 06″
XLI	Fenrir	22454,8	372,58	0,1332	164,444	1° 00′ 41″
XLII	Fornjót	25151,2	417,32	0,2102	169,697	1° 07′ 58″
XLIII	Hati	19775	328,12	0,3728	164,955	53′ 27″
XLIV	Hyrokkin	18437,3	305,92	0,3288	151,245	49′ 50″
XLV	Kári	22077,1	366,32	0,4842	155,902	59′ 40″
XLVI	Loge	23065,5	382,72	0,1881	167,162	1° 02′ 20″
XLVII	Skoll	17663,3	293,08	0,4704	160,178	47′ 44″
XLVIII	Surtur	22920,4	380,31	0,4466	169,141	1° 01′ 56″
XLIX	Antea	0,2		0,001	0,1	
L	Járnsaxa	19356,4	321,17	0,2171	163,322	52′ 19″
LI	Greip	18442,2	306,00	0,3160	173,343	49′ 50″
LII	Tarqeq	17909,9	297,17	0,1186	49,572	48′ 24″
LIII	Ægeon					
	S/2004 S7	21005,8	348,54	0,5295	164,862	56′ 46″
	S/2004 S12	19867,5	329,65	0,3228	163,309	53′ 42″
	S/2004 S13	18408,7	305,45	0,2604	169,079	49′ 45″
	S/2004 S17	19449,9	322,72	0,1810	167,968	52′ 34″
	S/2006 S1	18797,4	311,90	0,1183	154,990	50′ 48″
	S/2006 S3	22100,1	366,70	0,4042	158,904	59′ 43″
	S/2007 S2	16723,3	277,48	0,1778	175,643	45′ 12″

Elementos orbitales

planeta	satélite	semieje mayor (10^3 km)	semieje mayor (en R_P)	excentricidad	inclinación (°)	máxima elongac.
	S/2007 S3	18981,9	314,96	0,1847	175,704	51′ 18″
	S/2009 S1	117	1,94			
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	04″
VII	Ofelia	53,8	2,10	0,0099	0,104	04″
VIII	Bianca	59,2	2,32	0,0009	0,193	04″
IX	Cresida	61,8	2,42	0,0004	0,006	05″
X	Desdémona	62,7	2,45	0,0001	0,113	05″
XI	Julieta	64,4	2,52	0,0007	0,065	05″
XII	Porcia	66,1	2,59	0,0001	0,059	05″
XIII	Rosalinda	69,9	2,73	0,0001	0,279	05″
XIV	Belinda	75,3	2,95	0,0001	0,031	06″
XV	Puck	86	3,36	0,0001	0,319	06″
XVI	Calibán	7231,1	282,92	0,1812	141,529	09′ 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	05′ 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	06″
XXVI	Mab	97,736	3,82	0,0025	0,134	07″
XXVII	Cupido	74,392	2,91	0,0013	0,099	06″
Neptuno:						
I	Tritón	354,759	14,33	$\sim$0	156,865	17″
II	Nereida	5513,818	222,65	0,7507	7,090	04′ 20″
III	Náyade	48,227	1,95	0,0003	4,691	02″
IV	Talasa	50,074	2,02	0,0002	0,135	02″
V	Despina	52,526	2,12	0,0002	0,068	02″
VI	Galatea	61,953	2,50	0,0001	0,034	03″
VII	Larisa	73,548	2,97	0,0014	0,205	03″
VIII	Proteo	117,646	4,75	0,0005	0,075	06″
IX	Halimede	16611	670,77	0,2646	112,712	13′ 04″
X	Psámate	48096	1942,17	0,3809	126,312	37′ 49″
XI	Sao	22228	897,59	0,1365	53,483	17′ 29″
XII	Laomedea	23567	951,66	0,3969	37,874	18′ 32″
XIII	Neso	49285	1990,19	0,5714	136,439	38′ 45″
	S/2004 N1	105,3	4,25	$\sim$0	$\sim$0	05″

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 729		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 729		2001 SJK
XXXVIII	Pasítea	R 719		2001 SJK

Periodos y descubrimiento

planeta	satélite	periodo orbital (d)	periodo de rotación (d)	descubrimiento
XXXIX	Hegémone	R 623		2003 S.S.Sheppard
XL	Mneme	R 613		2003 Sheppard,Glad,
XLI	Aoede	R 714		2003 S.S.Sheppard
XLII	Telxínoe	R 628		2003 Sheppard,Glad,
XLIII	Arque	R 724		2002 S.S.Sheppard
XLIV	Calicore	R 703		2003 S.S.Sheppard
XLV	Hélice	R 617		2003 S.S.Sheppard
XLVI	Carpo	454		2003 S.S.Sheppard
XLVII	Eucelade	R 748		2003 S.S.Sheppard
XLVIII	Cilene	R 743		2003 S.S.Sheppard
XLIX	Core	R 761		2003 S.S.Sheppard
L	Herse	R 709		2003 B.Gladman
	S/2000 J11	274		2000 Sheppard et al
	S/2003 J2	R 889		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J3	R 490		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J4	R 547		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J5	R 781		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J9	R 713		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J10	R 625		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J12	R 536		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J15	R 678		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J16	R 598		2003 B.Gladman
	S/2003 J18	R 512		2003 B.Gladman
	S/2003 J19	R 729		2003 B.Gladman
	S/2003 J23	R 732		2003 Sheppard et al
	S/2010 J1	R 724		2010 Jacobson et al
	S/2010 J2	R 589		2010 Jacobson et al
	S/2011 J1	R 582		2011 Sheppard et al
	S/2011 J2	R 725		2011 Sheppard et al
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		2000 B.Gladman
XX	Paaliaq	686		2000 B.Gladman
XXI	Tarvos	926		2000 KG
XXII	Ijiraq	451		2000 KG
XXIII	Suttungr	R 1017		2000 GK
XXIV	Kiviuq	449		2000 B.Gladman
XXV	Mundilfari	R 952		2000 GK
XXVI	Albiorix	783		2000 Holman et al
XXVII	Skadi	R 728		2000 KG
XXVIII	Erriapo	871		2000 KG
XXIX	Siarnaq	896		2000 Gladman et al
XXX	Thrymr	R 1092		2000 GK
XXXI	Narvi	R 956		2003 S.S.Sheppard
XXXII	Metone	1,01		2004 C.C.Porco et al
XXXIII	Palene	1,14		2004 C.C.Porco et al
XXXIV	Pólux	2,74		2004 C.C.Porco et al
XXXV	Dafnis	0,59		2005 C.C.Porco et al
XXXVI	Ægir	R 1118		2005 D.Jewitt et al
XXXVII	Bébhionn	835		2005 D.Jewitt et al
XXXVIII	Bergelmir	R 1006		2005 D.Jewitt et al
XXXIX	Bestla	R 1089		2005 D.Jewitt et al
XL	Fárbauti	R 1086		2005 D.Jewitt et al
XLI	Fenrir	R 1260		2005 D.Jewitt et al
XLII	Fornjót	R 1494		2005 D.Jewitt et al
XLIII	Hati	R 1039		2005 D.Jewitt et al
XLIV	Hyrokkin	R 932		2006 D.Jewitt et al
XLV	Kári	R 1231		2006 D.Jewitt et al
XLVI	Loge	R 1311		2006 D.Jewitt et al
XLVII	Skoll	R 878		2006 D.Jewitt et al
XLVIII	Surtur	R 1297		2006 D.Jewitt et al
XLIX	Antea	1,04		2007 Cassini Team
L	Járnsaxa	R 965		2006 D.Jewitt et al
LI	Greip	R 921		2006 D.Jewitt et al
LII	Tarqeq	887		2007 D.Jewitt et al
LIII	Ægeon			2008 Cassini Team
	S/2004 S07	R 1140		2005 D.Jewitt et al
	S/2004 S12	R 1046		2005 D.Jewitt et al
	S/2004 S13	R 933		2005 D.Jewitt et al
	S/2004 S17	R 1015		2005 D.Jewitt et al
	S/2006 S1	R 963		2006 D.Jewitt et al
	S/2006 S3	R 1227		2006 D.Jewitt et al
	S/2007 S2	R 808		2007 D.Jewitt et al

Periodos y descubrimiento

planeta	satélite	periodo orbital (d)	periodo de rotación (d)	descubrimiento
	S/2007 S3	R 978		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	Trínculo	R 749		2001 Holman et al
XXII	Francisco	R 267		2001 HG
XXIII	Margarita	1695		2003 Holman et al
XXIV	Fernando	R 2823		2001 HG
XXV	Perdita	0,638		1999 Voyager 2
XXVI	Mab	0,923		2003 SL
XXVII	Cupido	0,618		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 1874		2002 Holman et al
X	Psámate	R 8863		2003 JKS
XI	Sao	2919		2002 Holman et al
XII	Laomedea	2982		2002 Holman et al
XIII	Neso	R 9136		2002 HG
	S/2004 N1	0,936		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	27×22×19	10^{-4}	1,872	11,4	0,07
II	Deimos	15×12×11	$2\ 10^{-5}$	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
	S/2000 J11	4		2,6	23,0	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/2010 J1	$\sim$2				
	S/2010 J2	$\sim$1				
	S/2011 J1	$\sim$1				
	S/2011 J2	$\sim$1				
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	$\simeq$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	$\simeq$35	10^{-4}	0,5	18,4	1,67
XIII	Telesto	$\simeq$25	$4\ 10^{-5}$	0,5	18,5	1,0
XIV	Calipso	$\simeq$21	$2\ 10^{-5}$	0,5	18,7	1,34
XV	Atlas	$\simeq$30	$6\ 10^{-5}$	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	$\simeq$86	0,002	0,480	15,8	0,6
XVII	Pandora	81	0,001	0,490	16,4	0,5
XVIII	Pan	$\simeq$28	$5\ 10^{-5}$	0,420	19,4	0,5
XIX	Ymir	$\sim$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	$\sim$12	10^{-5}	2,3	22,6 R	0,06
XXIII	Suttungr	7		2,3	23,9 R	0,06
XXIV	Kiviuq	$\sim$16	$3\ 10^{-5}$	2,3	22,1 R	0,06
XXV	Mundilfari	7		2,3	23,8 R	0,06
XXVI	Albiorix	$\sim$32	$2\ 10^{-4}$	2,3	20,5 R	0,06
XXVII	Skadi	$\sim$8		2,3	23,6 R	0,06
XXVIII	Erriapo	$\sim$10	10^{-5}	2,3	23,4 R	0,06
XXIX	Siarnaq	$\sim$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	$\sim$3		0,5		
XXXIII	Palene	$\sim$5		0,5		
XXXIV	Pólux	$\sim$3		0,5		
XXXV	Dafnis	$\sim$8		0,34		
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

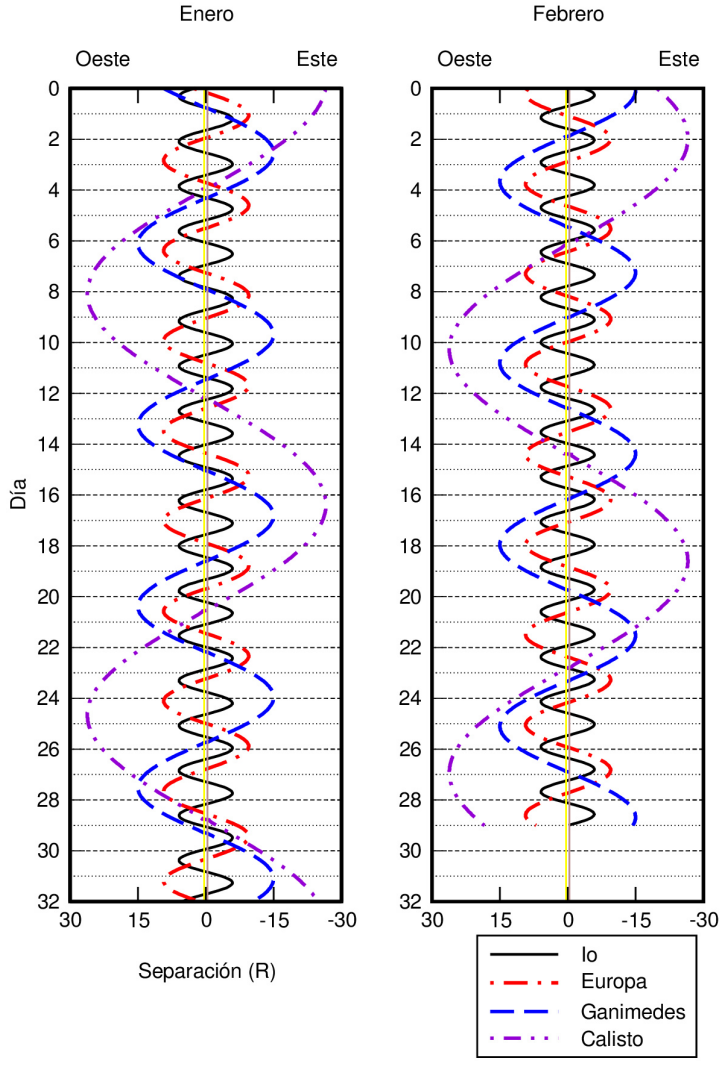
Datos físicos y fotométricos

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	51	$9\ 10^{-4}$	1,3	22,52	0,07
IX	Cresida	80	0,003	1,3	21,58	0,07
X	Desdémona	64	0,002	1,3	21,99	0,07
XI	Julieta	94	0,006	1,3	21,12	0,07
XII	Porcia	135	0,017	1,3	20,42	0,07
XIII	Rosalinda	≃72	0,003	1,3	21,79	0,07
XIV	Belinda	≃81	0,004	1,3	21,47	0,07
XV	Puck	162	0,029	1,3	19,75	0,07
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	∼20				
XXVI	Mab	∼10				
XXVII	Cupido	∼10				
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
XII	Laomedea	42	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.
XIII	Neso	60	0,002	1,5	24,6 R	0,04
	S/2004 N1	∼18			16,5	∼0,10

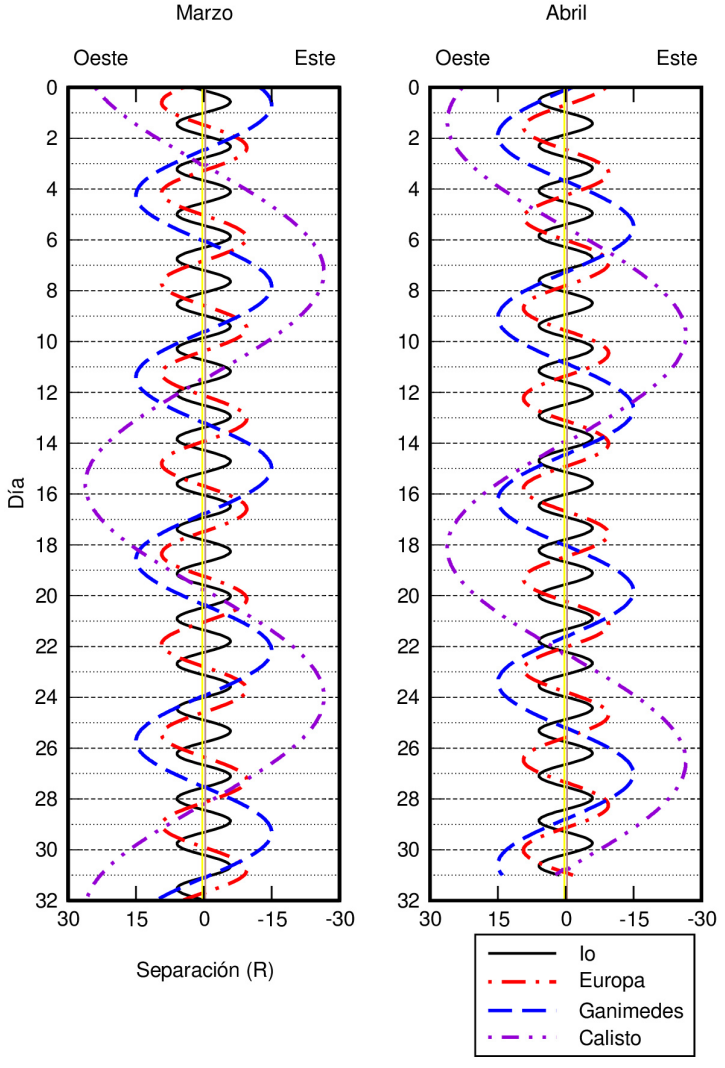
Posiciones relativas de los satélites galileanos de Júpiter

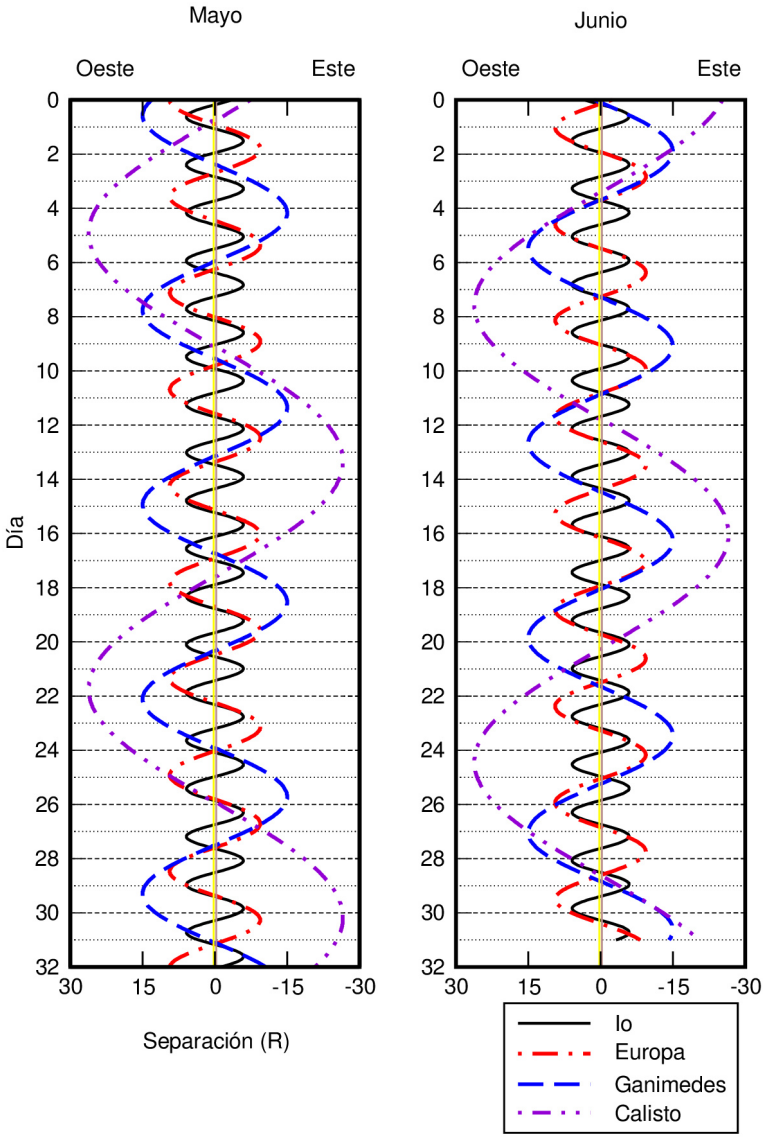


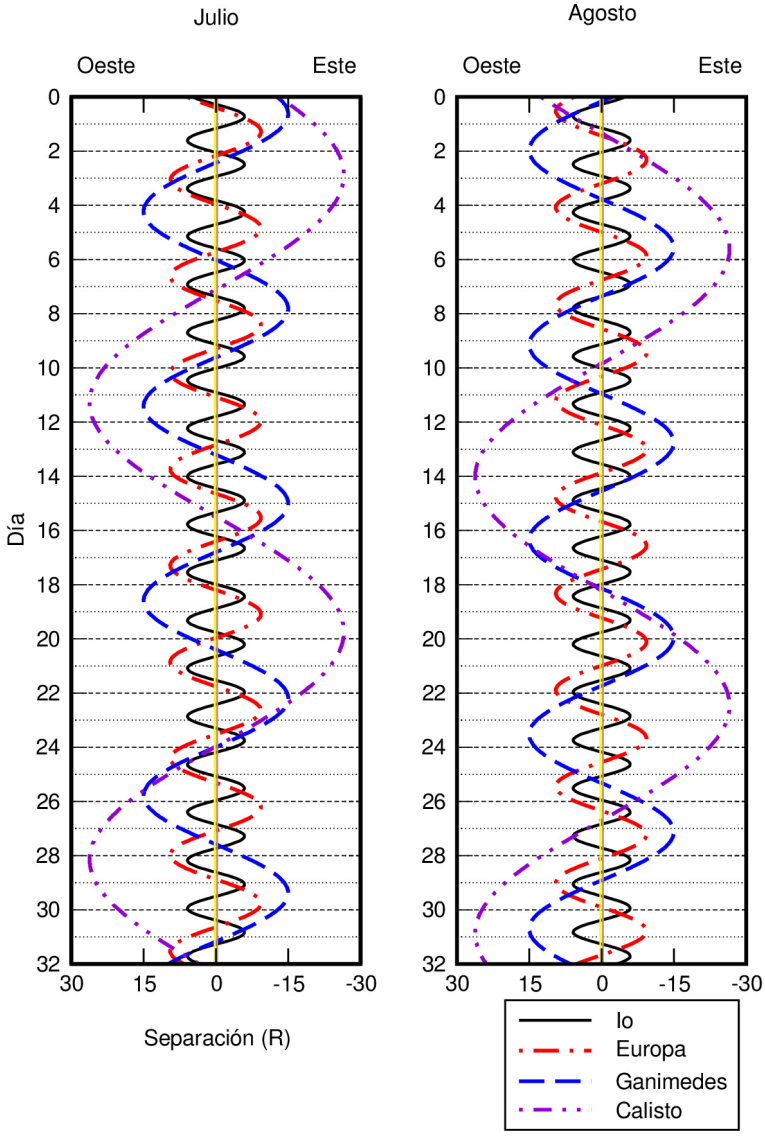
De mayor a menor amplitud, las posiciones dibujadas corresponden a Calisto, Ganimedes, Europa e Io.

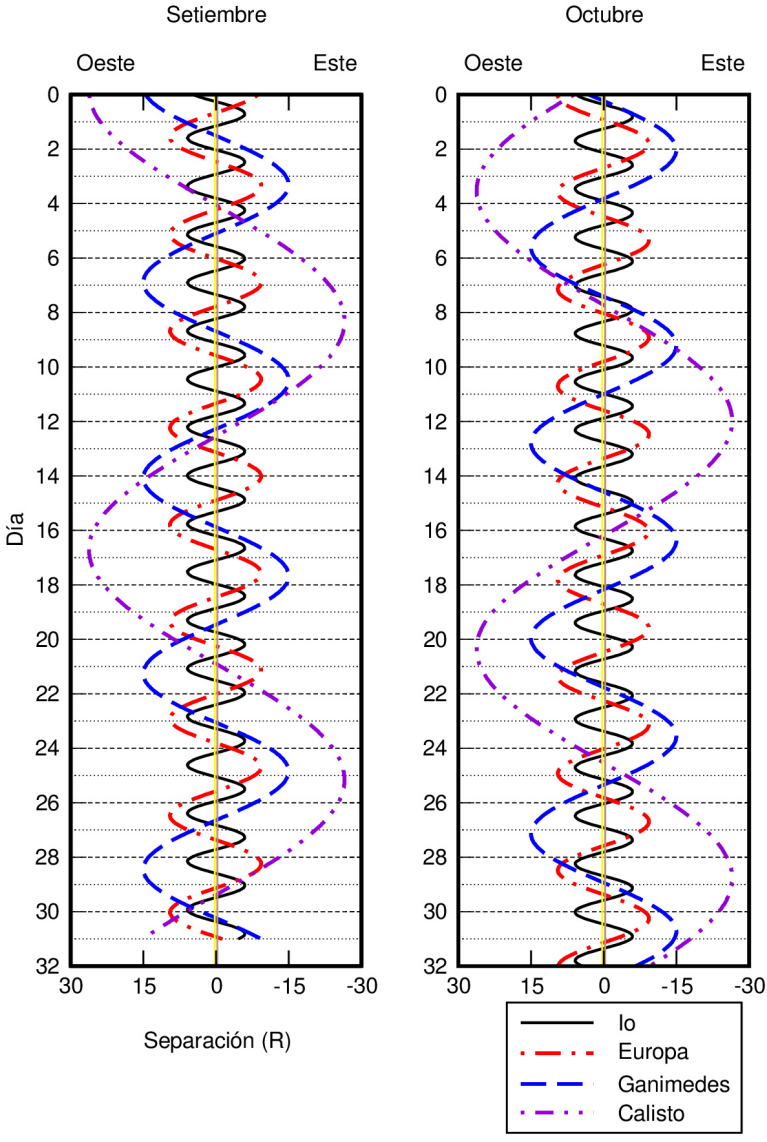
Obsérvese que Oeste y Este están colocados como se ven en un telescopio y al revés de como se ven con unos prismáticos.

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

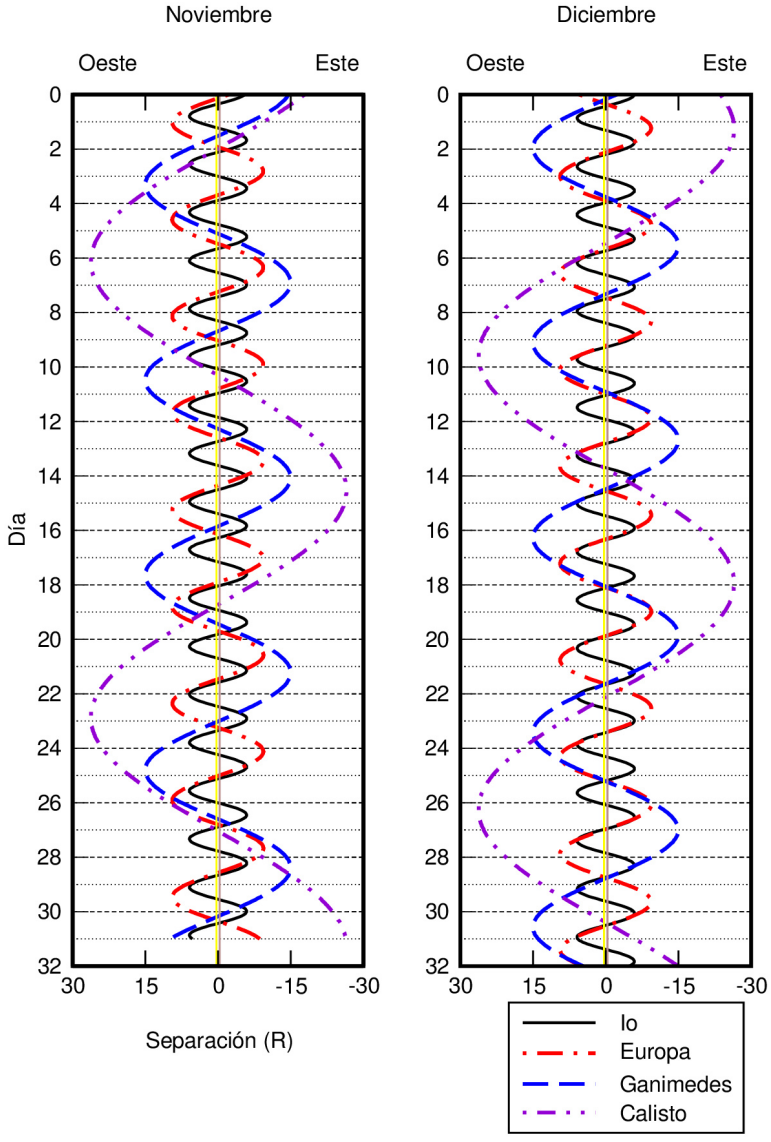

Noviembre
Diciembre
Oeste
Este
Oeste
Este
Día
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
30
32
30
15
0
-15
-30
Separación (R)
Io
Europa
Ganimedes
Calisto

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 agosto de 2013:

Planetas enanos:	5
Satélites de los planetas enanos:	8
Asteroides descubiertos:	$\sim$620 000
Asteroides numerados:	$\sim$368 000
Asteroides nombrados:	$\sim$18 000
Ritmo anual de descubrimiento de asteroides:	$\sim$30 000
Asteroides potencialmente peligrosos:	1 418
Objetos Atenas ($Q > 0{,}983$ ua, $a < 1$ ua):	789
Objetos Apolo ($q < 1{,}017$ ua, $a > 1$ ua):	4 999
Objetos Amor ($1{,}017 < q < 1{,}3$ ua):	4 226
Objetos Centauro (entre Júpiter y Neptuno):	198
Objetos transneptunianos:	1 259
Cometas con denominación IAU:	$\sim$ 3650
Cometas de corto periodo numerados:	291
Ritmo de descubrimiento de cometas:	$\sim$ 100 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,°089	110,°377	222,°974	112,°597
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	39,4451	5900,90	0,2502	29,573	49,316
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	$0\overset{\circ}{,}214304$	17,882	466,718
Plutón	247,74	$0\overset{\circ}{,}003978$	4,749	366,723
Eris	557,00	$0\overset{\circ}{,}001770$	3,436	365,899
Makemake	306,74	$0\overset{\circ}{,}003213$	4,419	366,437
Haumea	282,77	$0\overset{\circ}{,}003486$	4,484	366,539

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	$\sim 0,5$	15,2	0,87	0,0006
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	0,187	2 390	= ecuat.	~ 0	$3\overset{''}{,}3$	0,0066
Eris	0,185	2 360	= ecuat.	~ 0	$3\overset{''}{,}3$	0,0064
Makemake	$\sim$0,118	$\sim$1 500	= ecuat.	~ 0	$\sim 2\overset{''}{,}1$	$\sim 0,002$
Haumea	$\sim$0,157	$\sim$2 000	$\sim$1 000	$\sim$0,5	$\sim 2\overset{''}{,}7$	$\sim 0,002$

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	1,8	0,61	87
Eris	0,00277	2,4	0,79	110
Makemake	$\sim 0,0007$	~ 2	$\sim 0,5$	~ 27
Haumea	$\sim 0,0007$	2,6	$\sim 0,3$	~ 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		diámetro (km)	magnitud	periodo orbital (d)	descubrimiento
Plutón:					
I	Caronte	1207	16,8	6,387	1978 J.W. Christy
II	Nix	46–137	23,4	24,856	2005 H.A.Weaver et al.
III	Hidra	61–167	22,9	38,206	2005 H.A.Weaver et al.
IV	Cerbero	13–40	26,1	32,17	2011 M.R.Showalter et al.
V	Estigia	10–25	27,0	20,16	2012 M.R.Showalter et al.
Eris:					
I	Disnomia	300–400	23,1	$\sim$14	2005 M.Brown y AOT
Haumea:					
I	Hi'iaka	$\sim$310	20,6	49,46	2005 M.Brown y AOT
II	Namaka	$\sim$170	21,9	18,28	2005 M.Brown y AOT

AOT: adaptive-optics team del Observatorio Keck en Mauna Kea

Efemérides

Coordenadas astrométricas, incluyendo perturbaciones planetarias.

CERES 2014
(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	declinación δ_{2000} (° ′ ″)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	ángulo de fase β (°)	mag. V
Ene	1	13 36 10,2	+01 11 48	2,582	2,576	22	8,6
Ene	11	13 47 23,8	+00 35 51	2,457	2,580	22	8,5
Ene	21	13 57 12,6	+00 11 46	2,331	2,584	22	8,3
Ene	31	14 05 20,3	+00 00 17	2,207	2,588	22	8,2
Feb	10	14 11 27,8	+00 01 44	2,086	2,593	21	8,1
Feb	20	14 15 18,4	+00 15 46	1,973	2,598	20	7,9
Mar	2	14 16 36,0	+00 41 27	1,871	2,603	17	7,7
Mar	12	14 15 11,3	+01 16 30	1,783	2,608	15	7,5
Mar	22	14 11 08,2	+01 57 15	1,714	2,614	12	7,3
Abr	1	14 04 45,3	+02 38 44	1,667	2,619	8	7,1
Abr	11	13 56 41,6	+03 14 50	1,645	2,625	6	7,0
Abr	21	13 47 53,4	+03 39 40	1,649	2,632	6	7,0
May	1	13 39 21,1	+03 48 48	1,680	2,638	9	7,2
May	11	13 32 02,3	+03 39 45	1,736	2,644	12	7,4
May	21	13 26 38,4	+03 12 36	1,813	2,651	15	7,6
May	31	13 23 31,4	+02 28 58	1,908	2,658	17	7,8
Jun	10	13 22 49,3	+01 31 14	2,018	2,665	19	8,0
Jun	20	13 24 26,1	+00 22 13	2,138	2,672	21	8,2
Jun	30	13 28 10,7	+00 55 38	2,267	2,680	22	8,3
Jul	10	13 33 50,1	−02 20 08	2,399	2,687	22	8,5
Jul	20	13 41 09,3	−03 49 19	2,535	2,695	22	8,6
Jul	30	13 49 56,2	−05 21 41	2,670	2,702	22	8,7
Ago	9	13 59 60,0	−06 55 52	2,803	2,710	21	8,8
Ago	19	14 11 10,3	−08 30 37	2,933	2,717	20	8,9
Ago	29	14 23 20,3	−10 04 56	3,058	2,725	19	8,9
Set	8	14 36 23,4	−11 37 48	3,177	2,733	18	9,0
Set	18	14 50 13,4	−13 08 18	3,288	2,741	16	9,0
Set	28	15 04 46,6	−14 35 37	3,390	2,749	14	9,0
Oct	8	15 19 58,5	−15 58 55	3,483	2,757	13	9,0
Oct	18	15 35 44,8	−17 17 26	3,565	2,765	11	9,0
Oct	28	15 52 02,5	−18 30 31	3,635	2,772	9	9,0
Nov	7	16 08 47,1	−19 37 30	3,693	2,780	7	8,9
Nov	17	16 25 54,4	−20 37 51	3,739	2,788	5	8,9
Nov	27	16 43 20,6	−21 31 08	3,770	2,796	3	8,8
Dic	7	17 00 60,0	−22 17 01	3,788	2,803	1	8,6
Dic	17	17 18 47,7	−22 55 19	3,791	2,811	1	8,7
Dic	27	17 36 38,5	−23 26 01	3,781	2,818	4	8,8

PLUTON 2014

(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	18 47 09,3	−20 14 36	33,554	32,572	0	14,2
Ene	11	18 48 38,9	−20 13 45	33,547	32,578	0	14,2
Ene	21	18 50 06,3	−20 12 46	33,512	32,584	1	14,2
Ene	31	18 51 29,7	−20 11 40	33,449	32,589	1	14,2
Feb	10	18 52 46,9	−20 10 32	33,360	32,595	1	14,2
Feb	20	18 53 56,3	−20 09 26	33,248	32,601	1	14,2
Mar	2	18 54 56,2	−20 08 25	33,117	32,607	1	14,2
Mar	12	18 55 45,3	−20 07 33	32,971	32,613	2	14,2
Mar	22	18 56 22,4	−20 06 53	32,814	32,619	2	14,2
Abr	1	18 56 47,0	−20 06 28	32,650	32,625	2	14,2
Abr	11	18 56 58,5	−20 06 21	32,486	32,631	2	14,2
Abr	21	18 56 57,0	−20 06 33	32,325	32,637	2	14,2
May	1	18 56 42,9	−20 07 05	32,173	32,643	2	14,2
May	11	18 56 16,8	−20 07 58	32,034	32,649	1	14,2
May	21	18 55 40,1	−20 09 11	31,913	32,655	1	14,1
May	31	18 54 54,0	−20 10 41	31,812	32,661	1	14,1
Jun	10	18 54 00,3	−20 12 29	31,736	32,666	1	14,1
Jun	20	18 53 01,2	−20 14 30	31,687	32,672	0	14,1
Jun	30	18 51 58,7	−20 16 43	31,666	32,678	0	14,1
Jul	10	18 50 55,3	−20 19 04	31,674	32,684	0	14,1
Jul	20	18 49 53,3	−20 21 31	31,710	32,690	1	14,1
Jul	30	18 48 54,9	−20 23 59	31,775	32,696	1	14,1
Ago	9	18 48 02,5	−20 26 26	31,866	32,702	1	14,1
Ago	19	18 47 17,9	−20 28 50	31,982	32,708	1	14,2
Ago	29	18 46 42,9	−20 31 07	32,117	32,714	1	14,2
Set	8	18 46 18,9	−20 33 14	32,270	32,720	2	14,2
Set	18	18 46 07,0	−20 35 11	32,436	32,726	2	14,2
Set	28	18 46 07,8	−20 36 54	32,609	32,732	2	14,2
Oct	8	18 46 21,7	−20 38 23	32,786	32,738	2	14,2
Oct	18	18 46 48,5	−20 39 35	32,961	32,744	2	14,2
Oct	28	18 47 27,9	−20 40 29	33,129	32,751	2	14,2
Nov	7	18 48 18,9	−20 41 06	33,285	32,757	1	14,3
Nov	17	18 49 20,5	−20 41 24	33,426	32,763	1	14,3
Nov	27	18 50 31,3	−20 41 23	33,547	32,769	1	14,3
Dic	7	18 51 49,6	−20 41 06	33,644	32,775	1	14,2
Dic	17	18 53 13,5	−20 40 32	33,716	32,781	1	14,2
Dic	27	18 54 41,2	−20 39 43	33,760	32,787	0	14,2

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

HAUMEA 2014

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo	mag.
		α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} (° ′ ″)	a Tierra Δ	al Sol r	de fase β (°)	V
Ene	1	14 00 42,7	+17 16 11	50,954	50,797	1	17,3
Ene	11	14 01 02,2	+17 20 16	50,799	50,795	1	17,3
Ene	21	14 01 13,9	+17 25 12	50,644	50,793	1	17,3
Ene	31	14 01 17,5	+17 30 48	50,493	50,792	1	17,3
Feb	10	14 01 13,0	+17 36 55	50,351	50,790	1	17,2
Feb	20	14 01 00,7	+17 43 18	50,222	50,788	1	17,2
Mar	2	14 00 41,2	+17 49 46	50,111	50,786	1	17,2
Mar	12	14 00 15,2	+17 56 05	50,021	50,785	1	17,2
Mar	22	13 59 43,8	+18 02 03	49,953	50,783	1	17,2
Abr	1	13 59 08,1	+18 07 27	49,911	50,781	1	17,2
Abr	11	13 58 29,4	+18 12 06	49,895	50,780	1	17,2
Abr	21	13 57 49,2	+18 15 51	49,905	50,778	1	17,2
May	1	13 57 08,8	+18 18 36	49,941	50,776	1	17,2
May	11	13 56 29,7	+18 20 14	50,001	50,775	1	17,2
May	21	13 55 53,3	+18 20 43	50,084	50,773	1	17,2
May	31	13 55 20,7	+18 20 02	50,186	50,771	1	17,2
Jun	10	13 54 53,0	+18 18 13	50,306	50,769	1	17,2
Jun	20	13 54 31,3	+18 15 19	50,438	50,768	1	17,3
Jun	30	13 54 16,2	+18 11 24	50,579	50,766	1	17,3
Jul	10	13 54 08,2	+18 06 36	50,725	50,764	1	17,3
Jul	20	13 54 07,6	+18 01 02	50,872	50,762	1	17,3
Jul	30	13 54 14,7	+17 54 51	51,016	50,761	1	17,3
Ago	9	13 54 29,2	+17 48 14	51,153	50,759	1	17,3
Ago	19	13 54 51,0	+17 41 20	51,279	50,757	1	17,3
Ago	29	13 55 19,5	+17 34 19	51,389	50,755	1	17,3
Set	8	13 55 54,1	+17 27 23	51,483	50,754	1	17,3
Set	18	13 56 34,0	+17 20 42	51,555	50,752	1	17,3
Set	28	13 57 18,4	+17 14 26	51,604	50,750	1	17,3
Oct	8	13 58 06,1	+17 08 46	51,629	50,748	1	17,2
Oct	18	13 58 56,0	+17 03 49	51,629	50,747	1	17,2
Oct	28	13 59 46,9	+16 59 44	51,603	50,745	1	17,2
Nov	7	14 00 37,6	+16 56 37	51,552	50,743	1	17,3
Nov	17	14 01 26,7	+16 54 34	51,477	50,741	1	17,3
Nov	27	14 02 13,1	+16 53 39	51,379	50,740	1	17,3
Dic	7	14 02 55,4	+16 53 53	51,263	50,738	1	17,3
Dic	17	14 03 32,7	+16 55 15	51,130	50,736	1	17,3
Dic	27	14 04 03,8	+16 57 44	50,986	50,734	1	17,3

MAKEMAKE 2014

(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	12 51 28,2	+25 54 34	52,191	52,344	1	16,9
Ene	11	12 51 32,6	+25 59 55	52,045	52,346	1	16,9
Ene	21	12 51 28,7	+26 05 50	51,907	52,347	1	16,9
Ene	31	12 51 16,9	+26 12 07	51,784	52,348	1	16,9
Feb	10	12 50 57,5	+26 18 32	51,678	52,350	1	16,9
Feb	20	12 50 31,4	+26 24 52	51,592	52,351	1	16,9
Mar	2	12 49 59,6	+26 30 53	51,530	52,352	1	16,9
Mar	12	12 49 23,2	+26 36 22	51,493	52,353	1	16,8
Mar	22	12 48 43,6	+26 41 06	51,483	52,355	1	16,8
Abr	1	12 48 02,2	+26 44 57	51,498	52,356	1	16,8
Abr	11	12 47 20,6	+26 47 46	51,540	52,357	1	16,9
Abr	21	12 46 40,1	+26 49 27	51,606	52,358	1	16,9
May	1	12 46 02,2	+26 49 56	51,694	52,360	1	16,9
May	11	12 45 28,2	+26 49 13	51,801	52,361	1	16,9
May	21	12 44 59,1	+26 47 18	51,924	52,362	1	16,9
May	31	12 44 36,0	+26 44 15	52,060	52,364	1	16,9
Jun	10	12 44 19,6	+26 40 09	52,204	52,365	1	16,9
Jun	20	12 44 10,5	+26 35 07	52,353	52,366	1	16,9
Jun	30	12 44 08,9	+26 29 17	52,502	52,367	1	16,9
Jul	10	12 44 14,9	+26 22 46	52,647	52,368	1	16,9
Jul	20	12 44 28,6	+26 15 47	52,784	52,370	1	16,9
Jul	30	12 44 49,4	+26 08 28	52,909	52,371	1	16,9
Ago	9	12 45 17,1	+26 01 00	53,020	52,372	1	16,9
Ago	19	12 45 51,0	+25 53 35	53,112	52,373	1	16,9
Ago	29	12 46 30,2	+25 46 22	53,184	52,375	1	16,9
Set	8	12 47 13,9	+25 39 33	53,233	52,376	1	16,9
Set	18	12 48 00,9	+25 33 16	53,258	52,377	1	16,9
Set	28	12 48 50,4	+25 27 42	53,258	52,378	1	16,9
Oct	8	12 49 40,9	+25 22 59	53,233	52,380	1	16,9
Oct	18	12 50 31,3	+25 19 13	53,183	52,381	1	16,9
Oct	28	12 51 20,3	+25 16 31	53,110	52,382	1	16,9
Nov	7	12 52 06,7	+25 14 56	53,015	52,383	1	16,9
Nov	17	12 52 49,3	+25 14 32	52,901	52,385	1	16,9
Nov	27	12 53 26,9	+25 15 19	52,772	52,386	1	16,9
Dic	7	12 53 58,6	+25 17 15	52,631	52,387	1	16,9
Dic	17	12 54 23,4	+25 20 16	52,483	52,388	1	16,9
Dic	27	12 54 40,7	+25 24 17	52,331	52,389	1	16,9

ERIS 2014

(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	01 39 17,9	−03 34 33	96,238	96,432	1	18,8
Ene	11	01 39 14,1	−03 33 05	96,406	96,430	1	18,8
Ene	21	01 39 14,3	−03 31 14	96,573	96,428	1	18,8
Ene	31	01 39 18,6	−03 29 01	96,737	96,426	1	18,8
Feb	10	01 39 26,9	−03 26 31	96,890	96,425	1	18,8
Feb	20	01 39 38,7	−03 23 46	97,030	96,423	1	18,8
Mar	2	01 39 53,8	−03 20 52	97,151	96,421	0	18,8
Mar	12	01 40 11,7	−03 17 53	97,249	96,419	0	18,7
Mar	22	01 40 31,9	−03 14 53	97,324	96,417	0	18,7
Abr	1	01 40 53,8	−03 11 57	97,371	96,415	0	18,7
Abr	11	01 41 16,7	−03 09 10	97,390	96,413	0	18,7
Abr	21	01 41 40,1	−03 06 34	97,381	96,412	0	18,7
May	1	01 42 03,3	−03 04 14	97,344	96,410	0	18,7
May	11	01 42 25,7	−03 02 13	97,281	96,408	0	18,7
May	21	01 42 46,6	−03 00 34	97,192	96,406	0	18,8
May	31	01 43 05,5	−02 59 18	97,082	96,404	1	18,8
Jun	10	01 43 22,0	−02 58 26	96,952	96,402	1	18,8
Jun	20	01 43 35,5	−02 58 00	96,807	96,400	1	18,8
Jun	30	01 43 45,8	−02 57 59	96,650	96,399	1	18,8
Jul	10	01 43 52,5	−02 58 24	96,486	96,397	1	18,8
Jul	20	01 43 55,5	−02 59 11	96,320	96,395	1	18,8
Jul	30	01 43 54,7	−03 00 21	96,155	96,393	1	18,8
Ago	9	01 43 50,1	−03 01 50	95,997	96,391	1	18,8
Ago	19	01 43 41,9	−03 03 34	95,850	96,389	1	18,7
Ago	29	01 43 30,1	−03 05 32	95,719	96,388	1	18,7
Set	8	01 43 15,3	−03 07 37	95,606	96,386	0	18,7
Set	18	01 42 57,8	−03 09 47	95,516	96,384	0	18,7
Set	28	01 42 38,1	−03 11 56	95,452	96,382	0	18,7
Oct	8	01 42 16,8	−03 14 00	95,415	96,380	0	18,7
Oct	18	01 41 54,6	−03 15 54	95,407	96,378	0	18,7
Oct	28	01 41 32,2	−03 17 34	95,428	96,376	0	18,7
Nov	7	01 41 10,3	−03 18 56	95,478	96,374	0	18,7
Nov	17	01 40 49,6	−03 19 56	95,555	96,373	0	18,7
Nov	27	01 40 30,8	−03 20 32	95,658	96,371	0	18,7
Dic	7	01 40 14,6	−03 20 42	95,782	96,369	1	18,7
Dic	17	01 40 01,3	−03 20 24	95,925	96,367	1	18,7
Dic	27	01 39 51,6	−03 19 39	96,081	96,365	1	18,8

Asteroides

En agosto de 2013 se han descubierto unos 620 000 asteroides, de los cuales unos 368 000 han sido numerados y unos 18 000 han recibido un nombre. Por su órbita y su tamaño, unos 1 418 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	2009,17	2,7672	0,0759	72,259	80,329	10,594
2	Palas	2009,34	2,7723	0,2316	309,940	173,112	34,835
3	Juno	2010,25	2,6705	0,2553	248,331	169,879	12,980
4	Vesta	2011,17	2,3618	0,0884	151,098	103,851	7,140
5	Astrea	2012,00	2,5747	0,1908	358,859	141,595	5,368
6	Hebe	2010,92	2,4259	0,2017	239,377	138,707	14,747
7	Iris	2010,58	2,3861	0,2304	145,399	259,636	5,524
8	Flora	2011,09	2,2016	0,1562	285,346	110,922	5,888
9	Metis	2012,84	2,3857	0,1226	5,796	68,944	5,575
10	Hygiea	2011,42	3,1370	0,1161	312,733	283,417	3,842
11	Partenope	2012,58	2,4537	0,0989	195,499	125,581	4,626
12	Victoria	2010,92	2,3333	0,2213	69,599	235,492	8,369
13	Egeria	2013,09	2,5761	0,0839	79,888	43,257	16,541
14	Irene	2013,33	2,5864	0,1658	97,967	86,165	9,119
15	Eunomia	2011,67	2,6429	0,1879	97,583	293,192	11,739
16	Psyche	2010,34	2,9230	0,1367	227,121	150,284	3,098
18	Melpomene	2013,33	2,2959	0,2182	228,043	150,490	10,128
19	Fortuna	2013,42	2,4422	0,1580	182,411	211,234	1,573
20	Masalia	2010,67	2,4084	0,1426	256,813	206,194	0,708
27	Euterpe	2012,42	2,3469	0,1724	356,459	94,800	1,584
29	Amphitrite	2012,01	2,5544	0,0725	61,826	356,437	6,090
39	Laetitia	2010,92	2,7682	0,1142	208,398	157,129	10,380
40	Harmonia	2011,50	2,2672	0,0470	268,760	94,241	4,258
44	Nysa	2010,92	2,4229	0,1484	343,521	131,562	3,706
51	Nemausa	2011,09	2,3656	0,0677	2,224	176,078	9,976
89	Julia	2009,67	2,5507	0,1826	44,890	311,608	16,139
192	Nausikaa	2011,92	2,4021	0,2464	30,099	343,263	6,815
230	Atamantis	2011,75	2,3819	0,0619	139,063	239,918	9,444
349	Dembowska	2012,34	2,9251	0,0912	347,031	32,396	8,245
354	Eleonora	2010,34	2,7972	0,1152	6,191	140,390	18,397

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	975×975×909	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	578×560×458	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 2014 de los primeros asteroides

	nombre	oposición en longitud	magnitud V	oposición en asc. recta
1	Ceres	Abr 15, 5^h	7,0	Abr 19, 15^h
2	Pallas	Feb 22, 9^h	7,1	Feb 14, 21^h
4	Vesta	Abr 13, 11^h	5,8	Abr 17, 12^h
5	Astraea	Set 29, 20^h	10,7	Oct 01, 22^h
6	Hebe	Nov 15, 18^h	8,1	Nov 21, 5^h
9	Metis	May 15, 13^h	9,6	May 16, 0^h
10	Hygiea	Dic 30, 19^h	10,0	Dic 30, 20^h
11	Parthenope	Ene 11, 2^h	9,9	Ene 10, 21^h
12	Victoria	Set 08, 12^h	9,0	Set 02, 15^h
13	Egeria	Jun 02, 11^h	10,5	May 31, 21^h
14	Irene	Ago 08, 13^h	10,2	Ago 11, 14^h
15	Eunomia	May 31, 17^h	9,5	May 30, 1^h
16	Psyche	Ago 07, 3^h	9,3	Ago 06, 18^h
18	Melpomen	Ene 28, 8^h	9,3	Ene 26, 23^h
19	Fortuna	Ene 08, 4^h	9,7	Ene 07, 21^h
27	Euterpe	Jul 22, 6^h	10,3	Jul 22, 11^h
29	Amphitrite	Jun 24, 9^h	9,5	Jun 24, 13^h
39	Laetitia	Jun 30, 13^h	9,8	Jun 29, 20^h
40	Harmonia	Set 01, 19^h	9,4	Set 04, 6^h
433	Eros	Jun 29, 1^h	12,0	Jun 29, 13^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.

Atenas 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.

2 PALAS 2014

(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 08 51,9	−22 24 29	1,553	2,135	25	8,0
Ene	11	10 09 33,2	−22 08 38	1,459	2,139	23	7,8
Ene	21	10 07 23,3	−21 08 34	1,375	2,145	21	7,6
Ene	31	10 02 40,7	−19 16 39	1,306	2,152	17	7,3
Feb	10	09 56 10,2	−16 29 24	1,257	2,161	14	7,1
Feb	20	09 49 00,5	−12 52 08	1,233	2,171	11	7,0
Mar	2	09 42 26,4	−08 39 41	1,237	2,182	10	7,0
Mar	12	09 37 38,5	−04 14 16	1,270	2,195	12	7,1
Mar	22	09 35 23,3	+00 01 08	1,331	2,209	16	7,4
Abr	1	09 35 59,8	+03 49 37	1,417	2,224	19	7,6
Abr	11	09 39 28,5	+07 01 50	1,523	2,240	22	7,9
Abr	21	09 45 33,1	+09 35 27	1,644	2,257	24	8,2
May	1	09 53 51,5	+11 32 24	1,776	2,275	25	8,4
May	11	10 04 01,9	+12 56 22	1,916	2,293	26	8,6
May	21	10 15 41,4	+13 51 53	2,060	2,313	26	8,8

4 VESTA 2014
(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	11	13 29 37,9	−01 20 56	2,097	2,305	25	7,6
Ene	21	13 40 56,5	−01 49 37	1,964	2,295	25	7,4
Ene	31	13 50 36,9	−02 03 59	1,834	2,285	25	7,2
Feb	10	13 58 16,4	−02 02 47	1,709	2,276	24	7,0
Feb	20	14 03 33,2	−01 45 29	1,591	2,267	22	6,8
Mar	2	14 06 04,7	−01 12 09	1,485	2,257	20	6,6
Mar	12	14 05 33,8	−00 24 20	1,393	2,249	16	6,4
Mar	22	14 01 59,1	+00 34 10	1,319	2,240	13	6,1
Abr	1	13 55 36,8	+01 37 28	1,265	2,232	9	5,9
Abr	11	13 47 12,0	+02 37 10	1,236	2,224	6	5,8
Abr	21	13 37 54,5	+03 24 21	1,232	2,216	7	5,8
May	1	13 29 02,2	+03 51 48	1,251	2,209	11	5,9
May	11	13 21 48,7	+03 55 13	1,293	2,202	15	6,1
May	21	13 17 04,1	+03 34 12	1,354	2,195	19	6,3
May	31	13 15 11,7	+02 50 56	1,430	2,189	22	6,5
Jun	10	13 16 16,0	+01 48 41	1,518	2,183	24	6,7
Jun	20	13 20 05,5	+00 31 22	1,614	2,178	26	6,9
Jun	30	13 26 23,5	−00 57 39	1,717	2,173	27	7,0
Jul	10	13 34 52,9	−02 35 23	1,822	2,168	28	7,2
Jul	20	13 45 15,5	−04 19 08	1,930	2,165	28	7,3

5 ASTREA 2014
(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
Jun	30	00 39 54,4	+01 23 35	2,828	2,976	20	12,5
Jul	10	00 46 42,6	+01 47 38	2,681	2,965	20	12,3
Jul	20	00 52 02,2	+02 00 12	2,535	2,954	19	12,2
Jul	30	00 55 38,1	+01 59 54	2,394	2,943	19	12,0
Ago	9	00 57 16,4	+01 45 36	2,262	2,930	17	11,9
Ago	19	00 56 46,4	+01 16 47	2,142	2,918	15	11,7
Ago	29	00 54 01,6	+00 33 35	2,038	2,905	12	11,4
Set	8	00 49 07,3	−00 22 11	1,954	2,891	9	11,2
Set	18	00 42 23,0	−01 26 57	1,895	2,877	5	11,0
Set	28	00 34 23,2	−02 35 28	1,864	2,862	2	10,7

5 ASTREA (CONT.) 2014
(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
Oct	8	00 25 58,3	−03 40 58	1,861	2,847	4	10,8
Oct	18	00 18 02,8	−04 37 04	1,886	2,831	8	11,0
Oct	28	00 11 26,4	−05 18 38	1,938	2,815	11	11,2
Nov	7	00 06 48,1	−05 42 38	2,012	2,799	15	11,4
Nov	17	00 04 28,0	−05 48 18	2,103	2,782	17	11,6
Nov	27	00 04 32,6	−05 36 19	2,209	2,764	19	11,7
Dic	7	00 06 58,1	−05 08 14	2,323	2,747	20	11,9
Dic	17	00 11 32,5	−04 26 10	2,442	2,728	21	12,0

6 HEBE 2014
(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
Ago	9	03 08 50,0	+02 45 24	1,641	1,937	32	9,4
Ago	19	03 24 58,3	+02 13 45	1,547	1,937	31	9,3
Ago	29	03 39 21,2	+01 24 07	1,457	1,937	31	9,1
Set	8	03 51 33,0	+00 17 14	1,372	1,940	30	9,0
Set	18	04 01 07,6	−01 05 03	1,293	1,944	28	8,8
Set	28	04 07 35,7	−02 39 28	1,222	1,949	26	8,6
Oct	8	04 10 34,2	−04 20 11	1,161	1,956	23	8,5
Oct	18	04 09 51,8	−05 59 03	1,112	1,965	20	8,3
Oct	28	04 05 34,6	−07 25 26	1,080	1,975	17	8,2
Nov	7	03 58 22,8	−08 27 12	1,066	1,986	15	8,1
Nov	17	03 49 26,6	−08 54 24	1,072	1,998	14	8,1
Nov	27	03 40 15,3	−08 41 22	1,099	2,012	14	8,2
Dic	7	03 32 21,6	−07 48 46	1,147	2,027	17	8,3
Dic	17	03 26 52,5	−06 22 59	1,214	2,043	19	8,6
Dic	27	03 24 25,1	−04 32 34	1,298	2,060	22	8,8

9 METIS 2014

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	declinación δ_{2000} ($^\circ$ $'$ $''$)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	ángulo de fase β ($^\circ$)	mag. V
Feb	20	15 47 42,6	−16 32 06	2,357	2,598	22	11,3
Mar	2	15 55 02,0	−16 55 46	2,230	2,606	22	11,1
Mar	12	16 00 07,8	−17 12 32	2,107	2,614	21	11,0
Mar	22	16 02 42,4	−17 22 48	1,990	2,622	19	10,8
Abr	1	16 02 29,8	−17 26 51	1,884	2,629	17	10,6
Abr	11	15 59 22,3	−17 24 55	1,793	2,636	14	10,4
Abr	21	15 53 28,0	−17 17 24	1,720	2,642	11	10,2
May	1	15 45 11,7	−17 04 58	1,670	2,648	7	10,0
May	11	15 35 21,4	−16 49 07	1,646	2,653	2	9,7
May	21	15 25 01,6	−16 32 15	1,650	2,658	3	9,8
May	31	15 15 19,1	−16 17 26	1,681	2,662	7	10,0
Jun	10	15 07 14,4	−16 07 58	1,738	2,666	11	10,3
Jun	20	15 01 27,8	−16 06 22	1,817	2,669	14	10,5
Jun	30	14 58 18,6	−16 14 01	1,914	2,672	17	10,7
Jul	10	14 57 51,5	−16 31 16	2,025	2,674	19	10,9
Jul	20	14 59 57,8	−16 57 24	2,146	2,676	21	11,1
Jul	30	15 04 24,8	−17 31 14	2,275	2,677	22	11,2
Ago	9	15 10 58,3	−18 11 17	2,407	2,678	22	11,4

10 HYGIEA 2014

(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	01 50 43,1	+15 22 12	3,022	3,494	15	11,4
Ene	11	01 53 35,4	+15 23 10	3,168	3,496	16	11,5
Ene	21	01 58 10,7	+15 34 04	3,318	3,498	16	11,6
Oct	10	06 59 21,4	+23 55 07	3,241	3,439	17	11,6
Oct	20	07 04 09,6	+23 45 05	3,090	3,433	17	11,4
Oct	30	07 07 01,6	+23 37 11	2,943	3,427	16	11,3
Nov	9	07 07 45,9	+23 31 57	2,806	3,420	14	11,2
Nov	19	07 06 14,7	+23 29 34	2,681	3,414	13	11,0
Nov	29	07 02 26,1	+23 29 43	2,573	3,407	10	10,8
Dic	9	06 56 31,3	+23 31 29	2,489	3,400	7	10,6
Dic	19	06 48 54,5	+23 33 34	2,431	3,392	4	10,4
Dic	29	06 40 14,2	+23 34 34	2,402	3,385	1	10,1

11 PARTENOPE 2014

(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	07 38 19,3	+19 19 47	1,683	2,650	5	10,2
Ene	11	07 28 00,4	+19 58 15	1,673	2,656	1	9,9
Ene	21	07 17 41,5	+20 36 11	1,692	2,661	5	10,2
Ene	31	07 08 34,5	+21 10 37	1,740	2,666	9	10,5
Feb	10	07 01 39,9	+21 39 47	1,814	2,671	13	10,7
Feb	20	06 57 33,0	+22 03 08	1,908	2,675	16	11,0
Mar	2	06 56 25,0	+22 20 47	2,020	2,679	18	11,2
Mar	12	06 58 12,5	+22 32 51	2,143	2,683	20	11,3
Mar	22	07 02 39,1	+22 39 25	2,275	2,686	21	11,5
Abr	1	07 09 24,8	+22 40 19	2,411	2,688	22	11,7

12 VICTORIA 2014

(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	21	22 00 55,5	−02 50 38	1,541	1,820	34	10,8
May	31	22 16 29,0	−00 23 59	1,450	1,817	34	10,6
Jun	10	22 30 21,5	+01 59 44	1,361	1,817	34	10,5
Jun	20	22 42 18,9	+04 17 22	1,277	1,819	33	10,3
Jun	30	22 52 00,7	+06 25 05	1,196	1,822	31	10,2
Jul	10	22 59 05,1	+08 18 14	1,122	1,828	30	10,0
Jul	20	23 03 12,6	+09 51 42	1,054	1,835	27	9,8
Jul	30	23 04 05,3	+10 59 14	0,996	1,844	24	9,6
Ago	9	23 01 42,8	+11 34 32	0,949	1,855	20	9,4
Ago	19	22 56 29,7	+11 33 01	0,918	1,868	15	9,2
Ago	29	22 49 18,8	+10 53 19	0,904	1,882	11	9,0
Set	8	22 41 34,8	+09 40 26	0,910	1,898	9	9,0
Set	18	22 34 48,6	+08 05 30	0,937	1,915	10	9,1
Set	28	22 30 15,4	+06 22 34	0,986	1,933	14	9,4
Oct	8	22 28 43,7	+04 45 26	1,054	1,953	17	9,6
Oct	18	22 30 25,8	+03 23 52	1,139	1,973	21	9,9
Oct	28	22 35 12,4	+02 23 07	1,239	1,995	24	10,2
Nov	7	22 42 43,1	+01 45 13	1,351	2,017	26	10,5
Nov	17	22 52 29,5	+01 29 26	1,472	2,041	27	10,7
Nov	27	23 04 07,1	+01 33 57	1,602	2,064	28	11,0
Dic	7	23 17 13,4	+01 56 26	1,737	2,089	28	11,2
Dic	17	23 31 28,5	+02 34 09	1,875	2,113	28	11,4

13 EGERIA 2014

(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
Mar	12	16 57 55,0	−26 14 34	2,358	2,638	22	11,8
Mar	22	17 04 46,2	−27 21 37	2,233	2,647	21	11,6
Abr	1	17 09 13,2	−28 30 26	2,113	2,655	20	11,5
Abr	11	17 10 53,6	−29 41 13	2,001	2,663	19	11,3
Abr	21	17 09 30,7	−30 53 06	1,901	2,671	16	11,2
May	1	17 04 54,5	−32 03 42	1,818	2,679	14	11,0
May	11	16 57 13,1	−33 09 00	1,755	2,686	10	10,8
May	21	16 47 00,2	−34 04 12	1,716	2,693	7	10,6
May	31	16 35 13,5	−34 44 54	1,703	2,701	5	10,5
Jun	10	16 23 13,3	−35 09 01	1,717	2,707	6	10,5
Jun	20	16 12 21,7	−35 17 54	1,758	2,714	9	10,7
Jun	30	16 03 44,0	−35 15 25	1,823	2,721	12	11,0
Jul	10	15 58 03,2	−35 06 48	1,909	2,727	15	11,2
Jul	20	15 55 34,1	−34 56 50	2,012	2,733	18	11,4
Jul	30	15 56 13,6	−34 48 47	2,128	2,738	19	11,5
Ago	9	15 59 49,3	−34 44 37	2,253	2,744	21	11,7
Ago	19	16 06 01,5	−34 44 47	2,384	2,749	21	11,9
Ago	29	16 14 32,1	−34 48 53	2,518	2,754	21	12,0

14 IRENE 2014

(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	11	21 34 40,4	−19 51 04	2,489	2,694	22	11,5
May	21	21 42 44,6	−19 50 47	2,373	2,711	22	11,4
May	31	21 48 52,6	−20 02 21	2,259	2,727	21	11,3
Jun	10	21 52 49,7	−20 27 16	2,151	2,743	20	11,1
Jun	20	21 54 24,0	−21 06 08	2,052	2,758	18	11,0
Jun	30	21 53 24,5	−21 58 33	1,966	2,773	15	10,8
Jul	10	21 49 49,0	−23 02 07	1,896	2,788	12	10,6
Jul	20	21 43 49,0	−24 12 25	1,848	2,802	9	10,5
Jul	30	21 35 51,0	−25 23 22	1,824	2,816	6	10,3
Ago	9	21 26 42,4	−26 27 50	1,827	2,830	4	10,2

14 IRENE (CONT.) 2014
(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
Ago	19	21 17 23,2	−27 19 47	1,858	2,843	6	10,4
Ago	29	21 08 54,6	−27 55 17	1,915	2,855	9	10,6
Set	8	21 02 11,0	−28 13 03	1,996	2,868	12	10,8
Set	18	20 57 46,5	−28 14 09	2,098	2,880	15	11,0
Set	28	20 55 56,9	−28 00 42	2,216	2,891	17	11,2
Oct	8	20 56 43,1	−27 35 03	2,348	2,902	18	11,4
Oct	18	20 59 53,6	−26 59 25	2,489	2,912	19	11,6
Oct	28	21 05 12,8	−26 15 20	2,635	2,922	20	11,7
Nov	7	21 12 23,1	−25 24 02	2,784	2,932	20	11,9

15 EUNOMIA 2014
(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
Mar	12	16 49 59,6	−33 22 31	2,809	3,074	19	10,8
Mar	22	16 55 36,5	−33 52 22	2,662	3,065	18	10,7
Abr	1	16 58 54,9	−34 18 48	2,519	3,056	17	10,5
Abr	11	16 59 37,6	−34 40 44	2,386	3,046	16	10,4
Abr	21	16 57 34,6	−34 56 24	2,266	3,036	14	10,2
May	1	16 52 43,9	−35 03 14	2,162	3,025	12	10,0
May	11	16 45 20,8	−34 58 11	2,080	3,013	9	9,8
May	21	16 36 01,7	−34 38 45	2,022	3,002	6	9,6
May	31	16 25 39,5	−34 03 52	1,991	2,989	4	9,5
Jun	10	16 15 21,7	−33 14 59	1,988	2,976	5	9,5
Jun	20	16 06 12,8	−32 16 08	2,012	2,963	8	9,7
Jun	30	15 59 02,6	−31 12 44	2,061	2,949	12	9,8
Jul	10	15 54 24,3	−30 10 25	2,131	2,935	14	10,0
Jul	20	15 52 29,3	−29 13 34	2,220	2,920	17	10,1
Jul	30	15 53 15,9	−28 24 51	2,322	2,905	18	10,3
Ago	9	15 56 35,1	−27 45 22	2,433	2,890	20	10,4
Ago	19	16 02 11,5	−27 14 51	2,551	2,874	20	10,5
Ago	29	16 09 50,5	−26 52 15	2,671	2,857	21	10,6

16 PSYCHE 2014

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	declinación δ_{2000} ($^\circ$ $'$ $''$)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	ángulo de fase β ($^\circ$)	mag. V
May	11	21 11 25,3	−14 09 32	2,560	2,817	21	11,2
May	21	21 18 41,6	−13 36 28	2,416	2,804	21	11,0
May	31	21 24 11,8	−13 11 10	2,275	2,790	20	10,8
Jun	10	21 27 42,2	−12 55 36	2,142	2,777	19	10,7
Jun	20	21 29 02,2	−12 51 22	2,020	2,763	17	10,5
Jun	30	21 28 02,5	−12 59 41	1,911	2,750	14	10,3
Jul	10	21 24 43,1	−13 20 49	1,820	2,737	11	10,0
Jul	20	21 19 17,1	−13 53 33	1,751	2,724	8	9,8
Jul	30	21 12 11,4	−14 35 16	1,705	2,711	4	9,5
Ago	9	21 04 12,3	−15 21 41	1,686	2,699	1	9,3
Ago	19	20 56 16,5	−16 07 59	1,693	2,687	5	9,6
Ago	29	20 49 21,1	−16 49 41	1,726	2,675	9	9,8
Set	8	20 44 16,7	−17 23 16	1,783	2,663	13	10,0
Set	18	20 41 34,8	−17 46 47	1,860	2,652	16	10,2
Set	28	20 41 30,3	−17 59 21	1,953	2,641	18	10,4
Oct	8	20 44 04,5	−18 00 44	2,058	2,630	20	10,5
Oct	18	20 49 06,2	−17 51 14	2,172	2,620	22	10,7
Oct	28	20 56 20,8	−17 31 04	2,291	2,610	22	10,8
Nov	7	21 05 30,9	−17 00 37	2,413	2,601	22	10,9

18 MELPOMENE 2014

(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 00 20,4	+08 29 22	1,417	2,290	14	9,8
Ene	11	08 52 32,1	+09 28 14	1,380	2,314	10	9,6
Ene	21	08 42 48,4	+10 44 16	1,367	2,339	5	9,4
Ene	31	08 32 23,0	+12 10 24	1,382	2,363	3	9,4
Feb	10	08 22 41,0	+13 38 03	1,426	2,386	7	9,6
Feb	20	08 14 56,3	+14 59 33	1,496	2,410	11	9,9
Mar	2	08 09 55,4	+16 09 55	1,589	2,432	15	10,2
Mar	12	08 08 00,1	+17 06 34	1,702	2,455	18	10,4
Mar	22	08 09 07,1	+17 48 53	1,829	2,476	21	10,7
Abr	1	08 12 59,8	+18 17 18	1,967	2,497	22	10,9
Abr	11	08 19 17,1	+18 32 35	2,112	2,518	23	11,1
Abr	21	08 27 34,4	+18 35 44	2,260	2,538	23	11,3

19 FORTUNA 2014

(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	07 22 33,4	+19 24 00	1,294	2,270	4	9,9
Ene	11	07 11 42,4	+19 42 23	1,305	2,286	2	9,8
Ene	21	07 01 34,5	+20 00 36	1,343	2,304	7	10,1
Ene	31	06 53 30,1	+20 16 50	1,406	2,321	12	10,5
Feb	10	06 48 24,8	+20 30 17	1,493	2,338	16	10,8
Feb	20	06 46 40,2	+20 40 36	1,597	2,356	19	11,0
Mar	2	06 48 12,0	+20 47 31	1,716	2,373	21	11,3
Mar	12	06 52 44,2	+20 50 31	1,846	2,391	23	11,5
Mar	22	06 59 51,1	+20 48 54	1,982	2,409	24	11,7
Abr	1	07 09 07,2	+20 41 56	2,123	2,426	24	11,9

27 EUTERPE 2014

(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	21	20 17 43,3	−19 51 08	2,580	2,744	21	12,3
May	1	20 25 48,1	−19 28 26	2,440	2,740	21	12,2
May	11	20 31 59,7	−19 11 34	2,303	2,736	21	12,0
May	21	20 36 03,9	−19 02 14	2,170	2,731	20	11,9
May	31	20 37 45,1	−19 01 57	2,045	2,726	18	11,7
Jun	10	20 36 50,4	−19 11 46	1,931	2,719	16	11,5
Jun	20	20 33 14,7	−19 31 39	1,834	2,713	13	11,3
Jun	30	20 27 02,3	−20 00 25	1,756	2,705	10	11,0
Jul	10	20 18 37,0	−20 35 20	1,701	2,697	5	10,8
Jul	20	20 08 43,4	−21 12 24	1,673	2,688	1	10,4
Jul	30	19 58 21,3	−21 47 28	1,672	2,679	4	10,6
Ago	9	19 48 41,2	−22 16 58	1,698	2,669	8	10,8
Ago	19	19 40 44,7	−22 38 54	1,749	2,658	12	11,1
Ago	29	19 35 15,9	−22 52 45	1,822	2,647	15	11,3
Set	8	19 32 39,9	−22 58 48	1,912	2,635	18	11,4
Set	18	19 33 00,1	−22 57 42	2,015	2,623	20	11,6
Set	28	19 36 08,7	−22 49 55	2,128	2,610	21	11,8
Oct	8	19 41 51,0	−22 35 36	2,246	2,596	22	11,9
Oct	18	19 49 47,2	−22 14 42	2,366	2,582	23	12,0

29 AMPHITRITE 2014

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo	mag.
		α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} (° ′ ″)	a Tierra Δ	al Sol r	de fase β (°)	V
Abr	1	18 27 47,6	−29 55 04	2,458	2,731	21	11,0
Abr	11	18 35 41,5	−30 15 13	2,323	2,729	21	10,8
Abr	21	18 41 18,8	−30 37 46	2,193	2,726	20	10,7
May	1	18 44 19,8	−31 03 20	2,070	2,723	19	10,5
May	11	18 44 27,8	−31 31 34	1,959	2,720	17	10,3
May	21	18 41 34,5	−32 00 58	1,863	2,716	14	10,1
May	31	18 35 42,1	−32 28 44	1,785	2,713	11	9,9
Jun	10	18 27 14,7	−32 50 57	1,730	2,709	7	9,7
Jun	20	18 17 01,0	−33 03 40	1,700	2,705	4	9,5
Jun	30	18 06 07,5	−33 04 15	1,697	2,700	4	9,5
Jul	10	17 55 53,0	−32 52 24	1,720	2,696	8	9,7
Jul	20	17 47 25,9	−32 30 26	1,768	2,691	11	9,9
Jul	30	17 41 34,1	−32 01 57	1,838	2,686	14	10,1
Ago	9	17 38 43,8	−31 30 43	1,926	2,680	17	10,3
Ago	19	17 38 57,6	−30 59 31	2,028	2,675	19	10,4
Ago	29	17 42 06,6	−30 29 48	2,141	2,669	21	10,6
Set	8	17 47 55,1	−30 01 57	2,261	2,663	22	10,7
Set	18	17 56 02,8	−29 35 25	2,385	2,657	22	10,9

39 LAETITIA 2014

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo	mag.
		α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} (° ′ ″)	a Tierra Δ	al Sol r	de fase β (°)	V
Abr	1	18 40 36,9	−12 08 49	2,627	2,825	21	11,4
Abr	11	18 48 20,0	−11 29 56	2,483	2,813	21	11,2
Abr	21	18 54 12,5	−10 50 24	2,343	2,802	20	11,1
May	1	18 58 00,1	−10 12 11	2,209	2,790	19	10,9
May	11	18 59 30,0	−09 37 38	2,085	2,778	18	10,7
May	21	18 58 35,2	−09 09 12	1,973	2,766	15	10,5
May	31	18 55 14,1	−08 49 28	1,878	2,755	13	10,3
Jun	10	18 49 38,5	−08 40 50	1,802	2,743	10	10,1
Jun	20	18 42 16,3	−08 44 58	1,749	2,731	7	9,9
Jun	30	18 33 49,5	−09 02 33	1,722	2,719	5	9,8

39 LAETITIA (CONT.) 2014
(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
Jul	10	18 25 14,1	−09 32 57	1,721	2,707	7	9,8
Jul	20	18 17 27,8	−10 14 08	1,745	2,695	10	10,0
Jul	30	18 11 20,1	−11 03 25	1,793	2,684	13	10,2
Ago	9	18 07 28,5	−11 57 39	1,861	2,672	16	10,3
Ago	19	18 06 11,1	−12 53 50	1,946	2,660	18	10,5
Ago	29	18 07 33,1	−13 49 29	2,045	2,649	20	10,7
Set	8	18 11 30,2	−14 42 22	2,153	2,637	21	10,8
Set	18	18 17 50,0	−15 30 44	2,267	2,626	22	10,9
Set	28	18 26 18,8	−16 13 10	2,385	2,615	23	11,1

40 HARMONIA 2014
(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	declinación δ_{2000} ($^\circ$ $'$ $''$)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	ángulo de fase β ($^\circ$)	mag. V
May	31	22 40 25,4	−11 27 53	1,918	2,200	27	11,4
Jun	10	22 51 45,1	−10 46 00	1,800	2,196	27	11,2
Jun	20	23 01 20,2	−10 16 12	1,684	2,192	26	11,0
Jun	30	23 08 51,9	−10 01 09	1,573	2,188	25	10,8
Jul	10	23 13 59,7	−10 03 15	1,470	2,184	23	10,6
Jul	20	23 16 24,9	−10 24 04	1,376	2,181	21	10,4
Jul	30	23 15 50,3	−11 04 06	1,295	2,178	17	10,2
Ago	9	23 12 12,2	−12 01 16	1,231	2,175	13	9,9
Ago	19	23 05 48,2	−13 10 18	1,187	2,172	8	9,6
Ago	29	22 57 20,4	−14 23 02	1,166	2,170	4	9,4
Set	8	22 48 01,4	−15 29 12	1,169	2,168	5	9,4
Set	18	22 39 15,2	−16 19 48	1,197	2,166	10	9,7
Set	28	22 32 18,3	−16 49 05	1,247	2,164	14	10,0
Oct	8	22 28 06,6	−16 55 00	1,317	2,163	18	10,2
Oct	18	22 27 03,0	−16 38 45	1,403	2,162	21	10,5
Oct	28	22 29 07,9	−16 02 42	1,502	2,161	24	10,7
Nov	7	22 34 06,8	−15 09 36	1,609	2,161	26	10,9
Nov	17	22 41 35,9	−14 02 07	1,723	2,161	27	11,1
Nov	27	22 51 12,1	−12 42 20	1,841	2,161	27	11,2

433 EROS 2014

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo	mag.
		α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} (° ′ ″)	a Tierra Δ	al Sol r	de fase β (°)	V
Abr	1	18 48 40,8	−36 19 16	1,142	1,530	41	13,5
Abr	11	19 06 40,0	−36 24 44	1,080	1,559	40	13,4
Abr	21	19 20 58,5	−36 28 17	1,015	1,586	38	13,3
May	1	19 30 55,8	−36 33 28	0,949	1,612	36	13,1
May	11	19 35 43,7	−36 42 02	0,886	1,637	33	12,9
May	21	19 34 36,4	−36 52 47	0,827	1,659	28	12,7
May	31	19 26 53,2	−37 00 21	0,777	1,680	23	12,5
Jun	10	19 12 38,8	−36 53 39	0,741	1,699	17	12,3
Jun	20	18 53 21,5	−36 19 23	0,722	1,717	11	12,1
Jun	30	18 31 55,9	−35 09 17	0,724	1,732	7	12,0
Jul	10	18 12 07,3	−33 27 10	0,750	1,745	10	12,2
Jul	20	17 56 49,6	−31 28 15	0,796	1,757	16	12,5
Jul	30	17 47 19,8	−29 29 21	0,862	1,766	22	12,8
Ago	9	17 43 40,6	−27 41 49	0,942	1,773	26	13,1
Ago	19	17 45 07,3	−26 09 50	1,032	1,778	29	13,3
Ago	29	17 50 47,7	−24 52 36	1,131	1,781	32	13,6
Set	8	17 59 54,5	−23 46 57	1,234	1,783	33	13,8
Set	18	18 11 44,3	−22 48 54	1,339	1,782	34	14,0
Set	28	18 25 46,1	−21 54 33	1,445	1,778	34	14,2

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 2014

Nombre del cometa	mes	día	distancia a		elongación
			Sol (ua)	Tierra(ua)	(°)
87P/Bus	Ene	7	2,17	2,53	58
32P/Comas Sola	Ene	20	1,83	0,94	145
129P/Shoemaker-Levy 3	Feb	6	3,91	2,93	174
169P/NEAT	Feb	12	0,61	1,32	26
292P/Li	Feb	18	2,52	2,81	63
290P/Jager	Feb	26	2,13	1,41	124
52P/Harrington-Abell	Feb	26	1,76	1,21	106
117P/Helin-Roman-Alu 1	Mar	27	3,06	3,29	68
17P/Holmes	Mar	27	2,06	3,02	12
119P/Parker-Hartley	Abr	2	3,03	3,72	40
124P/Mrkos	Abr	9	1,64	0,74	142
156P/Russell-LINEAR	Abr	16	1,58	2,58	6
209P/LINEAR	Abr	28	0,91	0,19	55
191P/McNaught	May	2	2,05	3,00	16
134P/Kowal-Vavrova	May	21	2,57	1,65	148
132P/Helin-Roman-Alu 2	May	29	1,92	2,85	19
4P/Faye	May	29	1,66	2,61	15
16P/Brooks 2	Jun	4	1,47	2,21	33
181P/Shoemaker-Levy 6	Jun	6	1,13	1,82	34
222P/LINEAR	Jul	1	0,78	1,08	43
75D/Kohoutek	Jul	2	1,78	2,78	10
106P/Schuster	Jul	23	1,56	2,09	46
193P/LINEAR-NEAT	Jul	27	2,04	1,40	115
206P/Barnard-Boattini	Ago	17	1,14	1,09	65
289P/Blanpain	Ago	28	0,96	1,55	37
284P/McNaught	Ago	31	2,29	1,30	162
210P/Christensen	Set	6	0,55	1,20	27
170P/Christensen	Set	15	2,93	1,99	154
11P/Tempel-Swift-LINEAR	Set	29	1,58	1,02	103
72D/Denning-Fujikawa	Oct	9	0,78	0,23	13
108P/Ciffreo	Oct	21	1,72	0,91	129
70P/Kojima	Oct	25	2,01	2,23	64
269P/Jedicke	Nov	5	4,05	3,83	96
80P/Peters-Hartley	Nov	8	1,62	2,58	11
40P/Vaisala 1	Nov	18	1,80	2,50	36
135P/Shoemaker-Levy 8	Dic	7	2,72	3,66	14
110P/Hartley 3	Dic	17	2,48	1,52	163
287P/Christensen	Dic	17	3,04	3,61	48
15P/Finlay	Dic	22	0,97	1,37	45

ua = unidad astronómica = 149 597 870 700 m

Cometas de largo periodo

Son aquellos cometas cuyo periodo de revolución alrededor del Sol es mayor que 400 años. La siguiente tabla contiene una lista de cometas de largo periodo que han resultado relevantes por su brillo u otras circunstancias. Por ejemplo, el de 1680 fue observado por Newton. Los últimos cometas incluidos en la lista tienen órbitas hiperbólicas, al ser la excentricidad de su órbita mayor que la unidad. En la tabla figuran los siguientes elementos: el periodo en años (**P**), las distancias mínima y máxima al Sol (**q** y **Q**, respectivamente) y la excentricidad e inclinación de la órbita (**e** y **i**, respectivamente). Obsérvese que la mayoría de estas órbitas están muy inclinadas respecto del plano del sistema solar y que su excentricidad es muy próxima a la unidad (**e** $= 1$ indica que la órbita es parabólica). El código indica el año de su aparición y su orden de aparición en tal año.

Cometas de largo periodo relevantes

Nombre	Código	P (años)	q (ua)	Q (ua)	e	i (°)
Gran cometa de 1861 (Tebbutt)	C/1861 J1	409	0,822	109	0,9851	85
Gran cometa de marzo de 1843	C/1843 D1	515	0,006	129	0,9999	144
Gran cometa de setiembre 1882	C/1882 R1	672	0,008	153	0,9999	142
Ikeya-Seki	C/1965 S1	877	0,008	183	0,9999	142
Bennett	C/1969 Y1	1680	0,538	282	0,9962	90
Gran cometa de 1807	C/1807 R1	1710	0,646	286	0,9955	63
Donati	C/1858 L1	1950	0,578	312	0,9963	117
Gran cometa de 1881	C/1881 K1	2390	0,735	357	0,9959	63
Hale-Bopp	C/1995 O1	2530	0,914	371	0,9951	89
Humason	C/1961 R1	2920	2,133	407	0,9896	153
Gran cometa de 1811 (Flaugergues)	C/1811 F1	3100	1,035	424	0,9951	107
Cometa meridional de 1947	C/1947 X1	3800	0,110	487	0,9995	139
Gran cometa de 1680 (Kirch)	C/1680 V1	9370	0,006	889	1,0000	61
Coggia	C/1874 H1	13700	0,676	1140	0,9988	66
Skjellerup-Maristany	C/1927 X1	$> 10^4$	0,176	2200	0,9998	85
Cometa del eclipse	C/1948 V1	$\sim 10^5$	0,135	4200	0,9999	23
Hyakutake	C/1996 B2	$\sim 10^5$	0,230	4600	0,9999	125
West	C/1975 V1	$\sim 10^6$	0,197	14000	1,0000	43
Gran cometa de enero de 1910	C/1910 A1	$> 10^6$	0,129	52000	1,0000	139
Gran cometa meridional de 1887	C/1887 B1		0,005		1,0	144
Gran cometa meridional de 1865	C/1865 B1		0,026		1,0	92
Gran cometa de 1577 (Tycho)	C/1577 V1		0,177		1,0	105
Cometa de 1744 (De Chéseaux)	C/1743 X1		0,222		1,0	47
Gran cometa de 1901	C/1901 G1		0,245		1,0	131
Gran cometa de 1402	C/1402 D1		0,380		1,0	55
Gran cometa de 1472	C/1471 Y1		0,486		1,0	171
Sarabat	C/1729 P1		4,051		1,0	77
Seki-Lines	C/1962 C1		0,031		> 1	65
Kohoutek	C/1973 E1		0,142		> 1	14
McNaught	C/2006 P1		0,171		> 1	78
Arend-Roland	C/1956 R1		0,316		> 1	120
Morehouse	C/1908 R1		0,945		> 1	140

Cometas de corto periodo

En la tabla que ocupa las páginas siguientes figuran 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	$\sim$ 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	~ 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
282P/	8,8	2013,05	3,451	0,188	217,1	9,3	5,8	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

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
7,07	148P/Anderson-LINEAR	6,45	67P/Churyumov-Gerasimenko
8,27	50P/Arend	7,26	108P/Ciffreo
6,73	49P/Arend-Rigaux	3,82	167P/CINEOS
8,36	47P/Ashbrook-Jackson	5,53	71P/Clark
119,67	177P/Barnard	8,80	32P/Comas Sola
5,81	206P/Barnard-Boattini	28,07	27P/Crommelin
9,55	268P/Bernardi	8,10	33P/Daniel
6,65	3D/Biela	6,53	6P/d'Arrest
5,32	289P/Blanpain	9,01	72D/Denning-Fujikawa
11,81	85P/Boethin	74,35	122P/de Vico
6,85	19P/Borrelly	7,38	54P/de Vico-Swift-NEAT
16,18	140P/Bowell-Skiff	14,71	66P/du Toit
10,78	154P/Brewington	5,06	79P/du Toit-Hartley
6,14	16P/Brooks 2	6,40	57P/duToit-Neujmin-Delporte
5,46	5D/Brorsen	35,30	174P/Echeclus
70,52	23P/Brorsen-Metcalf	5,61	133P/Elst-Pizarro
6,51	87P/Bus	3,30	2P/Encke
7,28	257P/Catalina	7,52	4P/Faye
6,79	227P/Catalina-LINEAR	6,50	15P/Finlay
13,94	101P/Chernykh	6,37	37P/Forbes
50,70	95P/Chiron	10,99	34D/Gale
5,71	210P/Christensen	10,62	186P/Garradd
6,63	266P/Christensen	4,50	259P/Garradd
6,97	164P/Christensen	17,52	270P/Gehrels
8,35	286P/Christensen	14,85	90P/Gehrels 1
8,51	287P/Christensen	7,22	78P/Gehrels 2
8,63	170P/Christensen	8,43	82P/Gehrels 3

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

P	Nombre	P	Nombre
11,04	142P/Ge-Wang	10,26	158P/Kowal-LINEAR
6,66	205P/Giacobini	8,93	143P/Kowal-Mrkos
6,59	21P/Giacobini-Zinner	15,55	134P/Kowal-Vavrova
14,63	248P/Gibbs	7,60	144P/Kushida
5,27	263P/Gibbs	7,43	147P/Kushida-Muramatsu
7,78	229P/Gibbs	10,92	200P/Larsen
6,94	84P/Giclas	7,68	264P/Larsen
5,24	26P/Grigg-Skjellerup	9,58	280P/Larsen
7,27	65P/Gunn	6,79	261P/Larson
75,31	1P/Halley	7,20	250P/Larson
7,13	51P/Harrington	5,29	233P/La Sagra
7,54	52P/Harrington-Abell	6,76	279P/La Sagra
6,31	100P/Hartley 1	5,29	255P/Levy
6,47	103P/Hartley 2	15,17	292P/Li
6,86	110P/Hartley 3	10,79	241P/LINEAR
21,43	161P/Hartley-IRAS	4,63	249P/LINEAR
14,10	151P/Helin	4,83	222P/LINEAR
9,54	152P/Helin-Lawrence	4,85	197P/LINEAR
8,29	117P/Helin-Roman-Alu 1	5,04	209P/LINEAR
8,28	132P/Helin-Roman-Alu 2	5,34	252P/LINEAR
8,49	111P/Helin-Roman-Crockett	5,71	176P/LINEAR
6,51	175P/Hergenrother	6,11	218P/LINEAR
6,90	168P/Hergenrother	6,27	230P/LINEAR
13,84	275P/Hermann	6,50	221P/LINEAR
154,91	35P/Herschel-Rigollet	6,52	251P/LINEAR
16,49	195P/Hill	6,68	225P/LINEAR
6,73	211P/Hill	6,84	214P/LINEAR
9,49	232P/Hill	6,98	219P/LINEAR
6,89	17P/Holmes	7,20	236P/LINEAR
6,40	127P/Holt-Olmstead	7,22	237P/LINEAR
5,25	45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova	7,46	234P/LINEAR
5,48	88P/Howell	7,60	277P/LINEAR
7,03	178P/Hug-Bell	7,65	216P/LINEAR
366,50	153P/Ikeya-Zhang	76,69	165P/LINEAR
13,42	126P/IRAS	7,83	217P/LINEAR
8,24	58P/Jackson-Neujmin	7,92	160P/LINEAR
14,97	290P/Jager	7,98	247P/LINEAR
14,30	179P/Jedicke	8,00	235P/LINEAR
19,23	269P/Jedicke	8,03	194P/LINEAR
6,98	48P/Johnson	8,49	228P/LINEAR
9,51	59P/Kearns-Kwee	8,77	265P/LINEAR
10,83	68P/Klemola	9,43	239P/LINEAR
6,67	75D/Kohoutek	9,59	285P/LINEAR
7,06	70P/Kojima	9,68	187P/LINEAR
6,42	22P/Kopff	9,93	256P/LINEAR
10,01	203P/Korlevic	9,13	188P/LINEAR-Mueller
9,58	183P/Korlevic-Juric	6,11	224P/LINEAR-NEAT
15,25	99P/Kowal 1	6,56	193P/LINEAR-NEAT
6,18	104P/Kowal 2	7,00	204P/LINEAR-NEAT

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

P	Nombre	P	Nombre
8,08	231P/LINEAR-NEAT	6,46	253P/PANSTARRS
14,32	159P/LONEOS	9,22	258P/PANSTARRS
5,02	182P/LONEOS	8,84	119P/Parker-Hartley
5,97	267P/LONEOS	6,72	18D/Perrine-Mrkos
6,47	201P/LONEOS	8,12	80P/Peters-Hartley
7,67	150P/LONEOS	5,46	185P/Petriew
6,83	77P/Longmore	7,09	226P/Pigott-LINEAR-Kowalski
9,20	93P/Lovas 1	70,84	12P/Pons-Brooks
6,63	184P/Lovas 2	187,47	273P/Pons-Gambart
5,28	96P/Machholz 1	6,34	7P/Pons-Winnecke
5,23	141P/Machholz 2-A	5,63	238P/Read
8,79	115P/Maury	7,34	30P/Reinmuth 1
8,11	208P/McMillan	7,10	44P/Reinmuth 2
10,09	254P/McNaught	6,10	83D/Russell 1
5,50	220P/McNaught	7,39	89P/Russell 2
6,64	191P/McNaught	7,70	91P/Russell 3
7,07	260P/McNaught	6,58	94P/Russell 4
7,07	284P/McNaught	6,82	156P/Russell-LINEAR
7,09	278P/McNaught	12,43	92P/Sanguin
6,67	130P/McNaught-Hughes	8,25	24P/Schaumasse
18,26	262P/McNaught-Russell	7,31	106P/Schuster
10,51	97P/Metcalf-Brewington	14,71	29P/Schwassmann-Wachmann 1
10,72	281P/MOSS	8,75	31P/Schwassmann-Wachmann 2
6,04	124P/Mrkos	5,34	73P/Schwassmann-Wachmann 3
8,73	190P/Mueller	11,00	244P/Scotti
8,39	120P/Mueller 1	7,32	202P/Scotti
7,06	131P/Mueller 2	7,06	61P/Shajn-Schaldach
8,59	136P/Mueller 3	7,22	102P/Shoemaker 1
9,02	149P/Mueller 4	17,09	155P/Shoemaker 3
13,63	173P/Mueller 5	14,53	199P/Shoemaker 4
4,20	169P/NEAT	9,51	128P/Shoemaker-Holt 1-A
4,99	189P/NEAT	9,98	121P/Shoemaker-Holt 2
51,73	166P/NEAT	17,29	192P/Shoemaker-Levy 1
7,30	163P/NEAT	9,55	137P/Shoemaker-Levy 2
7,50	243P/NEAT	8,96	129P/Shoemaker-Levy 3
7,54	180P/NEAT	6,45	118P/Shoemaker-Levy 4
7,60	240P/NEAT	8,43	145P/Shoemaker-Levy 5
7,66	207P/NEAT	7,53	181P/Shoemaker-Levy 6
7,78	212P/NEAT	6,89	138P/Shoemaker-Levy 7
8,06	246P/NEAT	7,50	135P/Shoemaker-Levy 8
8,07	215P/NEAT	8,08	146P/Shoemaker-LINEAR
9,40	272P/NEAT	5,32	162P/Siding Spring
9,72	291P/NEAT	6,46	105P/Singer Brewster
18,17	28P/Neujmin 1	8,42	223P/Skiff
5,43	25D/Neujmin 2	11,54	56P/Slaughter-Burnham
10,70	42P/Neujmin 3	8,50	74P/Smirnova-Chernykh
6,78	198P/ODAS	5,53	125P/Spacewatch
69,52	13P/Olbers	8,41	283P/Spacewatch
19,53	39P/Oterma	13,30	242P/Spahr

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

P	Nombre	P	Nombre
6,69	171P/Spahr	9,61	139P/Vaisala-Oterma
7,09	113P/Spitaler	12,53	53P/Van Biesbroeck
37,72	38P/Stephan-Oterma	18,28	271P/van Houten-Lemmon
9,35	64P/Swift-Gehrels	6,34	213P/Van Ness
133,28	109P/Swift-Tuttle	12,43	276P/Vorobjov
7,43	98P/Takamizawa	7,59	123P/West-Hartley
7,65	69P/Taylor	6,47	76P/West-Kohoutek-Ikemura
5,52	9P/Tempel 1	61,86	20D/Westphal
5,37	10P/Tempel 2	8,53	36P/Whipple
6,37	11P/Tempel-Swift-LINEAR	13,20	63P/Wild 1
33,24	55P/Tempel-Tuttle	6,41	81P/Wild 2
7,36	196P/Tichy	6,91	86P/Wild 3
9,12	274P/Tombaugh-Tenagra	6,48	116P/Wild 4
6,31	157P/Tritton	4,29	107P/Wilson-Harrington
6,63	62P/Tsuchinshan 1	5,44	46P/Wirtanen
6,56	60P/Tsuchinshan 2	8,03	245P/WISE
13,61	8P/Tuttle	6,67	114P/Wiseman-Skiff
5,42	41P/Tuttle-Giacobini-Kresak	8,74	14P/Wolf
6,64	112P/Urata-Niijima	6,13	43P/Wolf-Harrington
10,82	40P/Vaisala 1	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
Andromeídas	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 $< 1°$), 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}	$89°15'50\overset{''}{,}72$
$\mu_\alpha \cos\delta$	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 2014
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^h49^m	$40'$	2^h49^m	$40'$	2^h48^m	$40'$	2^h48^m	$40'$	2^h48^m	$40'$	2^h48^m	$40'$
1	$105^s,92$	$19''5$	$54^s,00$	$15''5$	$63^s,96$	$17''2$	$23^s,94$	$24''2$	$13^s,93$	$33''5$	$34^s,88$	$42''3$
2	$104^s,49$	$19''3$	$51^s,96$	$15''4$	$62^s,16$	$17''3$	$23^s,26$	$24''5$	$14^s,29$	$33''8$	$35^s,94$	$42''5$
3	$102^s,91$	$19''0$	$50^s,01$	$15''5$	$60^s,47$	$17''5$	$22^s,65$	$24''8$	$14^s,62$	$34''1$	$36^s,97$	$42''7$
4	$101^s,24$	$18''8$	$48^s,15$	$15''5$	$58^s,91$	$17''7$	$22^s,07$	$25''1$	$14^s,91$	$34''4$	$37^s,98$	$43''0$
5	$99^s,56$	$18''6$	$46^s,39$	$15''5$	$57^s,46$	$17''9$	$21^s,47$	$25''4$	$15^s,16$	$34''6$	$39^s,00$	$43''2$
6	$97^s,90$	$18''5$	$44^s,69$	$15''5$	$56^s,08$	$18''1$	$20^s,85$	$25''7$	$15^s,38$	$34''9$	$40^s,07$	$43''4$
7	$96^s,32$	$18''3$	$43^s,03$	$15''5$	$54^s,73$	$18''3$	$20^s,18$	$25''9$	$15^s,58$	$35''2$	$41^s,20$	$43''7$
8	$94^s,81$	$18''2$	$41^s,36$	$15''6$	$53^s,38$	$18''5$	$19^s,48$	$26''2$	$15^s,78$	$35''5$	$42^s,43$	$44''0$
9	$93^s,35$	$18''0$	$39^s,67$	$15''6$	$52^s,00$	$18''6$	$18^s,75$	$26''5$	$16^s,01$	$35''8$	$43^s,78$	$44''2$
10	$91^s,94$	$17''8$	$37^s,93$	$15''6$	$50^s,58$	$18''8$	$18^s,00$	$26''8$	$16^s,31$	$36''2$	$45^s,25$	$44''4$
11	$90^s,53$	$17''7$	$36^s,12$	$15''6$	$49^s,10$	$19''0$	$17^s,27$	$27''1$	$16^s,70$	$36''5$	$46^s,81$	$44''7$
12	$89^s,09$	$17''5$	$34^s,25$	$15''6$	$47^s,59$	$19''2$	$16^s,59$	$27''4$	$17^s,21$	$36''8$	$48^s,43$	$44''9$
13	$87^s,60$	$17''4$	$32^s,31$	$15''6$	$46^s,03$	$19''4$	$15^s,98$	$27''7$	$17^s,84$	$37''2$	$50^s,06$	$45''0$
14	$86^s,03$	$17''2$	$30^s,33$	$15''7$	$44^s,47$	$19''6$	$15^s,49$	$28''1$	$18^s,60$	$37''5$	$51^s,62$	$45''2$
15	$84^s,38$	$17''0$	$28^s,33$	$15''7$	$42^s,93$	$19''8$	$15^s,12$	$28''4$	$19^s,44$	$37''8$	$53^s,08$	$45''3$
16	$82^s,64$	$16''9$	$26^s,34$	$15''8$	$41^s,43$	$20''0$	$14^s,87$	$28''8$	$20^s,32$	$38''1$	$54^s,45$	$45''5$
17	$80^s,82$	$16''7$	$24^s,39$	$15''9$	$40^s,02$	$20''3$	$14^s,73$	$29''1$	$21^s,17$	$38''3$	$55^s,74$	$45''6$
18	$78^s,94$	$16''6$	$22^s,52$	$16''0$	$38^s,71$	$20''5$	$14^s,66$	$29''4$	$21^s,96$	$38''6$	$57^s,02$	$45''8$
19	$77^s,04$	$16''5$	$20^s,74$	$16''1$	$37^s,52$	$20''8$	$14^s,60$	$29''7$	$22^s,66$	$38''8$	$58^s,34$	$46''0$
20	$75^s,13$	$16''3$	$19^s,06$	$16''2$	$36^s,44$	$21''1$	$14^s,51$	$30''0$	$23^s,29$	$39''0$	$59^s,75$	$46''2$
21	$73^s,26$	$16''3$	$17^s,47$	$16''3$	$35^s,44$	$21''3$	$14^s,35$	$30''2$	$23^s,88$	$39''3$	$61^s,28$	$46''4$
22	$71^s,45$	$16''2$	$15^s,94$	$16''5$	$34^s,49$	$21''6$	$14^s,11$	$30''5$	$24^s,48$	$39''6$	$62^s,92$	$46''6$
23	$69^s,72$	$16''2$	$14^s,43$	$16''5$	$33^s,54$	$21''8$	$13^s,82$	$30''8$	$25^s,16$	$39''9$	$64^s,65$	$46''8$
24	$68^s,07$	$16''1$	$12^s,89$	$16''6$	$32^s,54$	$22''0$	$13^s,51$	$31''1$	$25^s,94$	$40''2$	$66^s,44$	$47''0$
25	$66^s,50$	$16''0$	$11^s,27$	$16''7$	$31^s,46$	$22''2$	$13^s,24$	$31''4$	$26^s,86$	$40''5$	$68^s,26$	$47''1$
26	$64^s,96$	$16''0$	$9^s,55$	$16''8$	$30^s,30$	$22''5$	$13^s,06$	$31''8$	$27^s,89$	$40''8$	$70^s,06$	$47''2$
27	$63^s,40$	$15''9$	$7^s,72$	$16''9$	$29^s,09$	$22''7$	$13^s,00$	$32''1$	$29^s,02$	$41''1$	$71^s,82$	$47''3$
28	$61^s,76$	$15''8$	$5^s,84$	$17''0$	$27^s,87$	$23''0$	$13^s,09$	$32''5$	$30^s,21$	$41''4$	$73^s,53$	$47''5$
29	$59^s,99$	$15''7$			$26^s,70$	$23''3$	$13^s,29$	$32''8$	$31^s,42$	$41''6$	$75^s,18$	$47''6$
30	$58^s,08$	$15''6$			$25^s,65$	$23''6$	$13^s,59$	$33''2$	$32^s,61$	$41''9$	$76^s,78$	$47''7$
31	$56^s,06$	$15''5$			$24^s,73$	$23''9$			$33^s,77$	$42''1$		

Distancia polar: $p = 90^\circ - \delta$, siendo δ la declinación.

El valor mínimo de la distancia polar p se dará alrededor del año 2100, en que tendrá un valor de unos $27'$.

El hecho de usar un valor de la ascensión recta α para una fecha dada, sin interpolar a la hora de observación introduce un error esperado en la latitud ϕ que se determine de $0''1$ (3 m), siendo el error máximo posible menor de $0''4$ (12 m).

Posición aparente de la Polar en 2014
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^h49^m	$40'$	2^h50^m	$40'$	2^h51^m	$40'$	2^h52^m	$40'$	2^h52^m	$40'$	2^h52^m	$40'$
1	$18^s,34$	$47''8$	$16^s,15$	$48''9$	$15^s,73$	$45''4$	$3^s,79$	$37''8$	$32^s,70$	$27''3$	$32^s,86$	$16''3$
2	$19^s,90$	$47''9$	$18^s,07$	$48''9$	$17^s,73$	$45''2$	$5^s,20$	$37''5$	$32^s,98$	$26''9$	$32^s,37$	$16''0$
3	$21^s,47$	$48''0$	$20^s,07$	$48''9$	$19^s,72$	$45''0$	$6^s,48$	$37''2$	$33^s,24$	$26''6$	$31^s,95$	$15''7$
4	$23^s,09$	$48''1$	$22^s,16$	$48''9$	$21^s,66$	$44''7$	$7^s,64$	$36''8$	$33^s,86$	$25''9$	$31^s,56$	$15''4$
5	$24^s,78$	$48''2$	$24^s,31$	$48''8$	$23^s,50$	$44''5$	$8^s,69$	$36''5$	$34^s,29$	$25''6$	$31^s,18$	$15''1$
6	$26^s,56$	$48''4$	$26^s,50$	$48''8$	$25^s,21$	$44''2$	$9^s,68$	$36''2$	$34^s,79$	$25''3$	$30^s,75$	$14''7$
7	$28^s,45$	$48''5$	$28^s,67$	$48''7$	$26^s,81$	$44''0$	$10^s,67$	$35''9$	$35^s,31$	$24''9$	$30^s,24$	$14''4$
8	$30^s,43$	$48''6$	$30^s,77$	$48''6$	$28^s,31$	$43''7$	$11^s,73$	$35''6$	$35^s,80$	$24''6$	$29^s,62$	$14''0$
9	$32^s,48$	$48''7$	$32^s,76$	$48''4$	$29^s,80$	$43''5$	$12^s,87$	$35''3$	$36^s,23$	$24''2$	$28^s,89$	$13''7$
10	$34^s,56$	$48''7$	$34^s,63$	$48''3$	$31^s,33$	$43''3$	$14^s,10$	$35''0$	$36^s,56$	$23''8$	$28^s,04$	$13''4$
11	$36^s,60$	$48''8$	$36^s,39$	$48''2$	$32^s,96$	$43''1$	$15^s,38$	$34''7$	$36^s,77$	$23''4$	$27^s,11$	$13''0$
12	$38^s,54$	$48''8$	$38^s,11$	$48''1$	$34^s,68$	$42''9$	$16^s,67$	$34''4$	$36^s,88$	$23''0$	$26^s,12$	$12''7$
13	$40^s,38$	$48''8$	$39^s,86$	$48''0$	$36^s,48$	$42''7$	$17^s,91$	$34''0$	$36^s,88$	$22''6$	$25^s,09$	$12''4$
14	$42^s,10$	$48''8$	$41^s,69$	$47''9$	$38^s,31$	$42''5$	$19^s,07$	$33''7$	$36^s,81$	$22''3$	$24^s,05$	$12''1$
15	$43^s,76$	$48''8$	$43^s,63$	$47''8$	$40^s,13$	$42''3$	$20^s,14$	$33''3$	$36^s,69$	$21''9$	$23^s,03$	$11''8$
16	$45^s,43$	$48''9$	$45^s,66$	$47''8$	$41^s,90$	$42''0$	$21^s,10$	$33''0$	$36^s,54$	$21''5$	$22^s,06$	$11''6$
17	$47^s,17$	$49''0$	$47^s,75$	$47''7$	$43^s,59$	$41''7$	$21^s,96$	$32''6$	$36^s,40$	$21''2$	$21^s,14$	$11''3$
18	$49^s,01$	$49''0$	$49^s,86$	$47''6$	$45^s,19$	$41''4$	$22^s,74$	$32''3$	$36^s,28$	$20''9$	$20^s,27$	$11''1$
19	$50^s,95$	$49''1$	$51^s,95$	$47''4$	$46^s,71$	$41''2$	$23^s,46$	$31''9$	$36^s,22$	$20''6$	$19^s,44$	$10''8$
20	$52^s,99$	$49''1$	$54^s,00$	$47''3$	$48^s,14$	$40''9$	$24^s,15$	$31''6$	$36^s,20$	$20''2$	$18^s,60$	$10''5$
21	$55^s,08$	$49''2$	$55^s,98$	$47''1$	$49^s,51$	$40''6$	$24^s,82$	$31''2$	$36^s,23$	$19''9$	$17^s,72$	$10''2$
22	$57^s,19$	$49''2$	$57^s,89$	$47''0$	$50^s,83$	$40''3$	$25^s,52$	$30''9$	$36^s,27$	$19''5$	$16^s,73$	$9''9$
23	$59^s,29$	$49''2$	$59^s,71$	$46''8$	$52^s,13$	$40''0$	$26^s,26$	$30''6$	$36^s,28$	$19''2$	$15^s,61$	$9''6$
24	$61^s,35$	$49''2$	$61^s,47$	$46''6$	$53^s,45$	$39''8$	$27^s,06$	$30''3$	$36^s,21$	$18''8$	$14^s,34$	$9''3$
25	$63^s,35$	$49''1$	$63^s,18$	$46''4$	$54^s,80$	$39''5$	$27^s,91$	$30''0$	$36^s,02$	$18''4$	$12^s,96$	$9''0$
26	$65^s,28$	$49''1$	$64^s,86$	$46''3$	$56^s,21$	$39''3$	$28^s,78$	$29''6$	$35^s,69$	$18''0$	$11^s,51$	$8''7$
27	$67^s,14$	$49''1$	$66^s,55$	$46''1$	$57^s,68$	$39''0$	$29^s,66$	$29''3$	$35^s,22$	$17''6$	$10^s,05$	$8''5$
28	$68^s,95$	$49''0$	$68^s,26$	$46''0$	$59^s,20$	$38''8$	$30^s,49$	$28''9$	$34^s,65$	$17''3$	$8^s,64$	$8''3$
29	$70^s,73$	$49''0$	$70^s,03$	$45''8$	$60^s,75$	$38''5$	$31^s,23$	$28''5$	$34^s,03$	$16''9$	$7^s,31$	$8''1$
30	$72^s,51$	$49''0$	$71^s,87$	$45''7$	$62^s,29$	$38''2$	$31^s,85$	$28''1$	$33^s,42$	$16''6$	$6^s,05$	$7''9$
31	$74^s,30$	$49''0$	$73^s,77$	$45''5$			$32^s,34$	$27''7$			$4^s,85$	$7''7$

El día 3 de noviembre la Polar culmina dos veces en Greenwich, siendo las coordenadas en su segundo paso: $\alpha = 2^h52^m33^s,52$ y $p = 40'26'',2$.

Distancia polar:

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

Declinación de la Polar:

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

Mínimos de β Persei (Algol) en 2014

fecha y hora		fecha y hora		fecha y hora		fecha y hora	
Ene 3	04^h30^m	Abr 2	01^h59^m	Jul 2	20^h07^m	Oct 2	14^h04^m
Ene 6	01^h19^m	Abr 4	22^h49^m	Jul 5	16^h56^m	Oct 5	10^h53^m
Ene 8	22^h08^m	Abr 7	19^h38^m	Jul 8	13^h45^m	Oct 8	07^h42^m
Ene 11	18^h58^m	Abr 10	16^h27^m	Jul 11	10^h33^m	Oct 11	04^h30^m
Ene 14	15^h47^m	Abr 13	13^h16^m	Jul 14	07^h22^m	Oct 14	01^h19^m
Ene 17	12^h36^m	Abr 16	10^h06^m	Jul 17	04^h11^m	Oct 16	22^h08^m
Ene 20	09^h26^m	Abr 19	06^h55^m	Jul 20	00^h59^m	Oct 19	18^h57^m
Ene 23	06^h15^m	Abr 22	03^h44^m	Jul 22	21^h48^m	Oct 22	15^h46^m
Ene 26	03^h04^m	Abr 25	00^h33^m	Jul 25	18^h37^m	Oct 25	12^h34^m
Ene 28	23^h54^m	Abr 27	21^h22^m	Jul 28	15^h25^m	Oct 28	09^h23^m
Ene 31	20^h43^m	Abr 30	18^h11^m	Jul 31	12^h14^m	Oct 31	06^h12^m
Feb 3	17^h32^m	May 3	15^h00^m	Ago 3	09^h03^m	Nov 3	03^h01^m
Feb 6	14^h22^m	May 6	11^h49^m	Ago 6	05^h51^m	Nov 5	23^h50^m
Feb 9	11^h11^m	May 9	08^h38^m	Ago 9	02^h40^m	Nov 8	20^h39^m
Feb 12	08^h01^m	May 12	05^h28^m	Ago 11	23^h29^m	Nov 11	17^h28^m
Feb 15	04^h50^m	May 15	02^h17^m	Ago 14	20^h17^m	Nov 14	14^h17^m
Feb 18	01^h39^m	May 17	23^h06^m	Ago 17	17^h06^m	Nov 17	11^h06^m
Feb 20	22^h29^m	May 20	19^h55^m	Ago 20	13^h54^m	Nov 20	07^h55^m
Feb 23	19^h18^m	May 23	16^h43^m	Ago 23	10^h43^m	Nov 23	04^h44^m
Feb 26	16^h07^m	May 26	13^h32^m	Ago 26	07^h32^m	Nov 26	01^h33^m
Mar 1	12^h57^m	May 29	10^h21^m	Ago 29	04^h20^m	Nov 28	22^h22^m
Mar 4	09^h46^m	Jun 1	07^h10^m	Set 1	01^h09^m	Dic 1	19^h11^m
Mar 7	06^h36^m	Jun 4	03^h59^m	Set 3	21^h58^m	Dic 4	16^h00^m
Mar 10	03^h25^m	Jun 7	00^h48^m	Set 6	18^h46^m	Dic 7	12^h49^m
Mar 13	00^h14^m	Jun 9	21^h37^m	Set 9	15^h35^m	Dic 10	09^h38^m
Mar 15	21^h04^m	Jun 12	18^h26^m	Set 12	12^h23^m	Dic 13	06^h27^m
Mar 18	17^h53^m	Jun 15	15^h15^m	Set 15	09^h12^m	Dic 16	03^h17^m
Mar 21	14^h42^m	Jun 18	12^h03^m	Set 18	06^h01^m	Dic 19	00^h06^m
Mar 24	11^h32^m	Jun 21	08^h52^m	Set 21	02^h49^m	Dic 21	20^h55^m
Mar 27	08^h21^m	Jun 24	05^h41^m	Set 23	23^h38^m	Dic 24	17^h44^m
Mar 30	05^h10^m	Jun 27	02^h30^m	Set 26	20^h27^m	Dic 27	14^h33^m
		Jun 29	23^h19^m	Set 29	17^h16^m	Dic 30	11^h23^m

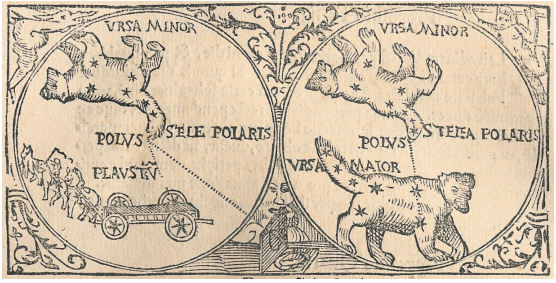
Mínimos de β Lyrae (Sheliak) en 2014

fecha y hora		fecha y hora		fecha y hora		fecha y hora	
Ene 6	23^h16^m	Abr 7	13^h33^m	Jul 7	03^h49^m	Oct 5	18^h06^m
Ene 19	21^h53^m	Abr 20	12^h09^m	Jul 20	02^h26^m	Oct 18	16^h42^m
Feb 1	20^h30^m	May 3	10^h46^m	Ago 2	01^h02^m	Oct 31	15^h19^m
Feb 14	19^h06^m	May 16	09^h23^m	Ago 14	23^h39^m	Nov 13	13^h55^m
Feb 27	17^h43^m	May 29	07^h59^m	Ago 27	22^h16^m	Nov 26	12^h32^m
Mar 12	16^h20^m	Jun 11	06^h36^m	Set 9	20^h52^m	Dic 9	11^h09^m
Mar 25	14^h56^m	Jun 24	05^h13^m	Set 22	19^h29^m	Dic 22	09^h45^m

Estrellas variables de largo periodo tipo Mira

nombre	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} ($^\circ$ $'$)	magnitud máx.	magnitud mín.	periodo (días)	fecha del máximo
R Vul	21 04	+23 49	7,0	14,3	136	Ene 01
T Her	18 09	+31 01	6,8	13,9	165	Ene 01
R Gem	07 07	+22 42	6,0	14,0	369	Ene 12
V Oph	16 27	−12 26	7,3	11,6	297	Ene 14
T Hya	08 56	−09 08	6,7	13,2	289	Ene 21
R And	00 24	+38 35	5,8	14,9	409	Ene 22
S Her	16 52	+14 56	6,4	13,8	307	Ene 24
U Cet	02 34	−13 09	6,8	13,4	234	Feb 12
R Aqr	23 44	−15 17	5,8	12,4	386	Feb 25
R Peg	23 07	+10 33	6,9	13,8	378	Mar 01
S Vir	13 33	−07 12	6,3	13,2	377	Mar 09
R UMa	10 45	+68 47	6,7	13,4	301	Mar 11
R Aql	19 06	+08 14	5,5	12,0	284	Mar 12
V Cas	23 12	+59 42	6,9	13,4	228	Mar 17
R LMi	09 46	+34 31	6,3	13,2	371	Mar 20
U Her	16 26	+18 54	6,5	13,4	406	Mar 23
U Ori	05 56	+20 10	4,8	12,6	372	Mar 30
RT Cyg	19 44	+48 47	6,4	12,7	190	Abr 05
S Peg	23 21	+08 55	7,1	13,8	319	Abr 07
T Cep	21 10	+68 29	5,2	11,3	388	Abr 15
R Crv	12 20	−19 15	6,7	14,4	317	Abr 24
R Sgr	19 17	−19 18	6,7	12,8	268	Abr 27
R Vir	12 39	+06 59	6,0	12,1	145	May 10
R Aur	05 17	+53 35	6,7	13,9	457	May 17
SS Vir	12 25	+00 48	6,0	9,6	354	May 23
χ Cyg	19 51	+32 55	3,3	14,2	406	Jun 07
o Cet	02 19	−02 59	2,0	10,0	331	Jun 13
R Boo	14 37	+26 44	6,2	12,1	223	Jun 23
S UMa	12 44	+61 06	7,0	12,4	226	Jul 06
S CMi	07 33	+08 19	6,6	13,2	332	Jul 09
R Cnc	08 17	+11 44	6,1	11,8	361	Jul 28
X Oph	18 38	+08 50	5,9	9,2	334	Ago 00
R Dra	16 33	+66 45	6,7	13,0	245	Ago 01
R Ser	15 51	+15 08	5,2	14,4	356	Ago 06
S CrB	15 21	+31 22	5,8	14,1	360	Ago 23
T UMa	12 36	+59 29	6,6	13,4	256	Ago 27
R Tri	02 37	+34 16	5,4	12,6	266	Set 21
R Cyg	19 37	+50 12	6,1	14,2	426	Oct 23
R Leo	09 48	+11 26	4,4	11,3	312	Oct 24
T Cas	00 23	+55 48	6,9	13,0	444	Nov 05
V CrB	15 50	+39 34	6,9	12,6	357	Nov 06
V Mon	06 23	−02 12	6,0	13,7	333	Nov 10
R Lep	05 00	−14 48	5,5	11,7	432	Nov 18
R Cas	23 58	+51 24	4,7	13,5	430	Dic 04
R Hya	13 30	−23 17	3,0	11,0	389	Dic 30

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.

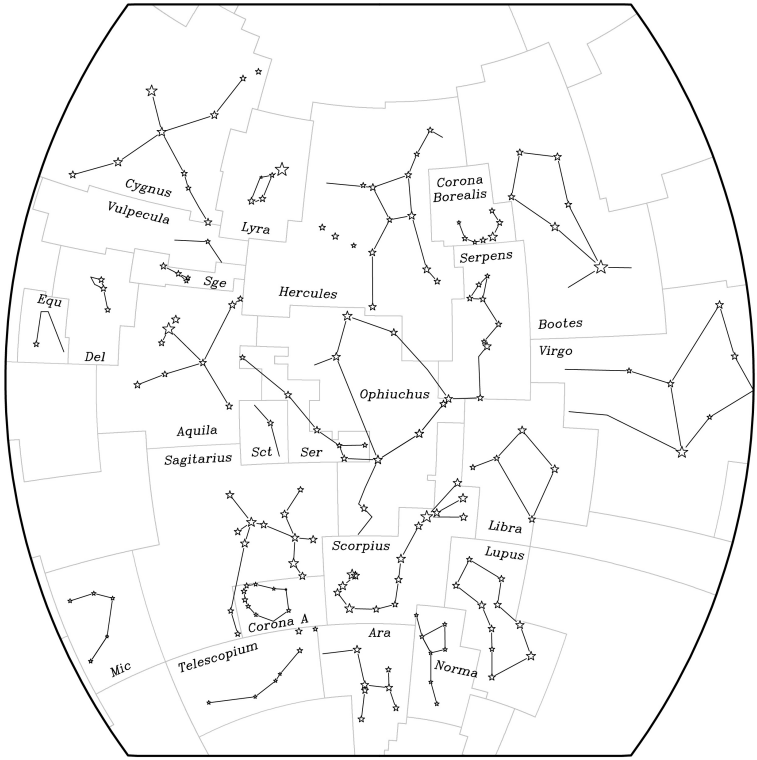
Constelaciones

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

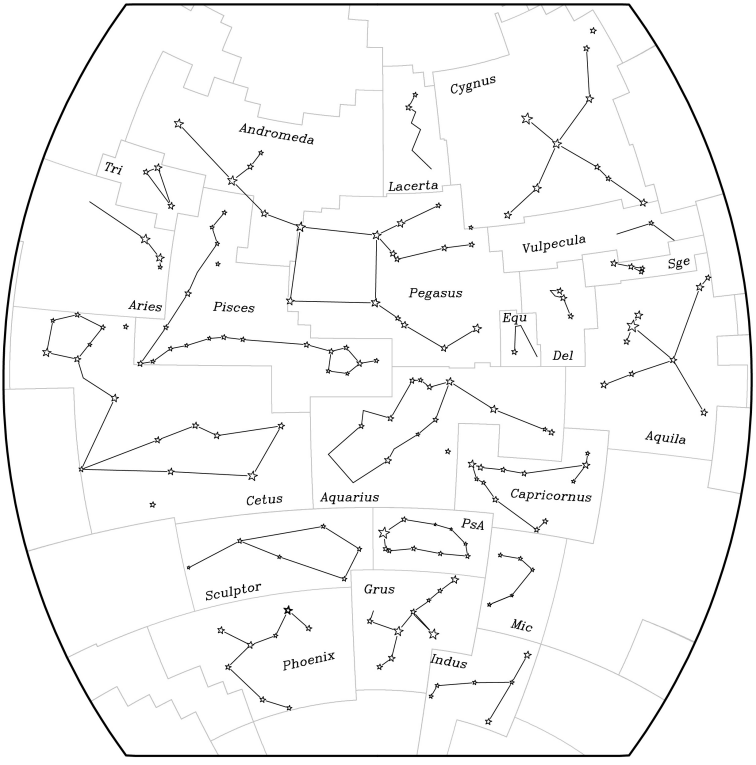
Constelaciones (cont.)

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

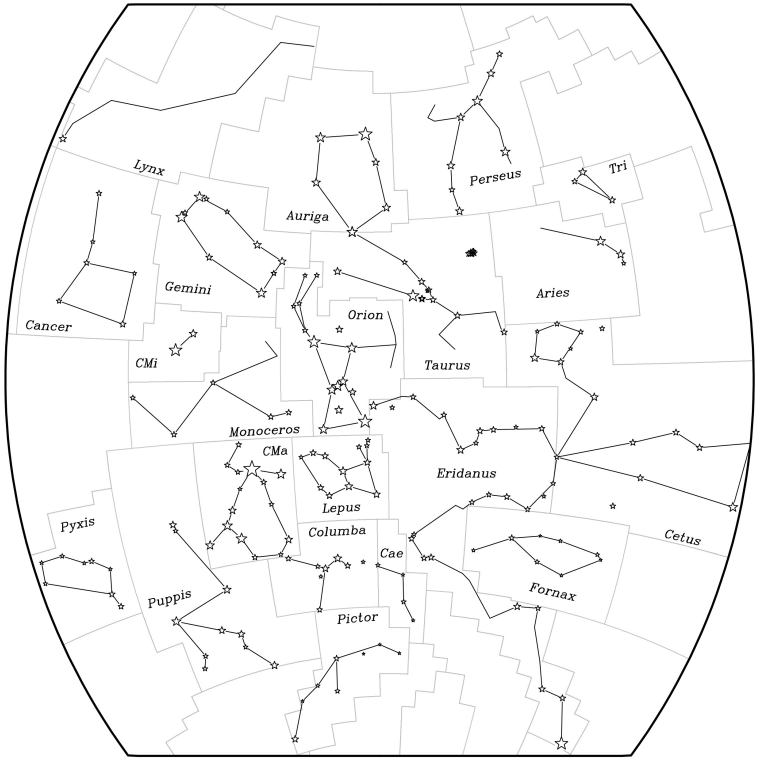
N_* es el número aproximado de estrellas más brillantes que la magnitud 6.



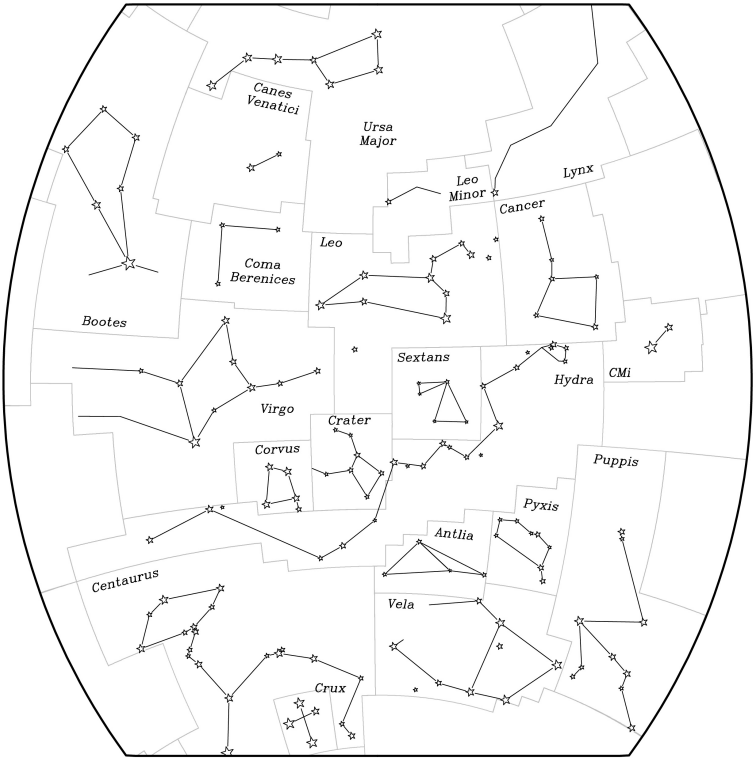
Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de -65° y $+65^\circ$, y con ascensiones rectas desde 13 a 21 horas, que corresponden a los bordes derecho e izquierdo de la figura, respectivamente.



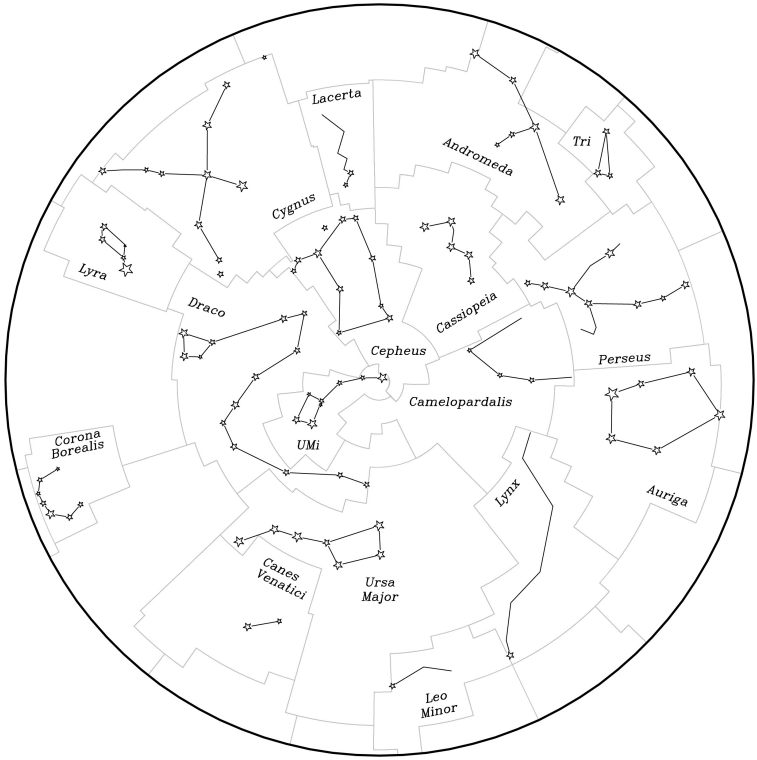
Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de -65° y $+65^\circ$, y con ascensiones rectas desde 19 a 3 horas, que corresponden a los bordes derecho e izquierdo de la figura, respectivamente.



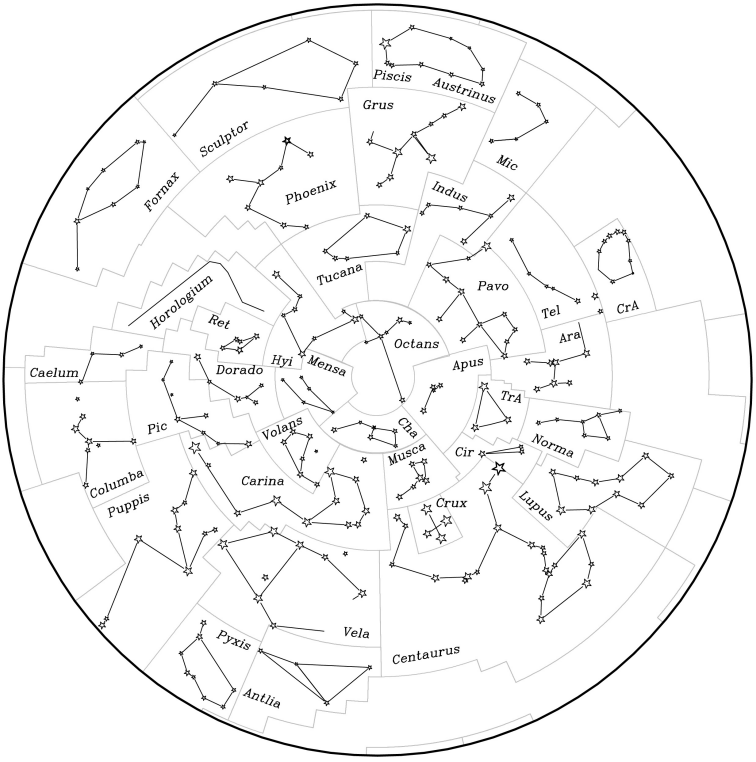
Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de -65° y $+65^\circ$, y con ascensiones rectas desde 1 a 9 horas, que corresponden a los bordes derecho e izquierdo de la figura, respectivamente.



Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de $-65°$ y $+65°$, 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	323*
γ Ari	01 53,5	19 18	AB	4,52	4,58	7,5	2
γ And	02 03,9	42 20	A,BC	2,31	5,02	0,1	87*
γ Cet	02 43,3	03 14	AB	3,54	6,18	2,3	298
θ Eri	02 58,3	−40 18		3,20	4,12	8,4	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	6,6	348
κ Tau	04 25,4	22 18	AB	4,22	5,29	340,7	173
θ Tau	04 28,7	15 52	AB	3,41	3,94	0,0	22*
92 tau	04 39,3	15 55		4,69	5,09	438,5	194
β Ori	05 14,5	−08 12	A,BC	0,30	6,80	9,3	204
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	53,0	359
Struve 747	05 35,0	−06 00	AB	4,70	5,51	36,0	224
λ Ori	05 35,1	09 56	AB	3,51	5,45	4,2	44
ι Ori	05 35,4	−05 55	AB	2,90	7,00	10,8	138
σ Ori	05 38,7	−02 36	AB,D	3,76	6,56	0,2	78*
σ Ori	05 38,7	−02 36	AB,E	3,76	6,34	0,2	78*
ζ Ori	05 40,7	−01 57	AB	1,88	3,70	2,5	165
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	7,1	133
β Mon	06 28,8	−07 02	AC	4,62	5,39	9,7	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	5,0	56*
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	1,1	24*
ι Cnc	08 46,7	28 46		4,13	5,99	30,5	308
ε Hya	08 46,8	06 25	AB,C	3,49	6,66	0,3	194*
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

Estrellas dobles o múltiples

nombre	α_{2000} (h m)	δ_{2000} (° ′)	componentes	magnitudes prim.	magnitudes sec.	separ. (″)	A.P. (°)
γ Leo	10 20,0	19 50	AB	2,37	3,64	4,3	126
54 Leo	10 55,6	24 45		4,48	6,30	6,6	111
α UMa	11 03,7	61 45	AC	2,02	7,19	0,7	358*
ι Leo	11 23,9	10 32	AB	4,06	6,71	2,1	97*
α CVn	12 56,0	38 19		2,85	5,52	19,3	228
ζ UMa	13 23,9	54 56	AB	2,23	3,88	0,0	341*
ζ UMa	13 23,9	54 56	AC	2,23	4,01	0,0	341*
ζ UMa	13 23,9	54 56	AD	2,23	7,60	0,0	341*
3 Cen	13 51,8	−33 00		4,50	5,97	8,4	105
π Boo	14 40,7	16 25	AB	4,88	5,79	5,3	111
ε Boo	14 45,0	27 04	AB	2,58	4,81	3,0	345
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	3,9	173
ζ^2 CrB	15 39,4	36 38		4,96	5,91	6,3	306
η Lup	16 00,1	−38 24	AB	3,37	7,50	14,9	19
β Sco	16 05,4	−19 48	AC	2,59	4,52	0,1	351*
ν Sco	16 12,0	−19 28	AC	4,35	6,60	41,2	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	2,5	274
α Her	17 14,6	14 23	AB	3,48	5,40	4,6	104
ρ Her	17 23,7	37 09	AB	4,50	5,40	3,9	321
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	30,0	16
95 Her	18 01,5	21 36		4,85	5,20	6,9	258
70 Oph	18 05,5	02 30	AB	4,22	6,17	6,2	127*
ε Lyr	18 44,3	39 40	AB,CD	4,67	4,56	208,8	172
ζ Lyr	18 44,8	37 36	AD	4,34	5,62	41,1	149
β Lyr	18 50,1	33 22	AB	3,63	6,69	0,0	73*
θ Ser	18 56,2	04 12	AB	4,59	4,93	22,3	104
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	34,7	55
δ Cyg	19 45,0	45 08	AB	2,89	6,27	2,5	216
ε Dra	19 48,2	70 16		4,01	6,87	3,1	21
o Cyg	20 13,6	46 44	AC	3,93	6,97	0,0	329*
o Cyg	20 13,6	46 44	AD	3,93	4,83	0,0	329*
α Cap	20 18,1	−12 33	AE	3,66	4,34	381,2	290
β Cap	20 21,0	−14 47	AB	3,15	6,08	0,1	35*
γ Del	20 46,7	16 07		4,36	5,03	9,4	278
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	0,1	99*
δ Cep	22 29,2	58 25	AC	4,21	6,11	40,6	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 276. 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 277.

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 β 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

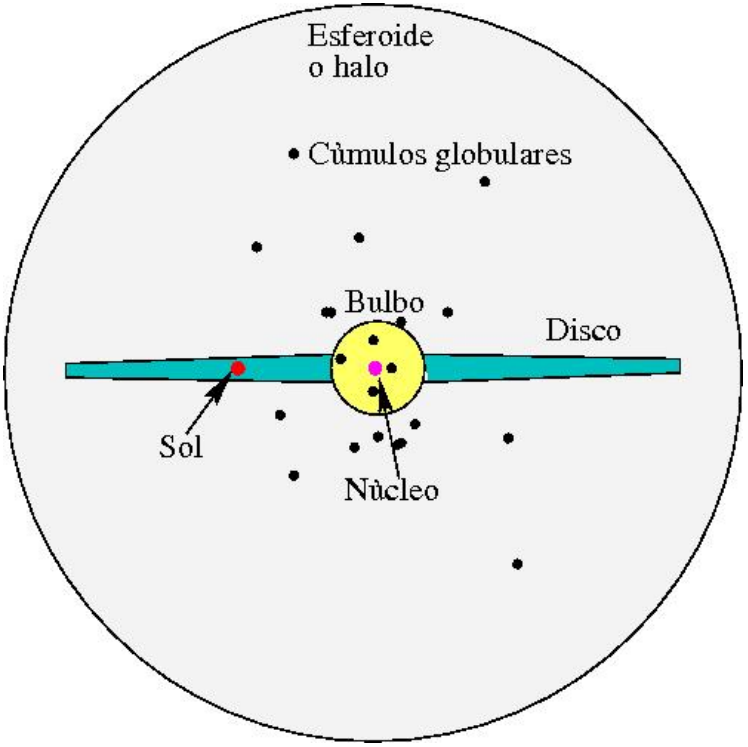
La Vía Láctea

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

nombre	α_{2000} (^{h})	δ_{2000} ($^\circ$)	tamaño (Mpc)	z	comentarios
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).
Perseo-Peces	02,5	+40	30	0,016	Contiene el cúmulo de Perseo (Abell 426).
Pavo-Indio	20,6	–37	30	0,017	Pobre, contiene Abell 3656.
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.
Escultor	23,7	–36	30	0,049	

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 hacia el que se desplaza el Grupo Local)	16,5	=	=	0,004
Cúmulo de Norma (la Regla)	65	66	67	0,016
Cúmulo de Coma (la Cabellera de B.)	95	97	99	0,023
3C48 (cuásar muy intenso en radio)	1 044	1 427	1 950	0,367
ULAS J1120+0641 (el cuásar más lejano conocido)	1 095	8 850	71 550	7,085
UDFy-38135539 (la galaxia más lejana conocida)	974	9 300	88 900	8,55

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 71 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 $\Omega_m = 0,27$. 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:

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

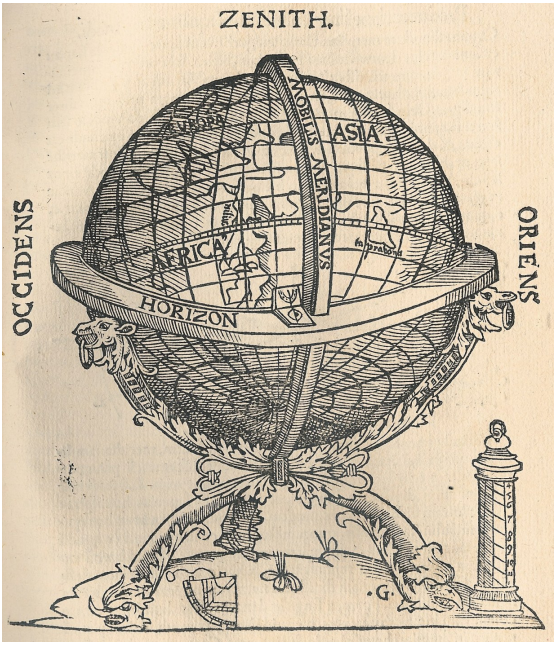
Récord de distancia

El objeto más lejano descubierto hasta la fecha tiene un corrimiento al rojo, z, de 8,55, correspondiente a cuando el universo que conocemos tenía sólo 600 millones de años. Se trata de la galaxia UDFy-38135539 que se encuentra en el Campo Ultraprofundo del telescopio espacial Hubble y fue descubierta en 2009. Su corrimiento al rojo fue confirmado espectroscópicamente en 2010.

En 2011 se determinó una distancia fotométrica de $z \sim 9{,}4$ al brote de rayos gamma GRB 090429B, descubierto en 2009 y que se supone se originó en una explosión estelar conocida como supernova, ocurrida hace más de 13 mil millones de años. (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.)

Se sospecha que la galaxia UDFj-39546284 descubierta en 2011 pueda encontrarse a una distancia aún mayor, correspondiente quizás a un corrimiento al rojo $z \sim 11{,}9$ aún por confirmar espectroscópicamente. Si fuera así, se trataría de una pequeña galaxia compacta que vemos como era tan sólo 380 millones de años tras el Big Bang. Sin embargo, otros autores la sitúan mucho más cerca, a $z = 2{,}19$.

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 (394), 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 150 000 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 150 000 habitantes, Ceuta y Melilla

ciudad	latitud ϕ (° ′ ″)	longitud (+E,–O) (° ′ ″)		(^{h} ^{m} ^{s})	altitud (m)
Madrid	40 24 35	03 41 11	O	$-14^{m}45^{s}$	655
Málaga	36 43 18	04 25 07	O	$-17^{m}40^{s}$	8
Melilla	35 17 46	02 56 28	O	$-11^{m}45^{s}$	15
Móstoles	40 19 29	03 51 49	O	$-15^{m}27^{s}$	661
Murcia	37 59 09	01 07 38	O	$-04^{m}31^{s}$	42
Ourense (Orense)	42 20 15	07 51 43	O	$-31^{m}27^{s}$	139
Oviedo	43 21 48	05 50 32	O	$-23^{m}22^{s}$	232
Palencia	42 00 32	04 31 59	O	$-18^{m}08^{s}$	734
Palma de Mallorca	39 34 36	02 39 11	E	$+10^{m}37^{s}$	33
Palmas de G. C., Las	28 06 04	15 24 45	O	$-1^{h}1^{m}39^{s}$	13
Pamplona / Iruña	42 49 15	01 38 25	O	$-06^{m}34^{s}$	449
Pontevedra	42 26 05	08 38 46	O	$-34^{m}35^{s}$	20
Sabadell	41 32 53	02 06 33	E	$+08^{m}26^{s}$	190
Salamanca	40 57 43	05 39 56	O	$-22^{m}40^{s}$	803
Sta. Cruz de Tenerife	28 27 53	16 16 48	O	$-1^{h}5^{m}07^{s}$	5
Santander	43 27 51	03 48 14	O	$-15^{m}13^{s}$	15
Segovia	40 57 05	04 07 29	O	$-16^{m}30^{s}$	1002
Sevilla	37 23 15	05 59 29	O	$-23^{m}58^{s}$	10
Soria	41 46 10	02 27 56	O	$-09^{m}52^{s}$	1064
Terrassa (Tarrasa)	41 33 48	02 00 48	E	$+08^{m}03^{s}$	286
Tarragona	41 07 13	01 15 34	E	$+05^{m}02^{s}$	69
Teruel	40 20 43	01 06 29	O	$-04^{m}26^{s}$	913
Toledo	39 51 31	04 01 23	O	$-16^{m}06^{s}$	512
Valencia	39 28 35	00 22 29	O	$-01^{m}30^{s}$	16
Valladolid	41 39 12	04 43 19	O	$-18^{m}53^{s}$	692
Vigo	42 14 26	08 43 29	O	$-34^{m}54^{s}$	28
Vitoria-Gasteiz	42 51 05	02 40 17	O	$-10^{m}41^{s}$	550
Zamora	41 30 00	05 45 13	O	$-23^{m}01^{s}$	649
Zaragoza	41 39 28	00 52 43	O	$-03^{m}31^{s}$	200

Las coordenadas geográficas que figuran en esta tabla están referidas al Elipsoide Internacional de Hayford, con *datum* en Potsdam (Alemania). La longitud se da con respecto al meridiano de Greenwich; a efectos de cálculo es positiva al Este de dicho meridiano y negativa al Oeste de él. En el caso de las capitales de provincia, el lugar exacto a que se refiere la posición indicada suele ser una torre de la catedral o de una iglesia muy representativa de la ciudad. En el caso de Madrid se refieren a las coordenadas del edificio Villanueva en el Observatorio Astronómico de Madrid.

Posiciones geográficas de observatorios astronómicos

Observatorios situados en España

observatorio	latitud	longitud	altura
R.M. Aller de Santiago de Compostela	$+42^\circ 52'.5$	$-00^h 34^m 14^s$	240
Ametlla de Mar (Tarragona)	$+40^\circ 55'.8$	$+00^h 47^m 35^s$	
Calar Alto (Almería)	$+37^\circ 13'.8$	$-00^h 10^m 09^s$	2168
La Cañada (Avila)	$+40^\circ 36'.3$	$-00^h 17^m 58^s$	1400
Consell (Mallorca)	$+39^\circ 39'.2$	$+00^h 11^m 70^s$	130
Ebro (Tarragona)	$+40^\circ 49'.2$	$+00^h 01^m 58^s$	50
Fabra (Barcelona)	$+41^\circ 25'.0$	$+00^h 08^m 30^s$	420
Izaña (I. Tenerife)	$+28^\circ 17'.5$	$-01^h 05^m 59^s$	2038
Madrid	$+40^\circ 24'.5$	$-00^h 14^m 45^s$	655
Mallorca	$+39^\circ 38'.6$	$+00^h 11^m 48^s$	160
Pico de Veleta (Granada)	$+37^\circ 04'.1$	$-00^h 13^m 36^s$	2870
Piera (Barcelona)	$+41^\circ 32'.4$	$+00^h 07^m 04^s$	390
Robledo de Chavela (Madrid)	$+40^\circ 25'.6$	$-00^h 16^m 60^s$	815
Roque de los Muchachos (I. La Palma)	$+28^\circ 45'.5$	$-01^h 11^m 30^s$	2327
La Sagra (Granada)	$+37^\circ 58'.9$	$-00^h 10^m 16^s$	1530
San Fernando (Cádiz)	$+36^\circ 28'.0$	$-00^h 24^m 49^s$	30
Sierra Nevada (Granada)	$+37^\circ 03'.8$	$-00^h 13^m 32^s$	2896
Universidad de Barcelona	$+41^\circ 23'.2$	$+00^h 08^m 28^s$	97
Universidad Complutense (Madrid)	$+40^\circ 27'.1$	$-00^h 14^m 54^s$	640
Yebes (Guadalajara)	$+40^\circ 31'.4$	$-00^h 12^m 21^s$	931

La anterior lista de observatorios incluye aquellos que están dotados de telescopios profesionales nacionales o extranjeros situados en el país, los observatorios incluídos en la lista de códigos de la Unión Astronómica Internacional (UAI) y observatorios universitarios con fines educativos.

La larga lista de observatorios antiguos y modernos que se ha incluido en los Anuarios anteriores, hasta la edición de 2007, ha sido sustituida por una lista parcial que incluye los principales observatorios del mundo (actuales e históricos) situados en la superficie terrestre. El número de observatorios en el mundo crece constantemente, por lo que una lista con pretensiones de completitud necesita una actualización continua, que es más fácil de mantener por medios electrónicos. Al generalizarse el acceso a internet, la consulta de listas actualizadas y ordenadas por distintos criterios es cada vez más fácil. A continuación indicamos enlaces a listas especialmente útiles y completas, que incluyen más de 2 000 observatorios situados en más de 50 países. Búsqueda de las coordenadas de observatorios:
`http://www.eso.org/~ndelmott/obs_sites.html`
Listas de códigos de observatorios atribuidos por la UAI/IAU:
`http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_observatory_codes`
`http://www.cfa.harvard.edu/iau/lists/ObsCodes.html`

En esta última página web, la latitud geodésica ϕ_{gd} de los observatorios se obtiene a partir de los valores tabulados del seno y coseno de la latitud geocéntrica ϕ_{gc} y del achatamiento f del elipsoide:

$$\tan\phi_{gd} = \frac{\tan\phi_{gc}}{(1-f)^2} = 1{,}0067395\,\frac{\operatorname{sen}\phi_{gc}}{\cos\phi_{gc}}$$

Observatorios en el resto del mundo

observatorio	latitud	longitud	altura
ALMA, Atacama (Chile)	$-23^\circ00'3$	$-04^h31^m02^s$	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 sigiente 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 2012 y setiembre de 2013.

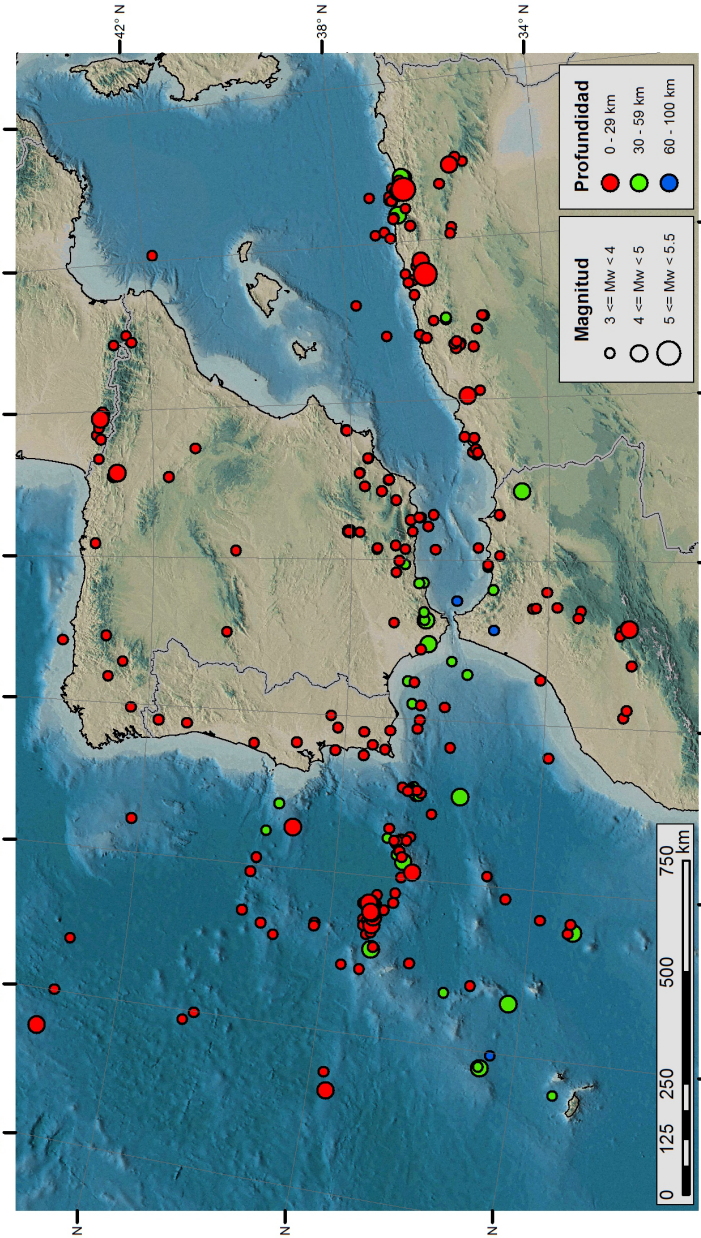
Terremotos de magnitud igual o superior a 4,0 en la península Ibérica, islas Baleares e islas Canarias entre el 01/09/2012 y el 01/09/2013

Fecha	Latitud (°)	Longitud (°)	Prof. (km)	Mag.	Máx. Int. (EMS)	Localización
19/05/13	36,67	+05,31	0	5,1		SE Bejaia (Argelia)
17/07/13	36,36	+03,16	20	5,1		SE Blida (Argelia)
28/11/12	36,69	+05,55	35	5,0		E Bejaia (Argelia)
31/03/13	27,71	–18,27	20	4,8	IV	W Frontera (El Hierro)
16/10/12	37,15	–13,23	25	4,7		Azores-Cabo S. Vicente
16/03/13	35,70	+05,82	0	4,7		SE Setif (Argelia)
27/03/13	27,72	–18,27	19	4,6	IV	W Frontera (El Hierro)
29/03/13	27,73	–18,31	20	4,6	IV	Atlántico-Canarias
29/03/13	27,70	–18,26	19	4,5	IV	W Frontera (El Hierro)
26/05/13	36,73	+05,30	0	4,5		E Bejaia (Argelia)
16/10/12	37,14	–13,03	29	4,4		Azores-Cabo S. Vicente
28/11/12	36,65	+05,60	35	4,4		E Bejaia (Argelia)
03/02/13	37,63	–17,47	17	4,4		Azores-Cabo S. Vicente
22/02/13	36,69	+05,62	30	4,4		E Bejaia (Argelia)
27/03/13	27,75	–18,27	18	4,4	IV	W Frontera (El Hierro)
27/03/13	27,78	–18,30	15	4,4	IV	W Frontera (El Hierro)
29/03/13	27,74	–18,31	19	4,4	IV	Atlántico-Canarias
29/03/13	27,71	–18,25	19	4,4	III–IV	W Frontera (El Hierro)
31/03/13	27,69	–18,24	20	4,4	III	W Frontera (El Hierro)
03/04/13	27,74	–18,27	22	4,4	III	W Frontera (El Hierro)
23/05/13	36,42	+03,49	6	4,4		W Bouira (Argelia)
10/10/12	36,83	+04,68	31	4,3		W Bejaia (Argelia)
11/12/12	37,12	–13,84	30	4,3		Azores-Cabo S. Vicente
01/03/13	36,77	+05,25	0	4,3		Mediterráneo-Argelia
28/03/13	27,72	–18,26	19	4,3	III–IV	W Frontera (El Hierro)
29/03/13	27,72	–18,31	21	4,3	III	Atlántico-Canarias
30/03/13	27,71	–18,29	19	4,3	II-III	W Frontera (El Hierro)
28/05/13	43,50	–17,01	0	4,3		Atlántico
05/11/12	36,45	–11,82	26	4,2		SW Cabo S. Vicente
19/03/13	36,47	–05,51	42	4,2	II	NW Jimena (Cádiz)
27/03/13	27,73	–18,26	18	4,2	III–IV	W Frontera (El Hierro)

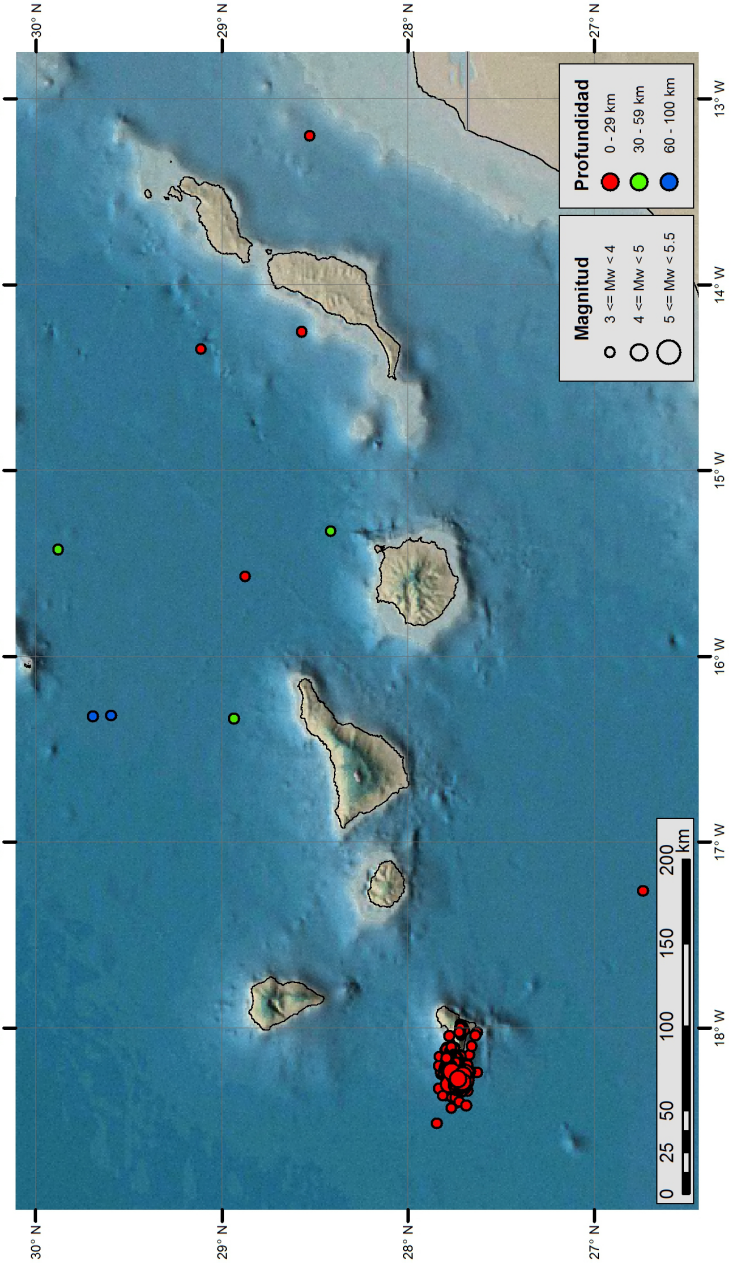
Terremotos de magnitud igual o superior a 4,0 en la península Ibérica, islas Baleares e islas Canarias entre el 01/09/2012 y el 01/09/2013

Fecha	Latitud (°)	Longitud (°)	Prof. (km)	Mag.	Máx. Int. (EMS)	Localización
27/03/13	27,73	–18,28	18	4,2	III–IV	W Frontera (El Hierro)
27/03/13	27,75	–18,25	18	4,2	III–IV	W Frontera (El Hierro)
28/03/13	27,74	–18,28	20	4,2	III–IV	W Frontera (El Hierro)
29/03/13	27,72	–18,29	20	4,2	III–IV	W Frontera (El Hierro)
30/03/13	27,69	–18,28	20	4,2	II	W Frontera (El Hierro)
03/04/13	27,73	–18,29	19	4,2	II–III	W Frontera (El Hierro)
03/04/13	27,73	–18,27	19	4,2	III	W Frontera (El Hierro)
21/04/13	35,62	–09,87	50	4,2		SW Cabo S. Vicente
31/05/13	32,36	–05,61	0	4,2		S Khenifra (Marruecos)
15/10/12	37,17	–12,93	25	4,1		Azores-Cabo S. Vicente
18/10/12	37,26	–12,68	0	4,1		Azores-Cabo S. Vicente
30/12/12	43,05	–00,22	0	4,1	IV	S Nay (Francia)
31/01/13	36,40	–06,10	43	4,1		SE Chiclana (Cádiz)
25/03/13	27,77	–18,24	16	4,1	IV	W Frontera (El Hierro)
29/03/13	27,71	–18,25	19	4,1	II–III	W Frontera (El Hierro)
29/03/13	27,73	–18,28	19	4,1	III–IV	W Frontera (El Hierro)
29/03/13	27,71	–18,30	21	4,1	II	Atlántico-Canarias
30/03/13	27,71	–18,29	20	4,1	II–III	W Frontera (El Hierro)
01/04/13	37,20	–12,90	20	4,1		Azores-Cabo S. Vicente
04/04/13	38,92	–10,96	25	4,1		Atlántico-Portugal
11/04/13	27,73	–18,27	19	4,1	III	W Frontera (El Hierro)
20/04/13	42,73	–01,71	0	4,1	IV	SW Salinas (Navarra)
29/04/13	34,56	–02,29	30	4,1		E El Aioun (Marruecos)
02/05/13	35,61	+00,08	19	4,1		N Mascara (Argelia)
16/07/13	34,68	–16,39	45	4,1		Azores-Cabo S. Vicente
26/07/13	33,13	–12,93	30	4,1		Atlántico-Marruecos
28/07/13	34,26	–14,79	50	4,1		Azores-Cabo S. Vicente
25/08/13	36,65	–11,57	37	4,1		SW Cabo S. Vicente
23/03/13	42,82	–01,80	0	4,0	IV	N Etxauri (Navarra)
25/03/13	27,77	–18,23	16	4,0	III	W Frontera (El Hierro)
29/03/13	27,63	–18,24	20	4,0	III	W Frontera (El Hierro)
29/03/13	27,70	–18,23	17	4,0	III	W Frontera (El Hierro)
29/03/13	27,70	–18,29	21	4,0	III	W Frontera (El Hierro)
29/03/13	27,71	–18,31	21	4,0		Atlántico-Canarias
30/03/13	27,74	–18,27	18	4,0	II–III	W Frontera (El Hierro)

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 2012 y setiembre de 2013.



Sismicidad de la Península Ibérica y zonas próximas registrada desde 01/09/2012 a 01/09/2013 con magnitud igual o superior a 3



Sismicidad de las Islas Canarias registrada desde 01/09/2012 a 01/09/2013 con magnitud igual o superior a 3

La sigiente tabla muestra la sismicidad mundial de magnitud igual o superior a 6,5, ordenada por magnitudes, durante el periodo comprendido entre setiembre de 2012 y setiembre de 2013, 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 01/09/2012 y el 01/09/2013

Fecha	Latitud (°)	Longitud (°)	Prof. (km)	Magnitud	Localización
24/05/2013	+54,87	+153,28	609	8,3	Mar de Ojotsk
06/02/2013	–10,74	+165,14	29	8,0	Islas Salomón
28/10/2012	+52,79	–132,10	14	7,8	Haida Gwaii (Canada)
24/09/2013	+26,97	+065,52	15	7,7	N. Awaran (Pakistan)
16/04/2013	+28,11	+062,05	82	7,7	E. de Khash (Iran)
05/09/2012	+10,09	–085,32	35	7,6	Costa Rica
05/01/2013	+55,39	–134,65	10	7,5	Alaska
23/05/2013	–23,02	–177,11	171	7,4	S. Vaini (Tonga)
07/11/2012	+13,96	–091,85	24	7,4	costa de Guatemala
15/07/2013	–60,87	–025,14	31	7,3	S. islas Sandwich
07/07/2013	–03,92	+153,92	386	7,3	Papua Nueva Guinea
07/12/2012	+37,89	+143,95	31	7,3	costa Honshu (Japón)
30/09/2012	+01,93	–076,36	170	7,3	Colombia
19/04/2013	+46,22	+150,78	112	7,2	Islas Kuriles (Rusia)
25/09/2013	–15,84	–074,51	40	7,1	S. Acarí (Peru)
08/02/2013	–10,93	+166,02	21	7,1	Islas Salomón
06/02/2013	–11,25	+164,93	10	7,1	Islas Salomón
10/12/2012	–06,53	+129,82	155	7,1	Mar de Banda
30/08/2013	+51,55	–175,23	29	7,0	Alaska
06/04/2013	–03,51	+138,48	66	7,0	E. Enarotali (Indonesia)
06/02/2013	–10,48	+165,77	10	7,0	Islas Salomón
28/02/2013	+50,94	+157,34	41	6,9	S. Ozernovskiy (Russia)
09/02/2013	+01,14	–077,40	145	6,9	N. Yacuanquer (Colombia)
02/02/2013	+42,76	+143,11	107	6,9	S. Obihiro (Japón)
28/09/2013	+27,18	+065,50	12	6,8	N. Awaran (Pakistan)
14/05/2013	+18,73	+145,29	602	6,8	N. Islas Marianas
08/02/2013	–10,90	+165,89	16	6,8	Islas Salomón
30/01/2013	–28,08	–070,62	45	6,8	N. Vallenar (Chile)
11/11/2012	+23,01	+095,89	14	6,8	Myanmar
13/08/2013	+05,77	–078,20	12	6,7	O. Mutis (Colombia)
13/06/2013	–10,00	+107,24	9	6,7	Islas de Navidad
24/05/2013	+52,22	+151,51	623	6,7	Mar de Ojotsk
07/02/2013	–11,00	+165,66	10	6,7	Islas Salomón

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 01/09/2012 y el 01/09/2013

Fecha	Latitud (°)	Longitud (°)	Prof. (km)	Magnitud	Localización
21/12/2012	–14,34	+167,29	201	6,7	Vanuatu
07/09/2013	+14,60	–092,09	67	6,6	S. Ayutla (Guatemala)
07/07/2013	–06,02	+149,72	62	6,6	Papua Nueva Guinea
24/06/2013	+10,70	–042,59	10	6,6	dorsal Atlántico Norte
20/04/2013	+30,31	+102,89	14	6,6	O. Linqiong (China)
16/04/2013	–03,22	+142,54	13	6,6	Papua Nueva Guinea
14/04/2013	–06,48	+154,61	31	6,6	Papua Nueva Guinea
14/02/2013	+67,58	+142,56	10	6,6	O. Druzhina (Rusia)
09/02/2013	–10,95	+165,84	16	6,6	Islas Salomón
12/10/2012	–04,89	+134,03	13	6,6	cerca de la costa de Papua
09/10/2012	–60,33	+153,70	10	6,6	O. Isla Macquarie
30/09/2013	–30,88	–178,38	42	6,5	I. Kermadec (N. Zelanda)
04/09/2013	+29,94	+138,83	402	6,5	Islands Izu (Japón)
01/09/2013	–07,44	+128,22	112	6,5	I. Barat Daya (Indonesia)
16/08/2013	–41,73	+174,15	8	6,5	E. Blenheim (N. Zelanda)
21/07/2013	–41,71	+174,44	14	6,5	E. Blenheim (N. Zelanda)
15/06/2013	+11,72	–086,98	36	6,5	O. Masachapa (Nicaragua)
23/04/2013	–03,91	+152,12	23	6,5	Papua Nueva Guinea
10/03/2013	–06,65	+148,16	29	6,5	Papua Nueva Guinea
01/03/2013	+50,95	+157,45	29	6,5	S. Ozernovskiy (Rusia)
16/11/2012	+49,28	+155,42	29	6,5	Islas Kuriles
11/11/2012	+14,13	–092,16	20	6,5	costa de Guatemala
24/10/2012	+10,09	–085,30	17	6,5	Costa Rica

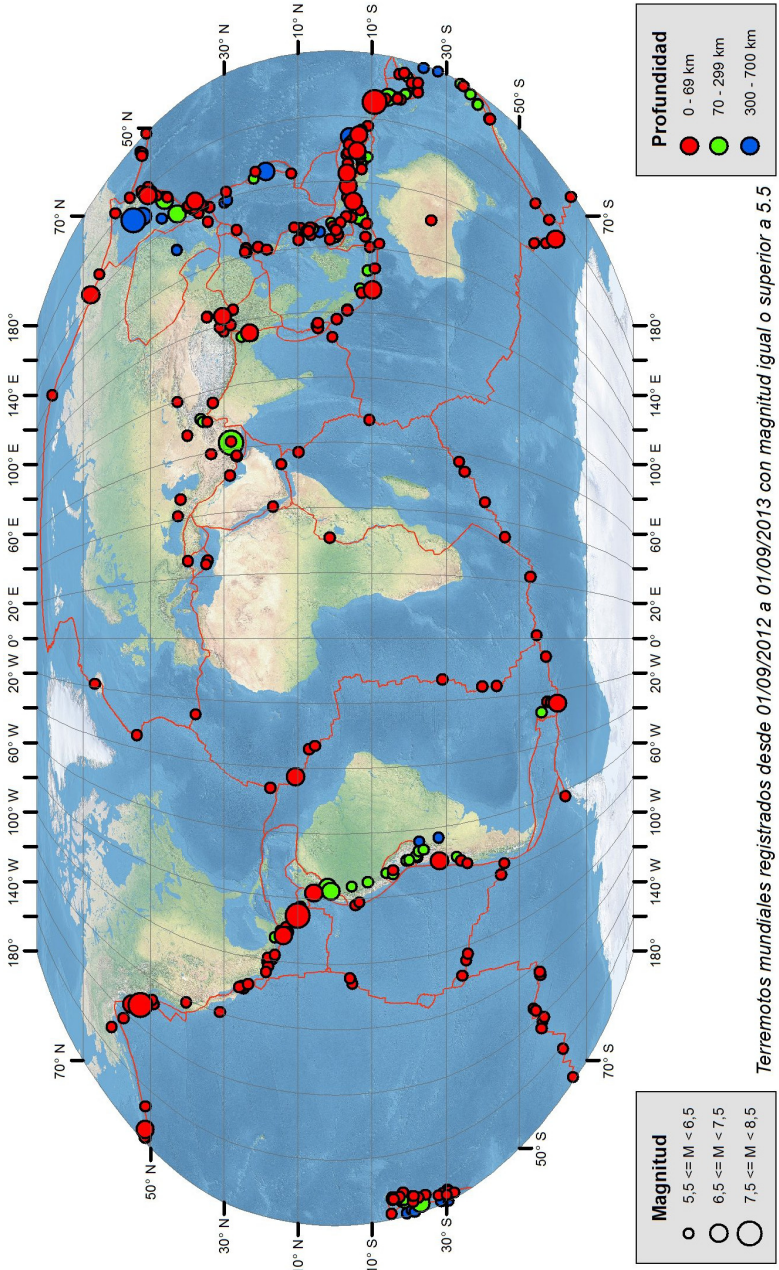
Datos proporcionados por el Servicio Geológico de los Estados Unidos
`http//earthquake.usgs.gov/earthquakes/`

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[1].

[1] 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`.



Terremotos mundiales registrados desde 01/09/2012 a 01/09/2013 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.

Magnitud

El concepto de magnitud sísmica fue introducido por Richter en el año 1935[2] 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.

Gutenberg y Richter en los años 1942[3] y 1956[4] 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.

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.

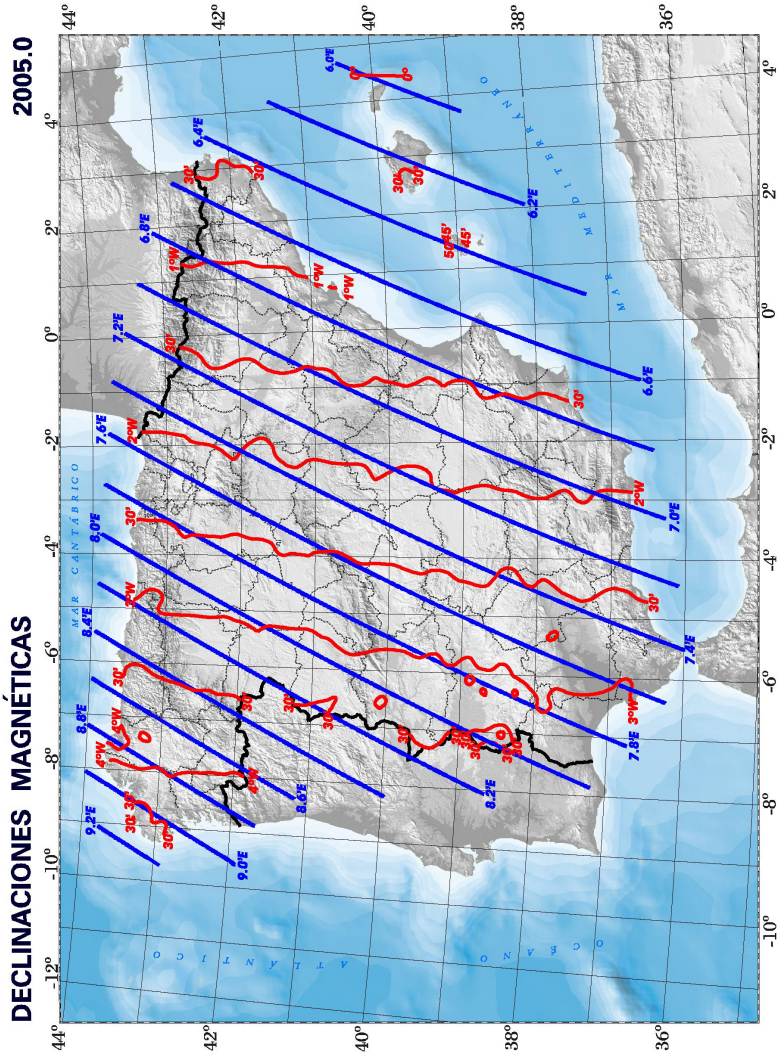
Para obtener la declinación magnética en una época distinta sumamos al valor obtenido en el mapa para el 1 de enero de 2005, el producto de la

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

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

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

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):

$$D_{2005,0} = 2^\circ 24' \text{ Oeste}$$

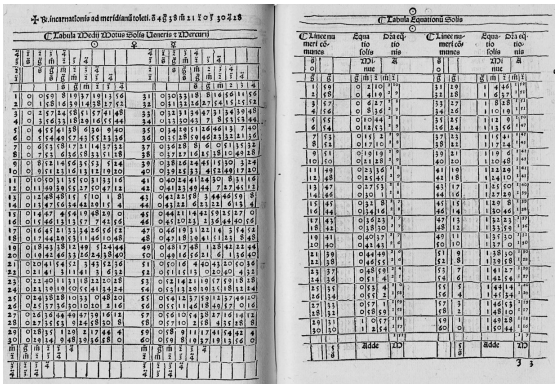
Si queremos conocer la declinación a fecha 1 de julio de 2014, en el mismo punto de Madrid, obtenemos del mapa interpolando en las isóporas (líneas azules) su variación secular (ΔD) :

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

Y el valor de la declinacion magnética será:

$$\begin{aligned} D_{2014,5} &= -2^\circ 24' + [7'{,}5\ (2014{,}5 - 2005{,}0)] \\ &= -1^\circ 12'{,}75 = 1^\circ 12' 45'' \text{ Oeste} \end{aligned}$$

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:

$$\text{T} = (\text{época origen} - 2000{,}0)/100 = (DJ_{origen} - 2\,451\,545{,}0)/36525$$
$$\text{t} = (DJ_{fecha} - DJ_{origen})/36525$$

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	71 km s^{-1}Mpc^{-1}
distancia de Hubble	c/H_o	4200 Mpc
edad del Universo	t_0	1,37 10^{10} años
edad del desacoplamiento	t_{dec}	380 000 años
densidad crítica	ρ_c	9,5 10^{-27} kg m^{-3}
densidad de bariones	Ω_b	0,044
densidad total de materia	Ω_m	0,27
constante cosmológica	Ω_Λ	0,73
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 4$^{\text{h}}$ TU del día 3 de febrero de 2014. De la tabla correspondiente al mes obtenemos los valores:

T_{-2}:	1 de febrero	$V_{-2} = 22^{\mathrm{h}}{,}88458$
T_{-1}:	2 de febrero	$V_{-1} = 23^{\mathrm{h}}{,}83233$
T_0:	3 de febrero	$V_0 = 23^{\mathrm{h}}{,}74631$
T_1:	4 de febrero	$V_1 = 24^{\mathrm{h}}{,}63453$
T_2:	5 de febrero	$V_2 = 25^{\mathrm{h}}{,}50572$

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: $p = 4^{\mathrm{h}}0^{\mathrm{m}}/24^{\mathrm{h}} = 0{,}16667$. Siguiendo los pasos anteriores, obtenemos los siguientes valores:

$$V = V_0 + \frac{p}{2}(V_1 - V_{-1}) = 23{,}89649$$

Dado que $|V_1 - 2V_0 + V_{-1}| = 0{,}02576 \geq 0{,}00003$, añadimos otro término:

$$V = 23{,}89649 + \frac{p^2}{2}(V_1 - 2V_0 + V_{-1}) = 23{,}89613$$

Dado que $|V_2 - 2V_1 + 2V_{-1} - V_{-2}|/30 = 0{,}00056 \geq 0{,}00003$, añadimos otro término:

$$V = 23{,}89613 + \frac{p(p^2-1)}{12}(V_2 - 2V_1 + 2V_{-1} - V_{-2}) = 23{,}89590$$

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:

$$V = 23^{\mathrm{h}}53^{\mathrm{m}}45^{\mathrm{s}}{,}2$$

El valor que se obtiene a partir de las efemérides del JPL es: $23^{\mathrm{h}}53^{\mathrm{m}}45^{\mathrm{s}}{,}17$, 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 3 de febrero de 2014 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:

$$p = 2\,\frac{V - V_0}{V_1 - V_{-1}} = 0{,}2815$$

instante al que le corresponde un valor calculado: $V_{calc} = 23{,}99859$. La corrección a aplicar a p es:

$$\Delta p = 2\,\frac{V - V_{calc}}{V_1 - V_{-1}} = 0{,}0016$$

Al nuevo valor $p = 0{,}2831$ le corresponde $V_{calc} = 24{,}00002$,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:

$$T = T_0 + p\,(T_1 - T_0) = 0^{\mathrm{h}} + 0{,}2831 \times 24^{\mathrm{h}} = 6^{\mathrm{h}}{,}794$$

o sea, las $6^{\mathrm{h}}47^{\mathrm{m}}{,}7$ del día 3 de febrero de 2014. El instante calculado a partir de las efemérides es: $6^{\mathrm{h}}47^{\mathrm{m}}42^{\mathrm{s}}$.

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

El coloquio de las nebulosas

por *Valentín Bujarrabal*

La expansión acelerada del universo

por *Mario Tafalla*

EL COLOQUIO DE LAS NEBULOSAS

Valentín Bujarrabal

Observatorio Astronómico Nacional
Instituto Geográfico Nacional - Ministerio de Fomento

> Berganza.– Cipión hermano, óyote hablar y sé que te hablo, y no puedo creerlo, por parecerme que el hablar nosotros pasa de los términos de la naturaleza.
> Cipión.– Así es la verdad, Berganza, y viene a ser mayor este milagro en que no solamente hablamos, sino en que hablamos con discurso, como si fuéramos capaces de razón, estando tan sin ella que la diferencia que hay del animal bruto al hombre es ser el hombre animal racional, y el bruto, irracional.
>
> *El coloquio de los perros*
> M. de Cervantes, natural de Alcalá de Henares

EL COLOQUIO DE LAS NEBULOSAS

Calabaza.– Pasé tanto tiempo en el oscuro vientre de aquella estrella gigante que casi no conservo recuerdo alguno de ello. Años, milenios, tenebrosos y que poco camino dejaban a la esperanza. ¿Habría de ser para siempre?

Rectángulo.– Años oscuros, sí, sin historia, sólo preparación de nuestro nacimiento (para algunos muy espectacular). El nacimiento de las nebulosas planetarias. Nuestro sol, ya viejo, pasó a ser una estrella gigantesca, que nos contenía inquietos y casi sin vida.

Sólo algunas briznas de la estrella escapaban, huyendo en una desbandada tenue y constante. Pero que poco alteraba la vida de quien quedaba en su interior y poco nos hacía presentir cual sería nuestro futuro.

Calabaza.– Mas pasaron aquellos tiempos y, repentinamente, salí de la estrella como una mariposa que sale de su capullo e inicia el primer vuelo. Desplegué mis alas de mil colores y volé rápida y alegre. No se ha visto nacimiento más espléndido ni recién nacida más hermosa, Venus misma me envidia.

El autor.– Así es, como lo cuentan nuestros amigos Calabaza y Rectángulo. Las estrellas, la mayoría de las estrellas, incluyendo nuestro Sol, cuando se hacen viejas evolucionan convertiéndose en gigantes rojas. Las gigantes rojas son mucho más extensas que el Sol, unas mil veces mayores, aunque no contienen más masa, pues el proceso es una expansión pura. Al mismo tiempo que aumentan de tamaño, su temperatura disminuye. Llegan a tener unos dos o tres mil grados de temperatura en su superficie, mientras que una estrella como el Sol tiene unos seis mil. Por eso son rojas, porque un cuerpo con esas temperaturas emite sobre todo luz roja; nuestro Sol, más caliente, emite una luz blanquecina, tirando a amarilla. Debido a su gran tamaño (y a pesar de su menor temperatura), estas estrellas viejas son mucho más luminosas que sus predecesoras. Otra característica importante de las gigantes rojas es que su tamaño varía, o sea que pulsan, lo que hace que su luminosidad también varíe. Su diámetro puede variar de hasta un treinta por ciento con periodos de aproximadamente un año. La vida de una estrella gigante roja (en su fase extrema) no excede un millón de años, lo que es poco comparado con las fases anteriores, pues una estrella como el Sol puede permanecer en su estado, antes de empezar a dilatarse, unos diez mil millones de años.

Otra característica importante de las estrellas gigantes rojas es que pierden masa, aunque al principio a un ritmo muy lento. Esto lleva a la formación de lo que se llama una envoltura circunestelar, un material que se escapa de la estrella y que representa sólo una pequeña parte de la masa total. La razón de esta pérdida de masa es que la estrella tiene una atracción gravitatoria relativamente pequeña en su superficie, pero su alta luminosidad hace que la presión de radiación empuje el material que está en sus bordes hacia afuera. (La atracción gravitatoria es pequeña porque la gigante es muy extensa pero no contiene más masa que una estrella normal. La presión de radiación consiste en que la luz cuando choca con un objeto lo empuja; este empuje es pequeño en nuestro mundo, pero en la superficie de una estrella de gran luminosidad no es en absoluto despreciable y acelera eficazmente una parte del material estelar.) La fuerte pulsación de la estrella también ayuda, pues es como si la *diera de sí*, manteniendo una considerable cantidad de materia alejada de la superficie y lista para ser empujada por la radiación.

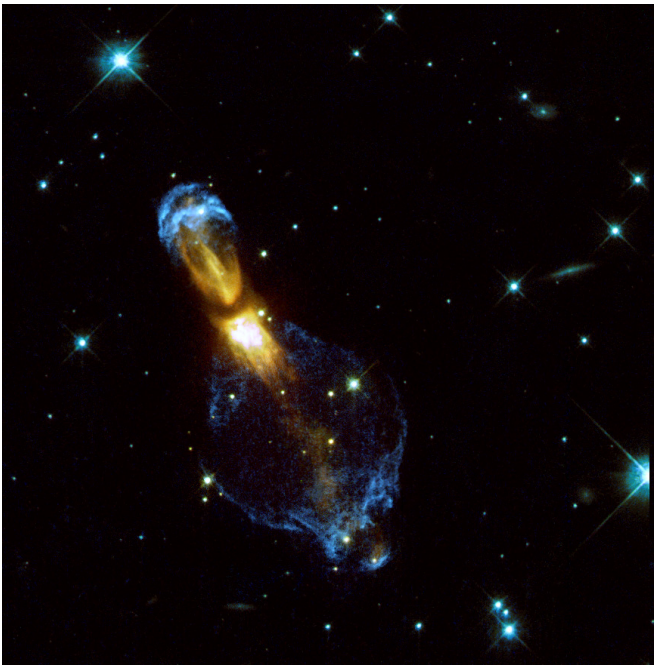


Figura 1: OH 231.8+4.2, la Calabaza, la nebulosa presumida. Esta figura es una composición de dos imágenes obtenidas con el Hubble Space Telescope (HST, cortesía de NASA/ESA/STScI). Vemos luz estelar reflejada por granos de polvo, que es la parte amarillenta; la parte azul es emisión de átomos de hidrógeno (línea Hα). Sabemos por observaciones de emisión de la molécula CO que la estructura trazada por los granos contiene casi todo el material nebular. En total la nebulosa tiene más masa que el Sol, contiene sin duda la mayor parte de la masa que originalmente estaba en la estrella, que realmente se ha convertido en nuestra Calabaza. También sabemos por observaciones espectroscópicas que la nebulosa se expande a alta velocidad, superando el millón de kilómetros por hora. La componente masiva (la amarillenta en la figura) es fría, está a unos 250° bajo cero. Pero la componente en emisión que aquí vemos azulada ha sido calentada por choques entre diversas componentes nebulares, lo que es fácil a la vista de sus grandes velocidades, y alcanza temperaturas de unos 10 000°. En la región central se encuentra la estrella, que es doble (dos estrellas orbitando), no se ve directamente porque el polvo de la densa zona nebular en el ecuador de la nebulosa la oculta.

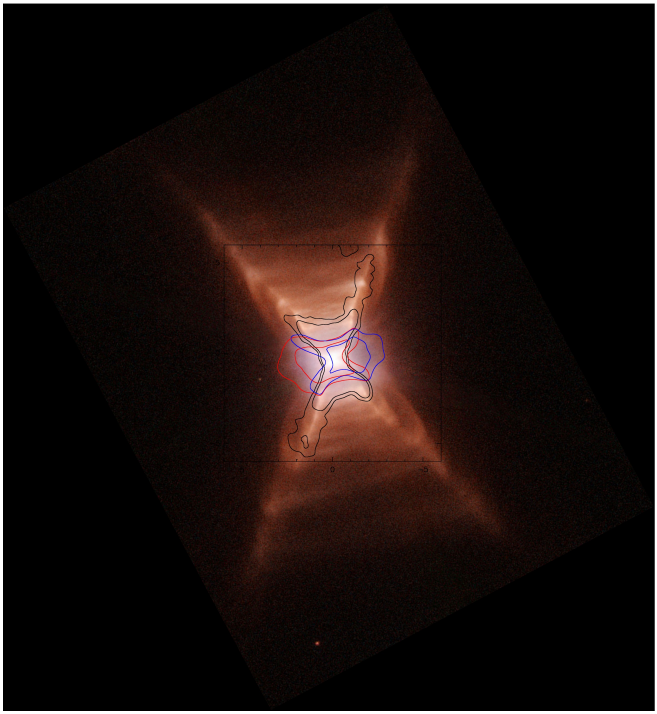


Figura 2: El Rectángulo Rojo, HD 44179, nuestra otra nebulosa. Los colores son la imagen óptica (obtenida con el HST, cortesía de NASA/ESA/STScI), que se debe principalmente a la emisión de pequeños granos de polvo excitada por la luz de la estrella central (que tampoco se ve directamente en este caso). Esta nebulosa tiene un disco gaseoso en su ecuador que está rotando, las líneas rojas y azules representan respectivamente las zonas del disco que se alejan y se acercan, medidas con gran precisión gracias a observaciones de emisión de CO con el telescopio ALMA. Las líneas grises muestran la emisión de gas que se encuentra en expansión. Éste ocupa en realidad la zona que se extiende entre el ecuador y la X que se ve en el óptico, la zona interior al doble cono (interior a la X) está casi vacía. Esta nebulosa presenta en cualquier caso velocidades mucho menores que las de la Calabaza, y su masa es mucho más pequeña que la de la estrella. El cuadrado en la imagen da la escala angular en segundos de arco, para que os hagáis una idea del pequeño tamaño angular de nuestras nebulosas; un segundo es 1/60 de un minuto, que es 1/60 de un grado.

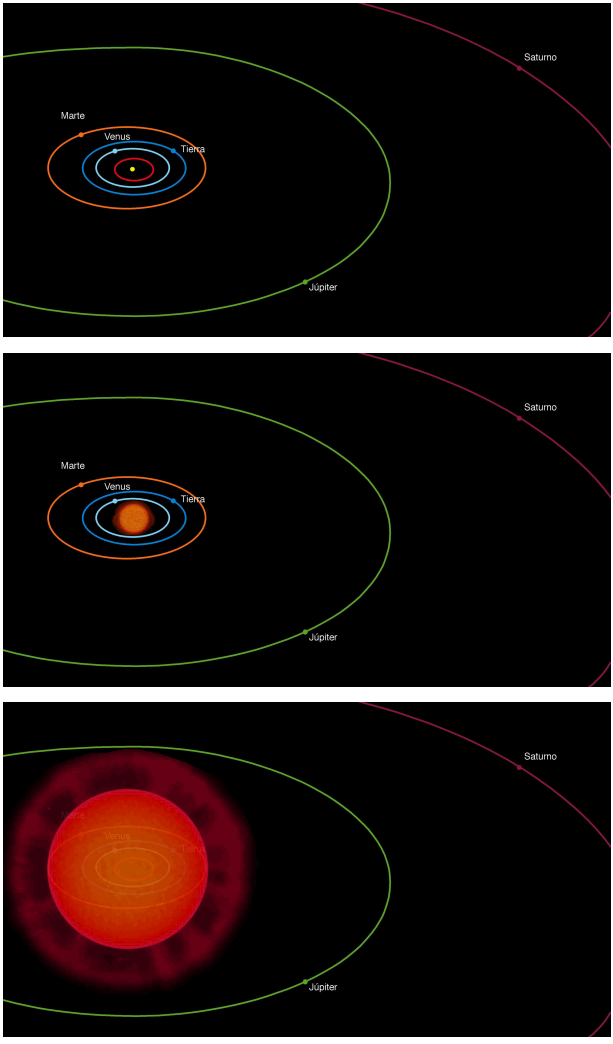


Figura 3: Se cree que cuando una estrella como el Sol envejece se extiende de forma espectacular, al tiempo que se vuelve rojiza. Llega a ser tan grande que termina engullendo algunos planetas, posiblemente éste sea el destino de la Tierra. Estas estrellas se llaman gigantes rojas, tienen un tamaño variable y límites poco nítidos.

El ritmo de pérdida de masa se acelera con el tiempo. Al final de la fase de gigante roja, este ritmo crece de manera espectacular, la estrella eyecta mucho material, casi todo el que en ella había. Posteriormente, el gas nebular es acelerado a grandes velocidades sobre todo en los polos, y forma unas nebulosas asimétricas de gran belleza. Este proceso está aún poco conocido; quizás se produzca por interacción, o sea por choques, entre las eyecciones de la gigante roja y otras ya posteriores muy rápidas y colimadas (es decir, en forma de chorro). El final del proceso es la formación de las llamadas *nebulosas planetarias*, nombre que tiene raíces puramente históricas, pues no tienen nada que ver con los planetas. Así envejecen la mayoría de las estrellas, en particular las que son similares al Sol, convirtiéndose en espectaculares nebulosas.

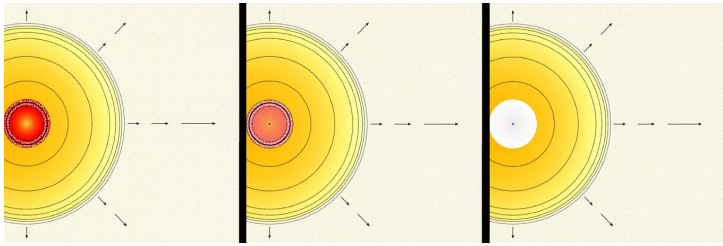


Figura 4: Las gigantes rojas pierden masa, formando las llamadas envolturas circunestelares (círculos amarillos en la figura), de gas y polvo en expansión. Al final de esta fase, el ritmo de pérdida de masa se acelera mucho, prácticamente toda la masa de la estrella se eyecta y sólo queda un remanente muy compacto y caliente, el núcleo de la gigante, que aparece en el tercer panel. A la nueva estrella se le llama estrella enana azul, pues a su alta temperatura le corresponden colores azulados.

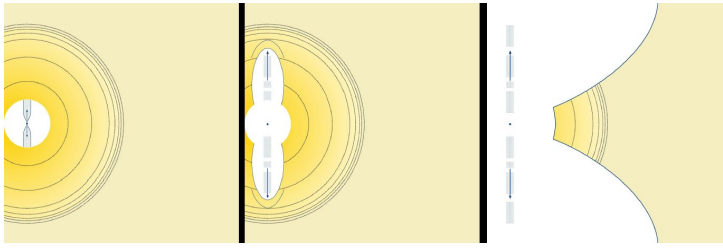


Figura 5: En la misma transición de gigante roja a enana, se produce una espectacular evolución de la envoltura. Parece ser que la nueva estrella eyecta chorros muy rápidos que chocan con la envoltura, más lenta, acelerando sus regiones polares y abriendo finalmente un hueco en ellas. Se genera así una nebulosa asimétrica, *bipolar*.

Rectángulo.– Bueno, ya sabemos que eres guapa.

Calabaza.– Si me creo bella es porque lo soy, que es lo que cuenta, y tu no seas modesto que tienes también muy buena percha.

Rectángulo.– A veces, la belleza que menos llama la atención es la más importante. Quizás en la información que se encuentra bajo un aspecto modesto nuestro autor y sus colegas puedan encontrar las claves de nuestra existencia, cuyo origen se conoce tan mal.

Calabaza.– Si, bueno, con su amigote Javier.

El autor.– Alcolea, Javier Alcolea.

Calabaza.– Y el resto, vaya pandilla, Arancha, Hans, Miguel, Carmen, ... Me los encuentro en un callejón oscuro y me dan un susto de muerte.

Rectángulo.– Pues a mí me caen simpáticos.

El autor.– La Calabaza es una nebulosa planetaria joven, que tiene por nombre de catálogo OH 231.8+4.2. No es difícil hacerla posar, podéis verla en la figura 1. Se trata de una de las nebulosas más bellas que se han observado (quizás por eso sea un poco cursi). Está formada, como las demás de su especie, de gas y polvo, sobre todo de gas. El polvo se detecta principalmente debido a la luz estelar que refleja, el gas es más bien emisor de radiación. La Calabaza, como la mayoría de las nebulosas planetarias recién formadas, presenta unas velocidades de expansión muy elevadas, particularmente en su caso, pues se expande a más de un millón de kilómetros por hora; los astrónomos preferimos medir las velocidades en kilómetros por segundo (km/s), la Calabaza alcanza velocidades superiores a los 300 km/s. El total de la masa que contiene la Calabaza es muy elevada, mayor que la masa del Sol, y en ella está sin duda la mayor parte de la masa que se encontraba en la estrella de la que nació.

Nuestro otro amigo es el Rectángulo Rojo, HD 44179, al que llamaremos simplemente Rectángulo. También es una nebulosa planetaria joven y muy bella (pero parece más modesto), os puedo enseñar una foto suya, figura 2; me han pasado fotos de otros amigos, nebulosas del mismo tipo, irán apareciendo a lo largo del artículo, leed bien los pies de las figuras. (También encontraréis en el artículo diagramas explicando los procesos evolutivos de los que hablamos.) El material que forma el Rectángulo Rojo, de nuevo gas y polvo, es sólo la centésima parte de la masa total del sistema estrella+nebulosa, es probable que la estrella aún tenga que eyectar una buena parte de sí misma. Tiene Rectángulo una característica muy interesante: en el ecuador de la nebulosa se encuentra una estructura de gas y polvo que no se expande sino que está en rotación alrededor de la estrella central. La dinámica es similar a la que tienen los planetas de nuestro sistema solar, es debida a que la atracción gravitatoria de la estrella impide que escapen. Todo esto se encuentra rodeado por gas en expansión que parece alimentarse del disco rotante, por lo que es probable que la mayor parte del mismo termine escapándose a pesar de todo. En este caso, el material

se mueve a velocidades mucho menores que las que antes mencionamos, menores que 15 km/s.

La Calabaza y el Rectángulo Rojo son nebulosas que nacieron hace poco de la eyección de masa por una estrella gigante roja y se convertirán con toda probabilidad en nebulosas planetarias plenamente desarrolladas. Pero sus características son tan diferentes, que hacen pensar que realmente esta formación no se produce siempre siguiendo el mismo proceso. Ya se sabe que los opuestos a veces se atraen y parece que hacen buenas migas, quiero decir que quizás estudiando coordinadamente objetos tan diferentes podamos encontrar respuestas a los enigmas que plantea la muerte de las estrellas.



Figura 6: NGC 6886. En esta nebulosa planetaria vemos cómo se rompe la simetría esférica de la envoltura que rodeaba a la estrella gigante roja (según se muestra en el diagrama anterior). (Cortesía de NASA/ESA/STScI.)

Rectángulo.– Si una parte de mí hubiera caído, en espiral vertiginosa, de nuevo hacia la estrella.

Calabaza.– Volver allí, ¿qué dices?, nunca.

Rectángulo.– Como la semilla se sacrifica para que en primavera nazca un espléndido y generoso campo de mies. Quizás sólo la caída de una parte de mí haya podido servir para surgir el todo con más brío, para escapar con más energía a la realización plena. Quizás así sea nuestro nacimiento y la muerte de la estrella gigante.

Calabaza.– Y si es así, ¿tengo yo también algo, o lo he tenido, que con su caída haya potenciado mi resplandor? ¿Lo tenemos todas nosotras?

El autor.– Su intuición no les engaña. De las teorías que se han propuesto para explicar estos fenómenos, la que más aceptación tiene consiste en suponer que hay una parte del material eyectado que permanece girando alrededor de la estrella, sin alejarse nunca demasiado. Ya he mencionado que sabemos que esto ocurre al menos en el Rectángulo Rojo, pues lo hemos observado. Una parte de éste material, volvería a caer sobre la estrella, adquiriendo según se acerca una velocidad cada vez mayor. La enorme energía cinética que llega a tener al acercarse a la estrella puede servir para empujar hacia afuera una porción de ese mismo gas, creándose dos chorros muy rápidos en sentidos opuestos (lo que llamamos una eyección bipolar). Estos chorros rápidos alcanzan pronto la envoltura expulsada previamente, chocan fuertemente con ella y aceleran sus regiones polares (figura 5). Se produce al mismo tiempo un calentamiento de algunas de estas componentes, que se convierten en emisoras de luz (como la parte de la Calabaza que vemos en azul en la figura 1). Al final, literalmente se abren agujeros en estas zonas polares.



Figura 7: En NGC 6302 la ruptura de la simetría es ya más amplia. (Cortesía de NASA/ESA/STScI.)

Para que el proceso funcione parece necesario que la estrella sea binaria, es decir que haya en realidad dos estrellas muy próximas en el centro de la nebulosa, rotando alrededor de su centro de gravedad. El disco puede así adquirir un movimiento de rotación por interacción con el sistema estelar; de otra manera, el material previamente expulsado por la estrella prácticamente no giraría nada (decimos nosotros que tendría un momento angular despreciable). También es necesario que exista un campo magnético bipolar (o sea con dos polos), aunque no sea muy intenso, lo que permite convertir el movimiento del material que cae en movimiento de una parte de éste hacia afuera y en forma de chorro. Este mecanismo se sabe que es eficaz, pero es poco intuitivo y no sería fácil de explicar aquí.

Sabemos que precisamente las estrellas centrales de nuestras dos nebulosas son dobles, aunque no en todas las nebulosas planetarias las hemos visto. En el caso del Rectángulo Rojo hemos detectado bien el disco en rotación. Hay indicios de que la Calabaza también lo tiene, pero es de tamaño muy reducido y su detección no es fácil. Por otro lado, podría ser que el proceso funcionase incluso si una de las estrellas es muy pequeña, o quizás sea suficiente si tenemos una estrella acompañada de un planeta grande. En este sentido las predicciones teóricas no son concluyentes.

También es posible que en algunos casos se produzca una interacción muy intensa entre ambas estrellas, debido a que la gigante engulle literalmente su compañera (como hará el Sol con algunos de los planetas, figura 3), es lo que nosotros llamamos la fase evolutiva en *common envelope*. Esto incrementaría tremendamente la pérdida de material por parte de la gigante y alteraría también la dinámica de la eyección, que se volvería asimétrica y más rápida en la dirección de los polos. La eyección múltiple implica también choques entre capas de material eyectadas antes y después. Se espera que, tras todo este proceso, la estrella principal se haya convertido en una enana muy pequeña (el núcleo de la gigante, como hemos citado ya) y, curiosamente, que la segunda estrella aparezca de nuevo, visible para nuestros telescopios y girando, como antes, como si nada hubiera pasado.

Calabaza.– Verdad es que poco se sabe con certeza de como nacemos las nebulosas. ¿Por qué una estrella, al final de su vida, lanza al exterior tan gran cantidad de material? ¿Y por qué lo hace de esta forma, que los astrónomos llaman bipolar?, que parece sólo destinada a darnos más hermosura ...

El autor.– Qué presumida.

Calabaza.– Y para que todo el mundo nos ame, por lo menos a mí.

Rectángulo.– Qué cruz.



Figura 8: NGC 6543, el Ojo de Gato, es una espectacular nebulosa planetaria, más evolucionada que las anteriores. Su estrella central ya es una enana blanca (antes fue una enana azul) y también sabemos que tiene una compañera. Se ve aún el resto de la envoltura esférica, pero también vemos como los choques avanzan rompiendo la simetría. Notemos que el eje en que se producen parece haber ido cambiando con el tiempo. En las imágenes más antiguas de esta nebulosa, sólo la región central más asimétrica se apreciaba, de ahí su nombre. El halo esférico sólo se ha visto recientemente, gracias a instrumentos más sensibles. Ojo de Gato es muy bella, pero más vieja que Calabaza. (Cortesía de NASA/ESA/STScI.)

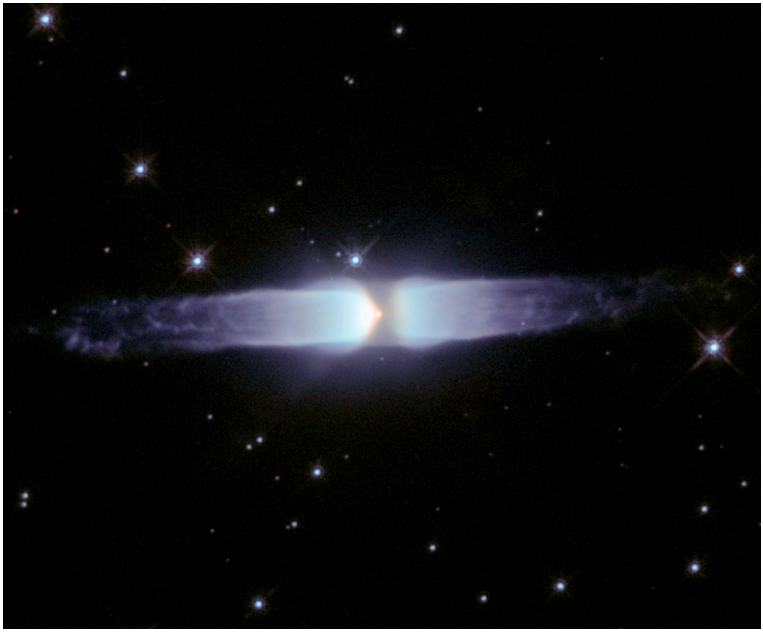


Figura 9: Otra bonita nebulosa joven es Hen 401, en ella los choques se han extendido rápidamente y la afectan por entero. (Cortesía de NASA/ESA/STScI.)

El autor.– Añado yo: ¿por qué algunas estrellas que ya han dejado la fase de gigante roja parecen perezosas a la hora de continuar su evolución, mientras otras lo hacen de forma explosiva?, serían los casos de nuestros dos amigos. Quizás sea debido a una interacción de diferente naturaleza entre las dos estrellas entre sí y con la materia circundante, que sería mucho más intensa en el caso de Calabaza. Quizás los dos procesos que hemos citado antes, la eyección suave y continua de material para formar un disco en rotación y la interacción entre estrellas muy violenta, que aparece en cierto momento y altera fuertemente el proceso de eyección de gas y polvo, sean los responsables de estos casos que vemos tan diferentes. Pero de esto aún no podemos dar una explicación con certeza. De todos modos, ambos tipos de objetos parecen evolucionar hacia la formación de una nebulosa en expansión, la nebulosa planetaria, alrededor de un resto estelar, una estrella enana que fue el núcleo de las estrella gigante. Incluso en objetos que tienen una componente en rotación importante, como el Rectángulo Rojo, el material del disco se está escapando y pronto sólo veremos material nebular en expansión.

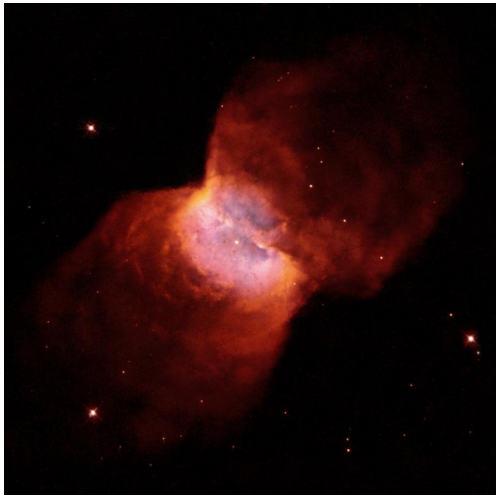


Figura 10: En NGC 2346, una nebulosa planetaria ya evolucionada, las zonas polares se han roto y las ecuatoriales son las más intensas. (Cortesía de NASA/ESA/STScI.)

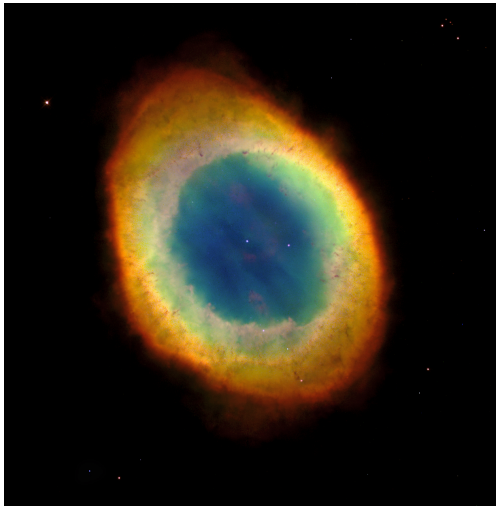


Figura 11: Al final tendremos algo como NGC 6720, el Anillo, del que sólo la zona ecuatorial es visible. En éstas dos nebulosas, como en la mayoría, el material que vemos no rota sino que se expande. (Cortesía de NASA/ESA/STScI.)

Calabaza.– Pronto no quedará atrás sino el mismo núcleo de la gigante, una minúscula estrella muy caliente, capaz, eso sí, de iluminarnos y darnos así, si cabe, aún más gloria.

Rectángulo.– Pero para mí la cosa es más lenta. Aún la estrella que dejé está lejos de hacerse tan pequeña y caliente. Pasan los cientos de años y todo va despacio.

El autor.– En casos como el de la Calabaza la estrella eyecta casi toda su masa en sólo unos cientos años. Como he mencionado ya, este material se acelera pronto a gran velocidad, de forma asimétrica. Y la estrella central se precipita en su evolución: en menos de mil años será lo que llamamos una estrella enana azul y poco después una enana blanca, una estrella muy pequeña (ahora, más pequeña que la estrella de partida, pues es sólo el núcleo de la gigante), pero muy caliente (más de nuevo que el Sol, con hasta 100 000°). Se ve azulada porque éste es el color de la materia así de caliente, luego se irá enfriando y se volverá más bien blanca. La radiación de esta estrella será capaz de excitar la nebulosa (ionizar, decimos nosotros en este caso, separando electrones de los átomos), dándole aún mayor resplandor y convirtiéndola en una nebulosa planetaria desarrollada.

También he mencionado que para otras nebulosas, las que presentan discos en rotación como nuestro Rectángulo, todo va más despacio. Creemos que las estrellas también se convertirán en enanas, pero la evolución parece mucho más lenta. Donde antes eran cientos de años, ahora son miles. Quizas sea tan lenta que, cuando la estrella central vuelva a ser caliente, el pobre Rectángulo ya se habrá expandido tanto, se habrá hecho tan difuso, que difícilmente pueda adornarse con la radiación de la nueva estrella.

Calabaza.– Todo llegará. Seguro que también verás, aunque sea desde lejos, la estrella excitante.

Rectángulo.– El tiempo tiene que seguir su camino. Al final, de todas las maneras, sólo habrá un rescoldo de estrella en nuestro centro. Quizás nos dé vida un tiempo, pero también ella se irá apagando.

El autor.– La fase de enana blanca es justo la fase final de la vida de la mayoría de las estrellas. A partir de ese momento, la estrella irá perdiendo energía lentamente hasta morir como un astro inerte, pequeño y frío.

La nebulosa irá, por su parte, diluyéndose, confundiéndose con el medio interestelar. Empezará a hacerse indetectable unos veinte mil años tras su nacimiento. Será a partir de estas nubes interestelares, alimentadas por los restos de estrellas anteriores, que se formarán nuevas estrellas después, como se formaron a su vez, hace mucho, las estrellas de las que surgieron las nebulosas planetarias actuales. Nacerán nuevos astros de nuestras bellas nebulosas, nacerán estrellas con planetas a su alrededor y posiblemente con vida en ellos.

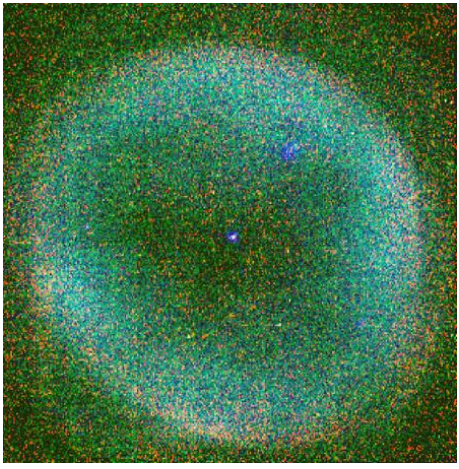


Figura 12: IC 1454 es una nebulosa planetaria muy evolucionada, muy vieja. Se ha extendido mucho debido a su dinámica expansiva y al tiempo transcurrido, su imagen es ya muy difusa. (Cortesía de NASA/ESA/STScI.)

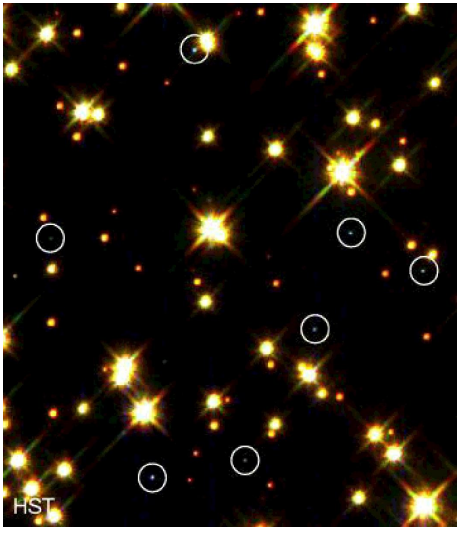


Figura 13: Imagen del cúmulo de estrellas M 4. Los círculos señalan estrellas enanas blancas muy viejas y débiles, ya no se ve rastro a su alrededor de la nebulosa. (Cortesía de NASA/ESA/STScI.)

Nuestro Sol, nuestra Tierra y nosotros mismos nos hemos formado de átomos que en su día formaban parte de nebulosas como éstas que ahora dialogan ante nosotros. Y al final, dentro de unos miles de millones de años, nuestro Sol, nuestra Tierra y nosotros mismos (o, mejor dicho, lo que quede de nuestros huesos) serán de nuevo eyectados por una gigante roja para formar parte de una calabaza o un rectángulo.

Rectángulo.– Y nosotros iremos diluyéndonos poco a poco, decayendo. Cada vez más difusos, menos conscientes de nuestro ser y nuestro pasado y ya despreocupados de nuestro destino. Hasta confundirnos en un todo inmenso y sin forma.

Calabaza.– ¡Habló la alegría de la huerta! No pienses en eso, mientras tanto somos lo más bello del Universo, y si luego hemos de servir para que vuelva a surgir la vida de nuestras carnes, tanto mejor. Soy joven y me sobra energía. Y tú, no nos engañemos, con esa cinturita y esos anchos hombros, tienes un aspecto tan varonil ...

Rectángulo.– Tú si que estás bien. Y si soy tan varonil y todo eso, digo yo que algo podríamos hacer, ¿no?

Calabaza.– (Fíate de la mosquita muerta.) Si tanto insistes.

Rectángulo.– (Tampoco ha hecho falta insistir mucho.) Se me ha ocurrido una ideíta ...

El autor.– Me parece que éste es el momento de dejarlos, y más que este artículo es de horario infantil. Quedan muchas preguntas por responder sobre este tema, y no se van a responder en un futuro próximo. O a lo mejor sí, precisamente estamos viendo que los nuevos instrumentos, como el potentísimo radiointerferómetro ALMA, están ahora mismo produciendo importantes avances en este campo. Uno de los primeros resultados de ALMA, obtenido hace sólo unos meses por nuestro grupo, se puede ver en la figura 2, la imagen del Rectángulo Rojo. Vemos en particular que algunos objetos, como éste, presentan los ingredientes necesarios para explicar la eyección de chorros que pueden crear nebulosas planetarias tal como las conocemos. Pero, precisamente en las nebulosas que presentan una evolución más rápida y profunda, como la Calabaza, estos elementos son menos evidentes. Estas nebulosas son fuertemente asimétricas, y tienen los movimientos más rápidos y las estructuras más espectaculares. ¿Estaremos ante una interacción muy violenta entre estrellas compañeras que no deja rastro en forma de disco rotante? ¿Y qué pasa si las estrellas no son dobles?, quizás sea suficiente la presencia de un planeta o quizás tendremos que admitir que estrellas solitarias (como nuestro Sol) siguen una senda evolutiva muy diferente que la que aquí hemos descrito.

No sabemos bien cómo han surgido, pero el caso es que estas nebulosas me caen simpáticas (como nosotros a ellas), hasta les toma uno cariño.



Figura 14: Gas y polvo interestelar en la nebulosa de Carina. De este material, que una vez fue expulsado por estrellas viejas, se están formando nuevos astros. Los filamentos que vemos en la imagen (por ejemplo, arriba, en el centro) señalan dónde se forman estrellas jóvenes, pues éstas, curiosamente, suelen lanzar chorros parecidos a los que vimos en las estrellas viejas y las nebulosas planetarias. (Cortesía de NASA/ESA/STScI.)

Agradecimientos

En este artículo he utilizado imágenes obtenidas con el Hubble Space Telescope (HST, ver http://outreachoffice.stsci.edu/). La imagen de la emisión de CO la obtuvimos recientemente con el interferómetro ALMA (http://www.almaobservatory.org/). Las figuras 3, 4 y 5 las compuso Florencio Martín, del OAN, sede de Alcalá de Henares, a quien estoy particularmente agradecido. En las referencias se citan algunos artículos científicos que detallan los estudios que he resumido tan drásticamente; como referencias generales recomiendo el libro de S. Pottasch, el artículo de B. Balick y A. Frank y, en español y en tono más divulgativo, los que respectivamente escribimos para este Anuario R. Bachiller y yo hace unos años.

Referencias

S.R. Pottasch, 1984, ″Planetary Nebulae″, Dordrecht, D. Reidel Publ. Co. (Para saber más sobre nebulosas planetarias y evolución estelar tardía.)

B. Balick, A. Frank, 2002, ARA&A, 40, 439. (Para saber más en detalle de la formación de nebulosas planetarias.)

R. Bachiller, ″Nebulosas planetarias. Una mirada nueva sobre unos objetos viejos″, Anuario del Observatorio Astronómico 2000, pag. 307. (Referencia general en español sobre nebulosas planetarias.)

V. Bujarrabal, ″Evolución estelar tardía y nacimiento de las nebulosas planetarias″, Anuario del Observatorio Astronómico 2000, pag. 293. (Referencia general en español sobre las gigantes rojas y el nacimiento de las nebulosas planetarias.)

V. Bujarrabal, J. Alcolea, C. Sánchez Contreras, R. Sahai, 2002, A&A, 389, 271. (Para saber más sobre las imágenes de la Calabaza.)

J. Alcolea, V. Bujarrabal, C. Sánchez Contreras, R. Neri, J. Zweigle, 2001, A&A, 373, 932. (Para saber más sobre la emisión de CO en la Calabaza.)

M. Cohen, H. Van Winckel, H.E. Bond, T.R. Gull, 2004, AJ, 127, 2362. (Para saber más sobre las imágenes HST del Rectángulo Rojo.)

V. Bujarrabal, C. Castro-Carrizo, J. Alcolea, et al., 2013, A&A, en prensa, ver astroph: http://arxiv.org/abs/1307.5959. (Para saber más sobre las emisión de CO en el Rectángulo Rojo y las imágenes de ALMA.)

V. Bujarrabal, C. Castro-Carrizo, J. Alcolea, C. Sánchez Contreras, 2001, A&A 377, 868. (Para saber más sobre la dinámica de las nebulosas planetarias jóvenes.)

A. Frank, E.G. Blackman, 2004, ApJ, 614, 737. (Para saber más sobre el mecanismo de eyección de chorros de alta velocidad en nebulosas planetarias jóvenes.)

Los artículos de divulgación aparecidos en el ANUARIO entre los años 1994 y 2013 pueden encontrarse en enlaces a los que se accede desde la página web:

http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Astronomia/publico/

LA EXPANSIÓN ACELERADA DEL UNIVERSO

Mario Tafalla

Observatorio Astronómico Nacional
Instituto Geográfico Nacional - Ministerio de Fomento

Abstract

The 2011 Nobel prize in physics recognized the discovery of the accelerating expansion of the Universe. Here we review at an introductory level how this discovery was possible, and follow the study of the Hubble diagram from the 1920s to the latest supernova results.

Introducción

"Por el descubrimiento de la expansión acelerada del universo a partir de observaciones de supernovas lejanas"[1]. Con estas palabras, la Real Academia Sueca de Ciencias anunciaba la concesión del premio Nobel de física de 2011 a tres astrónomos de origen estadounidense: Saul Perlmutter (medio premio), Brian P. Schmidt y Adam G. Riess (conjuntamente el otro medio). Los tres astrónomos, junto con numerosos colaboradores en universidades y centros de investigación de América, Europa y Australia, son responsables de uno de los descubrimientos más revolucionarios de las últimas décadas: la expansión acelerada del universo.

La idea de que el universo se está expandiendo no es nueva. Fue establecida observacionalmente durante los años veinte del siglo pasado con el descubrimiento de una correlación entre el desplazamiento al rojo de la luz de las galaxias lejanas y la distancia a que éstas se encuentran.

[1] http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2011/

Esta correlación indica que las galaxias del universo se separan de nosotros sistemáticamente siguiendo un patrón simple: cuanto más lejana es una galaxia, mayor es su velocidad de separación. Como resultado, el cociente entre la velocidad de alejamiento y la distancia de una galaxia es aproximadamente el mismo para todas las galaxias del universo. El valor de esta constante constituye un parámetro fundamental del universo, y determinar con precisión su valor fue uno de los objetivos principales de la cosmología observacional del siglo XX. El trabajo de los grupos de Perlmutter por un lado y de Schmidt y Riess por otro, representa la culminación de esta línea de trabajo, con la particularidad del uso de observaciones de supernovas para extender la medida de distancias a los valores más altos, y por tanto, a los tiempos más remotos.

El resultado de Perlmutter, Schmidt, Riess y colaboradores no pudo ser más sorprendente. En vez de observar que la expansión del universo se ha ido decelerando con el tiempo, como era esperado por el efecto gradual de la atracción gravitacional entre los distintos elementos materiales del universo, estos investigadores observaron una débil pero significativa tendencia a la aceleración (Riess et al. 1998, Perlmutter et al. 1999). Este sorprendente resultado ha sido confirmado y refinado por numerosos investigadores que han participado en un sistemático esfuerzo observacional durante la última década y media. La concesión del premio Nobel a los principales responsables del descubrimiento muestra la confianza de la comunidad científica en un resultado observacional revolucionario y todavía misterioso. Los datos nos indican que el universo está acelerando su expansión. La naturaleza del agente causante de esa aceleración, que es tan poderoso como para dominar la evolución del universo, constituye uno de los misterios más fascinantes de la física del siglo XXI.

La escalera de distancias cósmicas

Desde un punto de vista observacional, la evidencia de que el universo se está expandiendo viene de la existencia de una relación de proporcionalidad entre la velocidad a la que las galaxias se alejan de nosotros y la distancia a la que se encuentran. Medir esta relación requiere determinar con precision dos parametros físicos muy distintos, la velocidad y la distancia de una galaxia.

Medir con precisión la velocidad a la que las galaxias se alejan de nosotros es relativamente sencillo. La luz que éstas emiten cambia ligeramente de frecuencia dependiendo de su movimiento respecto a nosotros. Este cambio es a veces atribuido al llamado “efecto Doppler”, bien conocido en el laboratorio y denominado así en honor al físico austríaco Christian Doppler (1803-1853). En realidad, el cambio en

frecuencia de la luz de las galaxias lejanas es un efecto relativista asociado a la expansión del espacio que nos separa de ellas. En una sección posterior discutiremos este efecto con más detalle. Por ahora, lo importante es que el efecto es medible con gran precisión comparando la frecuencia a la que se observan ciertas líneas espectrales de elementos químicos presentes en las galaxias con la frecuencia de las mismas líneas medida en el laboratorio. Típicamente, esta es una medida en la que se pueden alcanzar precisiones de varias cifras significativas, salvo en los objetos más lejanos, cuya luz está al límite del nivel de detección de la generación actual de telescopios.

Medir la distancia a la que están las galaxias es mucho más complejo. Requiere un metodo indirecto, basado en una cadena de suposiciones y correcciones, cada una de ellas sujeta a distinto grado de incertidumbre. Los astrónomos denominan este método la "escalera de distancias cósmicas", pues se asemeja a una secuencia de escalones de altura creciente. Los escalones más bajos son las determinaciones de distancias a objetos cercanos, que pueden hacerse con métodos geométricos de gran precisión, como la paralaje. Estos métodos, solo pueden aplicarse a objetos dentro de nuestra galaxia, y por tanto no sirven para hacer medidas cosmológicas. Usándolos, sin embargo, es posible medir distancias a tipos especiales de estrellas, cuyo brillo intrínseco puede ser así calibrado y usado posteriormente como una "candela estándar" para medir distancias mayores.

Entre las diferentes candelas estándar, destacan las estrellas variables tipo RR Lyrae, y sobre todo, las variables cefeidas, que son fáciles de identificar por sus cambios regulares de brillo a lo largo de días o semanas. Las variables cefeidas son estrellas supergigantes, y su gran brillo las hace observables a distancias extragalácticas, por lo que tradicionalmente han sido usadas para estudiar la expansión del universo. El uso de cefeidas como indicadores de distancia está basado en la existencia de una relacion casi universal entre su periodo, luminosidad y color (PLC). Esta relación, inicialmente sólo entre el periodo y la luminosidad, fue descubierta por la astrónoma estadounidense Henrietta Swan Leavitt (1868-1921) (Leavitt 1908), y permite usar dos medidas observacionales de una estrella (periodo y color) para determinar su luminosidad intrínseca. Conocida la luminosidad intrínseca de la estrella, es posible inferir su distancia dado el brillo aparente con que se observa.

A pesar de su simplicidad, la medida de distancias usando cefeidas no está exenta de dificultades. Por una parte, es necesario primero calibrar la relacion PLC, y esto requiere disponer de un numero elevado de cefeidas de distancia bien determinada. Al ser las cefeidas estrellas supergigantes, son relativamente raras, y el numero de ellas a distancias suficientemente pequeñas como para poder aplicar técnicas geométricas de paralaje es muy limitado. Además, las cefeidas son estrellas relativamente jóvenes (unos cien millones de años), y por tanto suelen estar todavía rodeadas

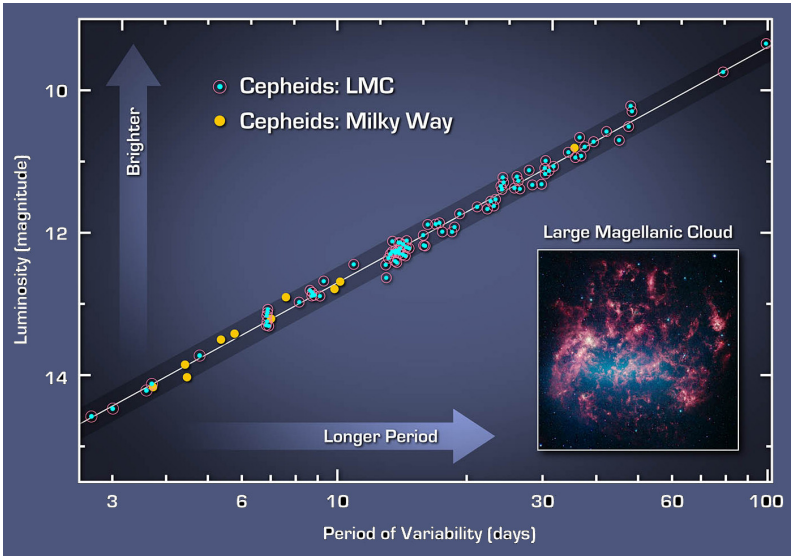


Figura 1: Relación periodo-luminosidad de las variables cefeidas. El eje horizontal indica el periodo en días y el vertical la luminosidad en magnitudes. La figura representa tanto cefeidas en la Vía Láctea ("Milky Way") como en la Gran Nebulosa de Magallanes (LMC). Midiendo el periodo de una cefeida y usando esta relación es posible determinar su luminosidad absoluta. Comparando ésta con el brillo observado es posible determinar la distancia. Imagen cortesía NASA, JPL-Caltech y W. Freedman.

de gas y polvo que absorbe su luz y las hace parecer más débiles y rojas. Este efecto necesita ser corregido si la relación PLC quiere aplicarse correctamente. Finalmente, diferencias en la metalicidad de las cefeidas de distintas galaxias pueden introducir desviaciones sistemáticas en la relación PLC (ver Freedman & Madore 2010 para una discusión detallada).

Un método alternativo, más simple pero de menos precisón, es el uso de las estrellas más brillantes de una galaxia. La idea detrás de este método es que aunque las estrellas de una galaxia presentan un rango muy amplio de luminosidades, el escoger la estrella más brillante, o el grupo de cierto número N de estrellas más brillantes, selecciona una población similar en todas las galaxias. Estas estrellas pueden por tanto usarse como candelas estándar. Algunas de las primeras determinaciones de distancias hechas para inferir la expansión del universo usaban este método, que desgraciadamente es muy sensible a errores sistemáticos. Una versión más precisa usa un criterio de color para seleccionar sólo estrellas en la rama de las gigantes rojas.

A distancias mayores de unos 20 Mpc (20 megaparsecs, o unos 65 millones de años luz[2]), no es posible usar el método de las cefeidas o de la estrella más brillante debido a la dificultad de resolver estrellas individuales y eliminar la contribución a su luminosidad de estrellas vecinas. Por ello, la escalera de distancias cósmicas requiere un peldaño adicional. Este peldaño lo proporcionan ciertas relaciones empíricas, como la de Tully-Fisher, que liga la luminosidad total de una galaxia espiral con la velocidad de rotación de sus estrellas, o la relación de Faber-Jackson, que relaciona de forma análoga la luminosidad total de una galaxia elíptica con la velocidad de dispersión de sus estrellas. Con estas relaciones, es posible de nuevo estimar distancias comparando el brillo observado de una galaxia con la estimación del brillo intrínseco basada en una medida de la cinemática de sus estrellas. De esta manera, es posible estimar distancias de galaxias hasta unos 100 Mpc (unos 325 millones de años luz).

El peldaño final de la escalera de distancias cósmicas lo aporta la observación de supernovas, en especial las de tipo Ia. El desarrollo de este método es lo que permitió a los grupos de Perlmutter, Schmidt y Riess extender el estudio de la expansión del universo hasta distancias en las que la aceleración es detectable. Dado su interés en el proceso del descubrimiento de la expansión acelerada del universo, estudiaremos este método con más detalle en una sección posterior.

¿Quién descubrió la expansión del universo?

Frecuentemente se atribuye al astrónomo estadounidense Edwin Hubble (1889-1953) el descubrimiento de la expansión del universo, dada la importancia y calidad de sus estudios de la relación velocidad-distancia de galaxias. Por ello, la relación de proporcionalidad entre la velocidad y la distancia de las galaxias se denomina comúnmente "ley de Hubble", y el valor de la constante que las relaciona "constante de Hubble". Sin embargo, la historia del descubrimiento de la expansión del universo es más compleja que la aportación genial de un individuo, ya que fueron varios los astrónomos que contribuyeron tanto o más que Hubble a lo que sin duda es uno de los resultados más importantes de la ciencia contemporánea. Por ello, recientemente han surgido voces que intentan recuperar la memoria de los distintos autores de esas contribuciones, y que pretenden distribuir el crédito por este descubrimiento de una forma más equitativa (Nussbaumer et al. 2009).

[2]La unidad de distancia en astronomía es el parsec (abreviado pc), que equivale a 3,26 años luz o unos $3{,}1\ 10^{18}$ cm, y corresponde aproximadamente a la distancia a las estrellas más cercanas. Las distancias entre galaxias se suelen medir en megaparsecs (Mpc), es decir, millones de parsecs.

Uno de los astrónomos que con sus medidas contribuyó de manera fundamental al descubrimiento de la expansión del universo fue el estadounidense Vesto M. Slipher (1875-1969), del Observatorio Lowell en Arizona. Vesto Slipher fue pionero en observaciones espectroscópicas de "nebulosas espirales", que ahora sabemos corresponden a galaxias como la Vía Láctea, pero cuya naturaleza era todavía discutida en 1920 (año del famoso debate Curtis-Shapley). A finales de 1912, Slipher realizó la primera medida de la velocidad radial de una nebulosa espiral, la de Andrómeda, la más cercana de las galaxias parecidas a la Vía Láctea, que se encuentra a unos 0,8 Mpc. De esta medida, Slipher concluyó que esta nebulosa se está acercando a nosotros con una velocidad de 300 km/s, valor que está de acuerdo con estimaciones modernas. Durante los siguientes años, Slipher midió un buen número de velocidades radiales de nebulosas espirales, y en 1917 presentó una compilación de sus resultados (Slipher 1917). De un total de 25 nebulosas, Slipher encontró que 21 se alejan de nosotros, mientras que tan sólo 4 (una de ellas Andrómeda) se nos acerca. Esta preponderancia de velocidades de recesión (velocidades positivas en notación astronómica) era notable. Desgraciadamente, sin una idea clara de la naturaleza de las nebulosas, debido al desconocimiento de su distancia, la interpretación de esta tendencia observacional no resultaba todavía posible.

A la vez que Slipher realizaba sus observaciones espectroscópicas de nebulosas espirales en Norteamérica, el físico alemán Albert Einstein (1879-1955) desarrollaba su teoría de la Relatividad General en Europa. Esta teoría resulta de aplicar los conceptos relativistas desarrollados por el propio Einstein en su teoría de la Relatividad Especial (Einstein 1905) a la fuerza de la gravedad, hasta entonces interpretada con la teoría de Newton. La nueva teoría de Einstein (Einstein 1916) describe la atracción mutua entre los objetos del universo como el resultado de la curvatura del espacio-tiempo, que es producida por la mera presencia de estos objetos. El espacio y el tiempo para Einstein, son por tanto elementos susceptibles de ser alterados por el contenido material y energético, pues materia y energía son equivalentes.

En una de sus primeras aplicaciones de la teoría de la Relatividad General, Einstein considera las implicaciones cosmológicas de sus nuevas ecuaciones (Einstein 1917). Al hacerlo, se encuentra con el problema de que la única fuerza a gran escala en estas ecuaciones es la fuerza de la gravedad, y sólo con esta fuerza atractiva es imposible conseguir una solución de universo estática, que es el tipo de solución que se consideraba natural en 1917. Por ello, Einstein modifica sus ecuaciones, e introduce un nuevo término en ellas, la denominada *constante cosmológica*. Este nuevo término no tiene analogía en la mecánica newtoniana, pues representa una fuerza a gran escala que se opone a la gravedad. Sin embargo, el término está presente en la forma más general de las ecuaciones. Además, permite la solución estática que Einstein buscaba.



Figura 2: Algunos de los principales protagonistas del estudio de la expansión del universo. Fila superior: Vesto M. Slipher, Albert Einstein y Georges Lemaître. Fila del medio: Edwin Hubble, Allan R. Sandage y Gérard de Vaucouleurs. Fila inferior: Saul Perlmutter, Brian P. Schmidt y Adam G. Riess. Fotos cortesía Wikimedia y Fundación Nobel (U. Montan).

Como se descubrió pocos años después, la solución estática de Einstein presenta varios problemas. Uno de ellos es que es inestable (Eddington 1930). Por ejemplo, si se produce una ligera expansión en cierto punto del universo, esta expansión disminuirá la densidad de materia, y esto a su vez disminuirá la contribución de la gravedad frente a la constante cosmológica. Como resultado, la expansión inicial aumentará, y la densidad de materia del punto disminuira aún más, amplificando un ciclo que acabará por desbocarse. Lo mismo sucedería con una pequeña contracción. Por otra parte, las observaciones iniciadas por Slipher y continuadas por Hubble y otros harán inevitable la conclusión de que el universo se está expandiendo. Con ello desaparece la motivación inicial de introducir la constante cosmológica en las ecuaciones de la Relatividad General.

Uno podría pensar que la inconsistencia de la solución estática de Einstein y el descubrimiento de la expansión del universo marcan el fin de la constante cosmológica. Como veremos, la historia es más compleja. Desde un punto de vista lógico, la constante cosmológica es parte natural de las ecuaciones de la Relatividad General, y sólo una medida observacional de alta precisón podría demostrar que su valor es nulo. Por otra parte, el descubrimiento de que la expansión del universo se está acelerando ha renovado el interés en la constante cosmológica. La aceleración del universo requiere la presencia de una fuerza adicional de expansión, y la constante cosmológica representa una posible solución.

Un tercer trabajo con importantes implicaciones cosmológicas aparece también en 1917. Pocos meses después de que Einstein introdujera el concepto de constante cosmológica, el astrónomo holandés Willem de Sitter (1872-1934) propone un modelo cosmológico alternativo, en el que esta constante juega un papel fundamental. La solución de de Sitter (1917) no contiene materia, y por tanto representa un universo dominado por la constante cosmológica. Como el de Einstein, este universo es considerado como estático, pero tiene la peculiaridad de que si en él se introducen particulas de prueba, éstas se separan aceleradamente por efecto de la constante cosmológica. Una predicción de este modelo es la preponderancia de movimientos de recesión de los objetos más lejanos que, como de Sitter reconoce en su trabajo, en el momento de su publicación se limita a sólo dos casos entre tres medidas de nebulosas espirales. Este "efecto de Sitter" gozará de cierta popularidad durante los años veinte, cuando las nuevas observaciones empiecen a mostrar una clara mayoría de galaxias alejándose de nosotros.

Una familia alternativa de soluciones de las ecuaciones de la Relatividad General fue propuesta pocos años después por el matemático ruso Alexander Friedmann (1888-1925). Las soluciones de esta famila no son estáticas, como las de Einstein y de Sitter, sino que representan un universo que varía con el tiempo, e incluyen la posibilidad de un estado global de

expansión (Friedmann 1922). Desgraciadamente, este trabajo pionero no parece haber sido reconocido como tal en su tiempo. Einstein mismo afirmó primero que era incorrecto matemáticamente, y tardó varios meses en darse cuenta de su error al criticarlo. La muerte prematura de Friedman tres años después contribuyó a su relativo olvido.

En el campo observacional, el problema de la naturaleza y distancia de las nebulosas espirales queda finalmente resuelto en 1925, cuando Hubble anuncia el descubrimiento de cefeidas en la nebulosa de Andrómeda. Aunque ya había indicaciones previas, basadas en observaciones de novas, de que Andrómeda estaba a tal distancia que tenía que ser un objeto externo a la Vía Láctea, el descubrimiento de cefeidas en Andrómeda (Hubble 1925) zanja la disputa definitivamente y abre el camino a la medida de distancias extragalácticas usando cefeidas. Desgraciadamente, ahora sabemos que hay dos tipos diferentes de variables cefeidas, y que tienen una luminosidad muy distinta. Las llamadas cefeidas de tipo I (o cefeidas clásicas) son estrellas relativamente jóvenes, de unos 100 millones de años, que se observan normalmente en los brazos espirales de galaxias. Las cefeidas de tipo II (también llamadas variables W Virginis) son unas estrellas 100 veces más viejas y 4 veces más débiles que las cefeidas de tipo I, y se observan típicamente en cúmulos globulares. Las cefeidas descubiertas por Hubble en Andrómeda y otras galaxias eran de tipo I (las más brillantes), pero la relación periodo-luminosidad usada para determinar la distancia estaba basada en una mezcla de cefeidas de ambos tipos, y por tanto mal calibrada. Como resultado de este error, la distancia a Andrómeda se subestima significativamente (0,3 Mpc en vez de 0,8 Mpc), problema que se repite con la medida a otras galaxias durante los primeros años de la aplicación del método. La diferencia entre los dos tipos de cefeidas no será entendida, y el error de las distancias corregido, hasta varias décadas después, gracias al trabajo del astrónomo alemán Walter Baade (1893-1960) (Baade 1956).

La primera persona que parece haber conectado correctamente las medidas de las nebulosas espirales con el marco de la Relatividad General fue el astrónomo y sacerdote belga Georges Lemaître (1894-1966). En 1927, Lemaître publica, en francés y en una revista relativamente oscura, un artículo titulado "Un universo homogéneo de masa constante y radio creciente que explica las velocidades radiales de las nebulosas extragalácticas" (Lemaître 1927). En este artículo, Lemaître deduce una solución de las ecuaciones de la Relatividad General que representa un universo alternativo a los de Einstein y de Sitter, que considera incompletos, y que es equivalente a la solución propuesta por Friedmann en 1922 (que Lemaître parece desconocer en ese momento). Además de presentar esta solución de universo, Lemaître utiliza valores de las velocidades de galaxias espirales de la literatura (en gran medida debidas a Slipher) y estimaciones de la distancia a partir de trabajo previo de Hubble.

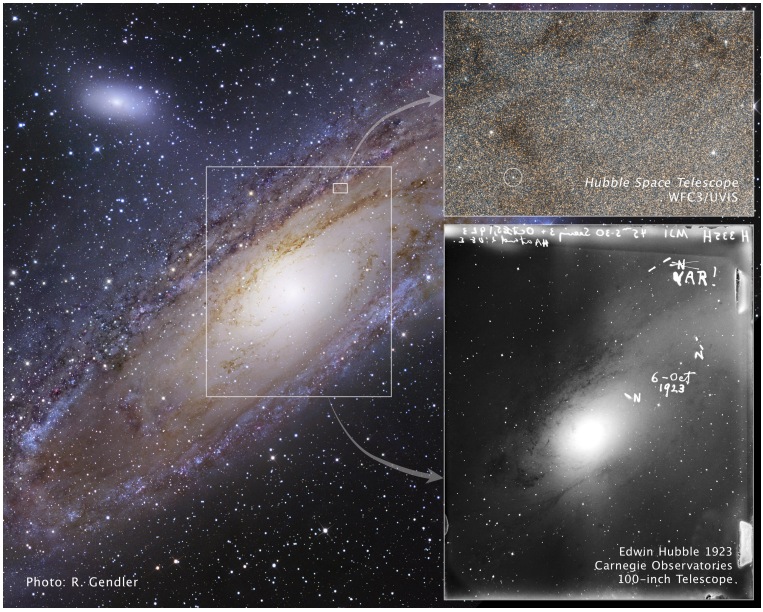


Figura 3: Galaxia de Andrómeda y su primera variable cefeida. El panel de la izquierda es una imagen a gran escala de la galaxia de Andrómeda. El panel inferior derecho muestra la imagen en blanco y negro tomada por Edwin Hubble el 6 de octubre de 1923. Hubble inicialmente identificó tres novas, y las marcó con una letra N. Más tarde se dió cuenta de que una de las "novas" era en realidad una variable cefeida, la primera descubierta en Andrómeda. Por ello corrigió su anotación de "N" a "VAR!". Este descubrimiento, publicado en 1925, demostró que Andrómeda es una galaxia externa a la Vía Láctea. El panel superior derecho muestra una imagen moderna del telescopio espacial Hubble con la estrella cefeida dentro de un círculo. Imagen cortesía NASA/ESA y Hubble Heritage Team.

Con estos valores Lemaître deriva, entre otros parámetros, una tasa de expansión del universo (que ahora llamamos "constante de Hubble") de unos 600 (km/s)/Mpc.

Dada la importancia de estos resultados, hoy resulta sorprendente que el trabajo de Lemaître fuera en gran medida ignorado. Probablemente contribuyó a ello el hecho de su publicación en una revista de menor importancia que estaba escrita en francés en vez del inglés o alemán dominantes en el trabajo científico de la época. Otro factor importante fue la poca aceptación que en aquel momento tenía la idea de un universo

en expansión. El mismo Einstein, en conversación privada con Lemaître, calificó tal tipo de universo como de "abominable" (Luminet 2013).

Tres años después de la publicación del trabajo de Lemaître, en una reunión de la Royal Astronomical Society, el astrónomo británico Arthur Eddington (1882-1944) sugiere públicamente la posibilidad de usar un modelo de universo en expansión para explicar el desplazamiento al rojo sistemático de la luz de las nebulosas espirales (Luminet 2013). Lemaître parece haber leido el informe de la reunión y escribe a Eddington, que había sido profesor suyo en Cambridge, para recordarle los resultados de su artículo de 1927. Eddington, que parece haber olvidado el trabajo de Lemaître, se da cuenta que éste ha resuelto el problema que él había planteado, y que el trabajo de 1927 ha sido prácticamente ignorado. Por ello, invita a Lemaître a preparar una versión revisada de su trabajo original para publicarla en la revista británica *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, de mucha mayor difusión e impacto. El nuevo artículo se publica en 1931 (Lemaître 1931), y es una traducción al inglés con muy pocos cambios del artículo original en francés de 1927.

El único cambio significativo en el artículo de 1931 es una ausencia de la discusión original sobre la proporcionalidad entre la velocidad de expansión de las galaxias y su distancia, lo que hoy llamamos ley de Hubble. Esta ausencia, ahora tan notable, ha sido calificada de sospechosa por algunos autores, que han llegado a sugerir la existencia de una conspiración para despojar a Lemaître del crédito que su trabajo merecía (van den Bergh 2011). Sin embargo, la correspondencia original entre Lemaître y la revista, descubierta recientemente por Livio (2011), muestra que fue el propio Lemaître el responsable de la traducción al inglés del artículo y de la eliminación del párrafo sobre la relación velocidad-distancia. Aunque Lemaître no lo dice explícitamente en su correspondencia, parece que en 1931 él ya pensaba que los datos de su discusión de 1927 habían sido mejorados por el trabajo de Hubble de 1929 (ver más abajo), y que por tanto, la discusión original de la relación velocidad-distancia no era necesaria en la nueva versión en inglés. Esta falta de pretensión de Lemaître por recibir crédito de lo que ahora consideramos un descubrimiento fundamental de la cosmología puede verse en algunas de sus declaraciones y publicaciones posteriores.

Si el trabajo de Lemaître pasó desapercibido, el de Hubble no hizo lo mismo. En 1929, Hubble combina medidas de velocidad de galaxias (de nuevo en su mayoría debidas a Slipher pero tomadas de una compilación de Eddington), con estimaciones propias de distancia para demostrar gráficamente la existencia de una relación de proporcionalidad entre velocidad y distancia (Hubble 1929). Aunque observadores anteriores habían buscado evidencia de relaciones velocidad-distancia, en gran medida motivados por la búsqueda del llamado "efecto de Sitter" (Wirtz 1924, Lundmark 1925), el trabajo Hubble de 1929 es el primero que

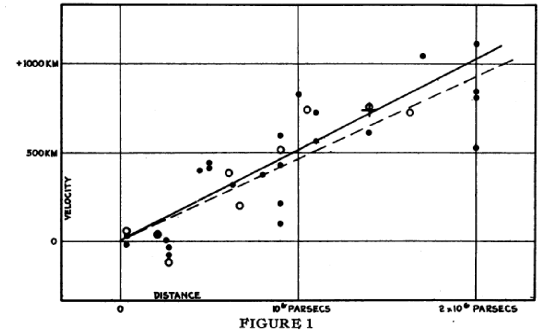


FIGURE 1

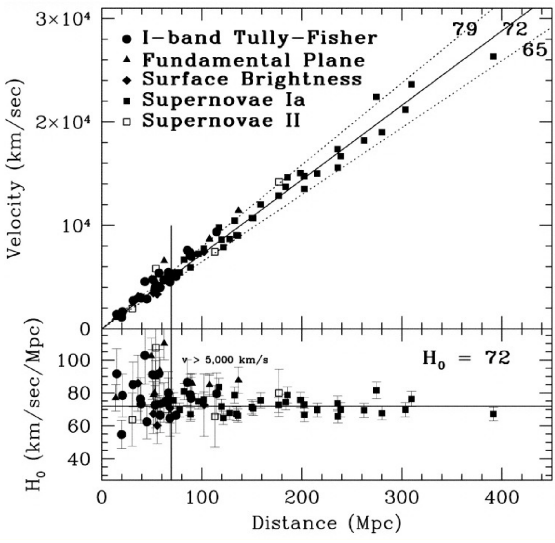


Figura 4: Dos versiones del diagrama velocidad-posición separadas más de 70 años. *Arriba:* diagrama original presentado por Hubble (1929). *Abajo:* Versión moderna obtenida por Freedman et al. (2001) usando datos del telescopio espacial Hubble. Nótese como la versión moderna extiende el rango original de distancias por dos órdenes de magnitud. Todos los puntos de Hubble (1929), si bien calibrados, caerían dentro de la primera subdivisión de eje de distancias en el segundo diagrama. Cortesía de The Astrophysical Journal.

muestra una tendencia significativa en los datos. Con sus valores, Hubble estima una constante de proporcionalidad de 500 (km/s)/Mpc, no muy distinta a la deducida por Lemaître unos años antes. A diferencia de Lemaître, Hubble no interpreta la relación en términos de un universo en expansión. Dadas todas las incertidumbres en la estimaciones, Hubble es muy cauto con los resultados, y considera "prematuro discutir en detalle las obvias consecuencias de los resultados presentes". Aun así, apunta el interés de la relación velocidad-distancia en términos del "efecto de Sitter", en lo que entonces se consideraba un modelo de universo estático.

Aunque Hubble no apreció todas las implicaciones cosmológicas de la relación velocidad-distancia, sí entendió la importancia del resultado. Por ello, continuó trabajando sistemáticamente para mejorar su determinación observacional. Pocos años más tarde, él y Milton L. Humason (1891-1972) publican un nuevo análisis de la relación velocidad-distancia, esta vez usando velocidades y distancias determinadas por ellos mismos (Hubble & Humason 1931). Con estos nuevos datos, que extienden el estudio de 1929 a distancias 18 veces mayores, Hubble y Humason estiman una constante de proprocionalidad de 538 (km/s)/Mpc, y sugieren un nivel de incertidumbre de tan solo un 10%.

Como veremos enseguida, la estimación del nivel de incertidumbre de Hubble y Humason era extraordinariamente optimista. Ahora sabemos que su constante de proporcionalidad estaba sobreestimada por un factor 7 debido a un error sistemático en la determinación de distancias extragalácticas. Este error es enorme incluso para los estándares habitualmente generosos de las medidas astronómicas. A pesar de ello, el trabajo de Hubble y Humason (1931) puede considerarse la obra definitiva de la época pionera en la determinacion de la relación velocidad-distancia. A partir de este momento, la existencia de una relación velocidad-distancia se considera firmemente establecida, y la determinación exacta de esta constante pasa a ser un importante objetivo observacional. Alcanzar la precisión de 10% mencionada por Hubble y Humason, sin embargo, requerirá décadas de trabajo y avances en muy diversas ramas de la astronomía.

Del astrónomo Hubble al telescopio espacial Hubble

Aunque en la actualidad consideramos la existencia de una relación velocidad-distancia como la prueba definitiva de la expansión del universo, ese no era el caso en los años treinta del siglo XX. Por entonces, la relación se consideraba como un hecho observacional probado, pero su interpretación en términos cosmológicos era para algunos incierta. El propio Hubble mantuvo hasta su muerte una posición ambigua sobre su

significado, y todavía se discute si de verdad creía que el universo está en un estado de expansión (Kragh & Smith 2003).

Uno de los problemas que planteaba la interpretación de la relacion velocidad-distancia en términos de un universo en expansión era que, de acuerdo con la teoría de la Relatividad General, el inverso de la constante de Hubble representa la edad del universo si la constante cosmológica es nula (como ya aceptaban los principales teóricos: Einstein & de Sitter 1932). Al valor de 500 (km/s)/Mpc derivado por Hubble y otros le corresponde una edad del universo de unos 2 mil millones de años, que ya en los años treinta se consideraba demasiado pequeña. Por entonces, medidas a partir de cocientes isotópicos sugerían que la edad de la Tierra era de varios miles de millones de años. Una Tierra más vieja que el resto del universo representa una clara contradicción.

El problema de que la constante de Hubble implique una edad del universo inferior a la edad de objetos astronómicos como la Tierra o los cúmulos globulares más antiguos (con edades de unos 10 mil millones de años) ha acompañado gran parte de la historia de su determinación durante el siglo XX. Un universo más viejo requiere una constante de Hubble más pequeña, y afortunadamente, la medida de la constante de Hubble ha sufrido con el tiempo una serie de correcciones a la baja.

La primera gran corrección importante de la constante de Hubble se debe a la ya mencionada recalibración de la escala de distancias hecha por Baade en los años cincuenta al reconocer la existencia de dos tipos de estrellas cefeidas. Esta recalibración aumenta automáticamente la distancia a las galaxias en aproximadamente un factor 3, disminuyendo el valor de la constante de Hubble por el mismo valor. Este resultado coincide aproximadamente con la muerte de Hubble en 1953, por lo que que el trabajo de recalibrar la constante con la nueva escala de distancias lo llevan a cabo sus colaboradores y discípulos. En 1956, Humason, Mayal y Sandage publican los resultados de un programa observacional muy ambicioso comenzado por Hubble, quien, como dicen los autores,"de haber vivido, hubiera participado como autor senior en el análisis y la discusión". Este monumental trabajo muestra que los objetos que Hubble y otros habían considerado como estrellas individuales en galaxias, y que habían sido la base para estimar distancias usando el método de las estrellas más brillantes, eran en realidad cúmulos densos o regiones HII (gas ionizado por estrellas masivas). Combinando la corrección de la escala de distancias con la determinación de velocidades de más de 800 galaxias, Humason, Mayal y Sandage (1956) estiman un nuevo valor para la constante de Hubble de 180 (km/s)/Mpc.

Dos años después, Allan R. Sandage (1926-2010), antiguo estudiante de doctorado de Baade y colaborador de Hubble, vuelve a corregir la estimación de la constante de expansión del universo. A partir de un reanálisis de la escala de distancias usando cefeidas y del problema de



Figura 5: Telescopio espacial Hubble. Cortesía NASA/ESA.

la confusión de regiones HII, Sandage (1958) sugiere que el valor de la constante de Hubble se encuentra en el intervalo 50-100 (km/s)/Mpc.

El resultado de Sandage fue premonitorio, pues el nivel de incertidumbre en la medida de la constante de Hubble se mantuvo en un factor dos durante varias décadas. Sandage mismo dedicó una gran parte de su carrera científica a refinar la escala de distancias cósmicas y a mejorar la determinación de la constante de Hubble. En una serie de trabajos durante los años setenta y ochenta, él y sus colaboradores usan una variedad de métodos para medir distancias a galaxias, obteniendo sistemáticamente valores de la constante de Hubble en la zona inferior del intervalo, es decir, entre 50 y 60 (km/s)/Mpc. Por otra parte, el astrónomo francés de la Universidad de Texas Gérard de Vaucouleurs (1918-1995), junto con otro grupo de colaboradores, estima valores en la zona superior del intervalo, típicamente en torno a 100 (km/s)/Mpc. A lo largo de casi dos décadas, cada grupo publica trabajos que apoyan sus resultados pero son incompatibles con las medidas del otro. La polémica sobre el valor exacto de la constante de Hubble se enquista durante los años setenta y ochenta.

El lanzamiento del telescopio espacial Hubble en 1990 marca un hito en la historia de la determinación de la constante del mismo nombre. Medir la constante con una precisión del 10 % es una de las motivaciones para construir este telescopio, y llevar a cabo esa medida representa una importante inversión de tiempo de observación. Sin la degradación causada

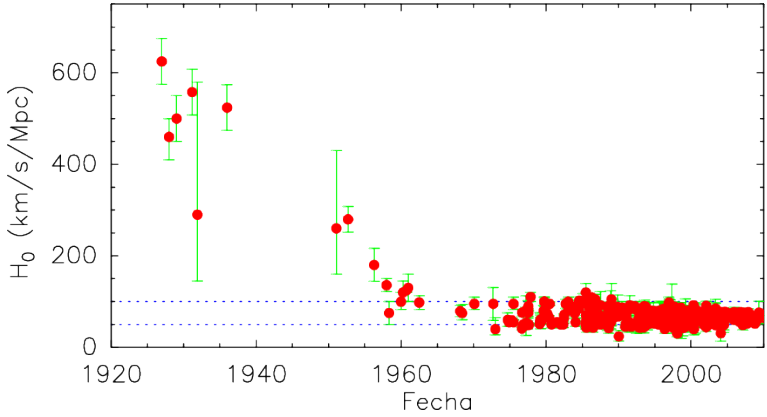


Figura 6: Evolución de la estimación de la constante de Hubble (H_0). Hasta finales de los años cincuenta, las medidas sobrestiman H_0 sistemáticamente debido a un error en la escala de distancias extragalácticas. A partir de los años setenta, los valores se distribuyen de forma casi uniforme dentro del intervalo 50-100 (km/s)/Mpc, y a partir del año 2000, tienden a concentrarse en la parte baja de dicho intervalo. Figura adaptada y basada en la compilación de John Huchra, disponible en https://www.cfa.harvard.edu/~dfabricant/huchra/hubble.plot.dat

por la atmósfera terrestre, las imágenes del telescopio espacial (2,4 m de diámetro) son capaces de resolver cefeidas individuales en galaxias hasta el cúmulo de Virgo (unos 20 Mpc). Esto permite extender el método de las cefeidas a distancias 10 veces mayores de lo que es posible hacer desde telescopios terrestres, aumentando así el volumen espacial cubierto por este método en un factor 1000. Observando dentro de este mayor volumen calibradores secundarios, como explosiones supernova, se puede mejorar significativamente la precisión de estos calibradores, y extender así la precisión de la constante de Hubble a distancias verdaderamente cosmológicas.

A pesar de la gran calidad de los datos obtenidos con el telecopio espacial, su uso para determinar la constante de Hubble con precisión requiere un enorme cuidado. Son todavía necesarias numerosas correcciones de difícil calibración, y el resultado final está sujeto a un nivel de incertidumbre que es necesario evaluar con detalle. Tras casi una década de trabajo, el grupo de astrónomos del llamado "Proyecto clave para medir la constante de Hubble con el Telescopio Espacial", liderado por la astrónoma Wendy Freedman, presenta en 2001 su mejor estimación de la constante de Hubble. Según este grupo, $H_0 = 72 \pm 8$ (km/s)/Mpc (Freedman et al. 2001), que es un valor casi equidistante de las estimaciones de 50 y 100 (km/s)/Mpc que

dominaron la polémica Sandage-de Vaucouleurs durante las tres décadas anteriores. Con setenta años de retraso, por fin parece haberse cumplido el sueño original de Hubble y Humason de alcanzar una precisión del 10 % en la determinación de H_0.

Aunque una estimación de la constante de Hubble con un 10 % de incertidumbre empieza a poder ser caracterizada como "cosmología de precisión", todavia existe un margen considerable para disminuir el nivel de error. Mejoras en la instrumentación y el lanzamiento de los telescopios espaciales de próxima generación GAIA y JWST prometen afinar la determinación de H_0 usando la relación velocidad-distancia.

Métodos alternativos, como el estudio del fondo cósmico de radiación o la distribución espacial de galaxias, proporcionan determinaciones de la constante de Hubble independientes de la clásica relación velocidad-distancia, y con el tiempo han alcanzado una gran precisión. Entre las medidas más recientes, destaca la determinación con el satélite Planck, que a partir de observaciones del fondo cósmico de radiación sugiere un valor de $H_0 = 67 \pm 1$ (km/s)/Mpc (Planck Collaboration 2013). La consistencia mutua entre las medidas obtenidas por distintos métodos proporciona la confianza de que finalmente conocemos con bastante precisión el valor de este parámetro fundamental del universo.

¿Qué mide la ley de Hubble?

Desde un punto de vista observacional, la ley de Hubble es una simple correlación lineal entre el desplazamiento al rojo de la radiación de una galaxia y la distancia a la que se encuentra. Para entender su origen físico es necesario usar los conceptos de la Relatividad General, que es la teoría que mejor describe el universo a gran escala. Como demostraron inicialmente Friedmann y Lemaître en los años veinte, y formalizaron con más detalle Howard Robertson y Arthur Walker una década más tarde, existe una familia de soluciones de las ecuaciones de la Relatividad General en las que un universo homogéneo e isótropo[3] se encuentra en estado de expansión (o contracción) global. La descripción matemática de estas soluciones supera el nivel de este artículo, por lo que en esta sección sólo veremos los conceptos más básicos. Una descripción más completa pueden encontrarse en monografías especializadas como la de Peebles (1993).

La familia de modelos de un universo en expansión con principio cosmológico se suele llamar de Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker, o alguna otra combinación del nombre de estos autores. Una propiedad característica de estos modelos es que la velocidad de separación entre dos

[3]El universo es homogéneo e isótropo si sus propiedades físicas no dependen de la posición o la dirección. La hipótesis de que el universo a gran escala tiene estas características se denomina "principio cosmológico".

galaxias cualesquiera es proporcional a la distancia (propia) que las separa, lo que puede escribirse como

$$v = Hr,$$

donde v es la velocidad de separación, r es la distancia propia entre las galaxias, y H es un parámetro independiente de r ("constante de Hubble"). En el marco de la Relatividad General, el movimiento de separación entre galaxias produce un desplazamiento al rojo de la radiación de una cuando es observada desde la otra, y este efecto es la causa de lo que observacionalmente reconocemos como la ley de Hubble.

A diferencia de lo que supusieron Hubble y otros inicialmente, el desplazamiento al rojo de la radiación observado no se debe al conocido efecto Doppler, que es el causante de los cambios de frecuencia medidos en los objetos que se mueven dentro de la galaxia. En las observaciones extragalácticas que dan lugar a la ley de Hubble, el efecto dominante no son los movimientos propios de los objetos. Cada galaxia permanece casi estacionaria respecto a su entorno (salvo pequeños movimientos propios) y es el espacio entre las galaxias el que se expande. En esta situación, el desplazamiento al rojo de la radiación se debe a que durante su tiempo de viaje de una galaxia a la otra, el espacio se expande, y la longitud de onda de la radiación que viaja por él hace lo mismo. A velocidades bajas, el desplazamiento al rojo causado por la expansión del espacio sigue una ley equivalente a la del efecto Doppler correspondiente a la velocidad de recesión de una galaxia, por lo que las velocidades inferidas usando las dos interpretaciones son casi iguales. A velocidades altas, la ley del desplazamiento al rojo cosmológico es distinta al efecto Doppler, y las velocidades estimadas por los dos métodos difieren.

Por otra parte, el concepto de velocidad de recesión de una galaxia debe ser refinado, pues no es necesariamente lo mismo la velocidad de recesión en el momento en que la galaxia emitió la radiación que en el momento en que esa radiación nos llega, dado que la velocidad de expansión del universo puede variar con el tiempo. Debido a ello, estimar la velocidad de recesión presente de una galaxia requiere conocer cómo ha evolucionado la velocidad de expansión del universo entre el momento de emisión de la radiación y el presente, lo que no es posible sin usar un modelo cosmológico. Para evitar esta complicación, los astrónomos prefieren usar el parámetro adimensional de desplazamiento al rojo cosmológico z, que es directamente medible y viene dado por

$$z = \frac{\lambda_0}{\lambda_e} - 1,$$

donde λ_0 y λ_e son las longitudes de onda de la radiación medida por el observador y por el emisor (i.e., su valor en un laboratorio en reposo).

El parámetro z tiene un valor muy bajo, cercano a cero, para las galaxias más cercanas, y crece a medida que las galaxias se encuentran más lejos y su velocidad de recesión aumenta. Multiplicando z por la velocidad de la luz c, se obtiene una cantidad con unidades de velocidad, que a velocidades bajas es igual a la velocidad de recesión de la galaxia con ese z, pero no es necesariamente igual a velocidades altas. Tanto z como cz son normalmente usados para construir las modernas versiones del diagrama de Hubble, aunque hay una ligera diferencia entre usar velocidad y z en el diagrama. Un diagrama velocidad-distancia es estrictamente lineal en el caso de un universo homogéneo (pero requiere un modelo de universo para ser determinado). Un diagrama z o cz -distancia, por otra parte, puede obtenerse directamente de medidas observacionales, aunque presenta una pequeña curvatura para valores elevados de z (Harrison 1993).

Una ventaja adicional del parámetro observacional z es que proporciona una medida directa del factor de expansión del universo entre el momento en que una galaxia emitió la radiación observada y el presente. Ello es debido a que la longitud de onda de la radiación aumenta con la expansión del universo, y por tanto, lleva impresa la marca de tal expansión, que es igual a $z+1$. Así, es inmediato determinar que el universo se ha expandido un factor 2 desde el momento en que una galaxia con $z = 1$ emitió su luz y el momento actual cuando esa luz nos llega.

Una diferencia importante entre la interpretación cosmológica del desplazamiento al rojo de la radiación y el efecto Doppler es que la velocidad de recesión de las galaxias puede superar la velocidad de la luz, lo que sería imposible si el desplazamiento al rojo se debiera al efecto Doppler. Esta posibilidad no constituye una violación del principio de la relatividad, que prohibe explícitamente que cualquier objeto viaje por el espacio más deprisa que c. Como hemos visto, la velocidad de recesión no representa un movimiento de objetos dentro del espacio sino que es el resultado de la expansión del propio espacio entre los objetos, y esta expansión no tiene límite de velocidad. De hecho, galaxias con z mayor que aproximadamente 1,5 se están separando de nosotros con velocidades mayores que c, y estas galaxias son observadas rutinariamente por los astrónomos. Más detalles sobre ésta y otras paradojas aparentes de la expansión del universo pueden verse en el artículo de divulgación por Lineweaver y Davis (2005).

Es posible entender de forma intuitiva los modelos de Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker usando una analogía simple de la mecánica newtoniana. En esta analogía, la expansión del universo se compara al movimiento de un objeto lanzado hacia arriba desde la superficie de nuestro planeta. Si la velocidad de lanzamiento es pequeña, la energía cinética del objeto no es capaz de vencer la atracción gravitacional de la Tierra. En este caso, la velocidad de ascensión inicial irá disminuyendo hasta llegar a cero y después se invertirá cuando el objeto empiece a caer. Si por el

contrario la velocidad de lanzamiento del objeto es lo suficientemente alta como para superar la atracción gravitacional de la Tierra, la velocidad de ascensión del objeto disminuirá gradualmente, pero nunca llegará a ser cero y el objeto acabará escapando de la gravedad terrestre. En términos generales, el parámetro que regula la evolución del objeto es el cociente entre la velocidad de lanzamiento y la llamada velocidad de escape, que depende de la masa y radio de la Tierra. Si este parámetro es mayor que la unidad, el objeto escapa, y si es menor, el objeto vuelve a caer.

La solución de las ecuaciones de la Relatividad General para un universo en expansión sin constante cosmológica tiene un corportamiento dual como el del objeto lanzado hacia arriba en la analogía newtoniana. La expansión del universo puede invertirse o continuar indefinidamente, igual que el objeto lanzado puede volver a caer o escapar para siempre. El parámetro que regula este comportamiento se denomina Ω, y es de nuevo igual al cociente entre dos cantidades. En este caso el cociente resulta de dividir la densidad material del universo por la llamada densidad crítica. Si la densidad del universo supera la densidad crítica, la expansión inicial se invierte, y el universo acaba contrayéndose. Si la densidad es inferior a la densidad crítica, el universo se expande indefinidamente. El caso en que Ω es exactamente igual a uno corresponde a una expansión infinita con una velocidad que se hace arbitrariamente baja con el tiempo, y es equivalente en la analogía newtoniana al caso de un lanzamiento con velocidad igual a la de escape.

Si la evolución del universo depende de que su densidad supere o no la densidad crítica, es importante conocer el valor de ambas cantidades. Las ecuaciones de la Relatividad General muestran que la densidad crítica del universo depende de la constante de Hubble y de la constante gravitacional, y que es aproximadamente igual a cinco átomos de hidrógeno por metro cúbico. Esta densidad es muy baja para estándares terrestres o incluso galácticos, pero a escalas intergalácticas es relativamente alta. De hecho, estimaciones de la densidad promedio del universo basadas en la observación de estrellas y de gas caliente y frío quedan sistemáticamente por debajo del valor crítico por más de un orden de magnitud, sugiriendo que el universo no tiene suficiente materia para contrarrestar su expansión inicial. Desgraciadamente, la estimación de la densidad del universo está sujeta a un alto grado de incertidumbre, pues existen posibles componentes invisibles que podríamos estar ignorando. Una de estas componentes es la llamada "materia oscura", que como luego veremos, parece dominar la atracción gravitacional de galaxias y cúmulos de galaxias.

Otro elemento que puede afectar a la expansión del universo es la constante comológica. Durante la mayor parte del siglo XX, la constante cosmológica fue ignorada tanto por razones teóricas como observacionales. Sin embargo, los resultados de la observación de supernovas que veremos más abajo han recuperado el interés por este término adicional de las

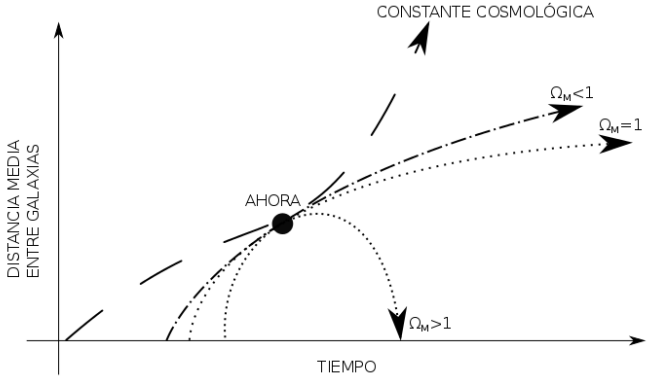


Figura 7: Evolución de la expansión del universo dependiendo de su contenido material y energético. Si la constante cosmológica es nula, la expansión original se convertirá en contracción si Ω_M es mayor que 1. La expansión continuará indefinidamente si Ω_M es menor o igual a 1. Si el universo está dominado por la constante cosmológica, como parece ser el caso, la expansión se acelerará con el tiempo tras una primera época de deceleración. Figura adaptada de Wikimedia.

ecuaciones. Si la constante cosmológica no es nula, el comportamiento de las soluciones de universo es parecido al caso sin constante, pero definiendo ahora Ω como la suma de dos componentes. Una componente representa la contribución de la materia, tanto visible como invisible, y que denominamos Ω_M. La otra componente representa la contribución de la constante cosmológica, y es denominada Ω_Λ porque en las ecuaciones de la Relatividad General la constante cosmológica se representa por Λ. En términos de esas ecuaciones, el valor total de Ω determina la geometría del espacio-tiempo. Un universo con Ω mayor que uno es un universo esférico y un universo con Ω menor que uno es un universo hiperbólico. El caso límite con $\Omega = 1$ es un universo plano como la geometría euclídea a la que estamos acostumbrados en la vida diaria.

Dado que las contribuciones de la materia oscura y la constante cosmológica no son predecibles teóricamente, la única manera de determinar la evolución de la expansión del universo es mediante observaciones. De este modo, el problema de entender la naturaleza del universo se invierte, y es usando el estudio de su evolución temporal como esperamos determinar su composición invisible. Para ello es necesario cubrir con las observaciones la mayor cantidad posible de la historia de la expansión del universo, de manera que pequeños cambios en la tasa de expansión hayan acumulado un efecto observable. Esto requiere mirar hacia atrás en la historia de la expansión del universo, remontándose al

pasado más remoto y midiendo allí la velocidad de expansión. Para ello aprovechamos que la velocidad de la luz es finita, y que podemos ver directamente este pasado observando objetos lejanos. La radiación que ahora nos llega de estos objetos trae la imagen fósil del momento en que se emitió. La gran frontera en cosmología es por tanto la observación de los objetos más lejanos, cuya luz presenta un desplazamiento al rojo z más alto. Por su enorme distancia, estos objetos son extremadamente débiles, y necesitan ser observados usando los telescopios más grandes a nuestra disposición. Determinar su distancia ha supuesto tener que crear un nuevo peldaño en la escalera de distancias cósmicas. Ello ha sido posible gracias a la observación de algunos de los objetos más brillantes conocidos, las explosiones supernova.

Supernovas como candelas estándar

El término supernova engloba varios tipos de explosiones estelares de gran energía que suceden en las últimas fases de la vida de una estrella masiva o de un sistema binario. Las explosiones supernova han sido observadas de forma casual a lo largo de la historia, aunque su origen no fue entendido en su momento. Entre otras supernovas históricas, destacan la "estrella invitada" de 1054, observada por astrónomos chinos y árabes en la constelación de Tauro, y las supernovas de Tycho Brahe (1572) y Johannes Kepler (1604) estudiadas, entre otros, por los dos conocidos astrónomos. Hubo que esperar al siglo XX para conocer los procesos que regulan la estructura y la evolución estelar, y así entender el origen físico de estas explosiones que hacen que una estrella pueda brillar brevemente más que el resto de la galaxia donde se encuentra.

Desde un punto de vista observacional, las supernovas se dividen en tipos I y II dependiendo respectivamente de la ausencia o presencia de líneas de hidrógeno en el espectro. Cada uno de estos tipos se subdivide a su vez en subtipos según características adicionales del espectro, que se denotan con una letra. Para la determinación de distancias cosmológicas, las supernovas de mayor interés son las de tipo Ia, donde la letra "a" indica que durante las primeras fases de la explosión es posible observar en el espectro líneas de silicio ionizado una vez.

Desde un punto de vista físico, las supernovas tipo Ia (abreviadas SNe Ia) corresponden a explosiones termonucleares en un sistema binario en el que una de las componentes es una enana blanca. Este tipo de sistemas binarios resulta de la evolución de dos estrellas de distinta masa ligadas gravitacionalmente y orbitando una alrededor de la otra. La estrella más masiva agota su combustible nuclear primero, pues su producción de energía es desproporcionadamente más rápida. Si la masa inicial de esta estrella es menor que unas ocho veces la masa de nuestro Sol, la estrella



Figura 8: Supernova SN 1994D en la galaxia NGC 4526. Se trata de una supernova de tipo Ia en una galaxia relativamente próxima (17 Mpc) que, como su nombre indica, fue detectada en 1994. La supernova es el objeto puntual brillante en la zona inferior izquierda. Imagen tomada con el telescopio espacial Hubble. Cortesía NASA/ESA, The Hubble Key Project Team y The High-Z Supernova Search Team.

perderá suficiente materia durante su evolución para al final de su vida convertirse en un objeto del tamaño del planeta Tierra pero con una masa como la del Sol. Este objeto denso, compuesto principalmente de carbono y oxígeno, que prácticamente no produce ya energía por reacciones nucleares y que se enfría lentamente, es lo que denominamos una enana blanca.

La densidad de una enana blanca es más de un millón de veces superior a la del agua o a la densidad media del Sol. En estas condiciones extremas, la materia sólo puede estabilizarse frente a su autogravedad mediante el fenómeno cuántico de presión de degeneración de los electrones. Esta fuerza de presión resulta de la imposibilidad de que dos electrones (técnicamente partículas fermiónicas) compartan el mismo estado cuántico, y ofrece una resistencia a la contracción muy superior a la presión térmica de un plasma o a la presión de la radiación, que son los mecanismos que estabilizan a las estrellas en sus fases iniciales. En 1931, el físico indio Subrahmanyam Chandrasekhar (1910-1995) demostró que

existe un valor máximo para la masa de una enana blanca que puede estabilizarse mediante el mecanismo de la presión de degeneración de sus electrones (Chandrasekhar 1931). Este valor, denominado ahora "límite de Chandrasekhar", corresponde a aproximadamente 1,4 veces la masa del Sol, y es un parámetro crítico en la evolución estelar.

En las primeras fases de la evolución de un sistema binario que va a producir una supernova tipo Ia, la estrella enana blanca tiene una masa inferior al límite de Chandrasekhar, y esta situación de estabilidad permite a la estrella compañera evolucionar con normalidad. Cuando esta segunda estrella empieza a agotar el combustible nuclear de su centro, su estructura interna cambia, y se convierte en lo que llamamos una gigante roja. En este tipo de estrellas, las capas más externas se expanden, se enfrían y quedan débilmente ligadas al núcleo denso central. Se produce entonces un fenómeno de transferencia de materia de la gigante roja a la enana blanca, la cual empieza a aumentar gradualmente de masa. Con el tiempo, la masa de la enana blanca se acerca al valor límite de Chandrasekhar.

La física de lo que sucede cuando la enana blanca alcanza el límite de Chandrasekhar es compleja, y su solución requiere modelos numéricos al límite de las capacidades computacionales. El consenso actual es que la enana blanca sufre una reacción nuclear desbocada y global que convierte el carbono y el oxígeno que la componen principalmente en níquel, y que libera suficiente energía como para destruir completamente la estrella. Esta explosión nuclear a escala estelar es lo que observamos como una supernova, y su brillo visual absoluto puede superar el del Sol por un factor de varios miles de millones. Este enorme brillo resulta de una combinación de la energía de la propia explosión y, en las semanas posteriores a ella, de la energía de la desintegración de níquel y cobalto radiactivos producidos en la explosión, que calientan el material eyectado y matienen un brillo que disminuye gradualmente.

Como candelas estándar, las supernovas de tipo Ia presentan múltiples ventajas. Su enorme brillo permite observarlas en galaxias tan lejanas que en ellas no es posible distinguir estrellas cefeidas individuales. De esta manera, las supernovas tipo Ia permiten extender la relación velocidad-distancia a valores más altos. Por otra parte, las explosiones supernova tipo Ia forman un grupo muy homogéneo. Aunque su brillo máximo no es siempre el mismo, existe una correlacion estrecha entre el brillo máximo y la tasa a la que este brillo disminuye con el tiempo, lo que permite estimar con mucha precisión su brillo intrínseco a partir de observaciones.

El uso de supernovas como candelas estándar fue propuesto por Walter Baade y Fritz Zwicky (1898-1974) a finales de los años treinta, pero su uso sistemático en la determinación de la constante de Hubble no fue posible hasta mucho más tarde. Por una parte, fue necesario entender las diferencias entre los distintos tipos de supernovas y refinar la clasificación de éstas en subgrupos según las propiedades de su espectro.

Además, fue necesario determinar con precisión el brillo intrínseco de una muestra suficientemente completa de supernovas, y de esta manera disponer de un patrón de calibración fiable. Medidas precisas del brillo intrínseco de supernovas empezaron a ser posibles en gran medida gracias a observaciones con el telescopio espacial Hubble a partir de 1994. Estas observaciones permitieron encontrar estrellas cefeidas en galaxias donde había ocurrido una supernova tipo Ia, y de esta manera determinar la distancia a la galaxia e inferir de ella el brillo absoluto de la supernova. Gracias a estos avances teóricos y observacionales, a principios de los años noventa la escalera de distancias cósmicas tenía un nuevo peldaño. Usando ese nuevo peldaño, dos grupos de astrónomos van a intentar extender la ley de Hubble a escalas espaciales hasta entonces inalcanzables.

"Supernovas de encargo"

Aunque el uso de supernovas para medir distancias cósmicas presenta multitud de ventajas, también tiene inconvenientes de difícil superación. Un elemento incontrolable es la naturaleza aleatoria del fenómeno supernova. Se estima que, en promedio, una galaxia como la Vía Láctea tiene una explosión supernova tipo Ia cada 500 años aproximadamente. Esta explosión sucede sin aviso previo que indique dónde y cuándo mirar, por lo que no es posible preparar la observación de una supernova con antelación. Para encontrar supernovas, es necesario observar un gran número de galaxias, y reconocer entre ellas las pocas que casualmente han tenido una supernova recientemente. Dado lo infrecuente del caso, estas galaxias con supernova representan una muy pequeña fracción del total.

Para observar un gran número de galaxias e identificar aquellas en las que acaba de ocurrir una supernova es necesario usar un procedimiento sistemático. Este procedimiento consiste en tomar dos imágenes separadas varios días o semanas, y usar la primera imagen como comparación de la segunda, sustrayéndola digitalmente. En la imagen diferencia, un candidato a supernova aparece como un objeto puntual y brillante en alguna de las galaxias contenidas en la imagen. Para confirmar este candidato como una supernova de tipo Ia, es necesario observar el espectro del objeto, lo que sirve además para determinar su desplazamiento al rojo z. Esto se realiza comparando el espectro observado con una serie de espectros de supernovas cercanas, y encontrando el desplazamiento en frecuencia necesario para hacer coincidir las líneas espectrales de los dos objetos.

El grupo que primero desarrolló una técnica sistemática para buscar supernovas de alto z fue el Supernova Cosmology Project (SCP, o Proyecto de cosmología con supernovas), creado en 1988 y liderado por Saul Perlmutter en Berkeley (Estados Unidos). Este grupo ideó una metodología denominada "supernovas de encargo" (*supernovae on demand*

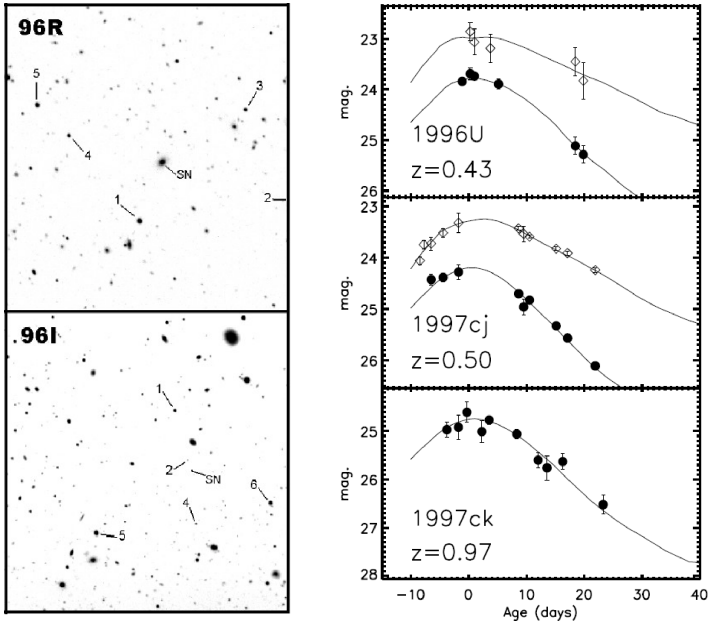


Figura 9: Supernovas tipo Ia usadas por el grup HZT para determinar distancias (Riess et al. 1998). *Izquierda:* regiones del cielo donde se encontraron las supernovas (marcadas SN). Los números indican estrellas usadas como referencia. *Derecha:* curvas de luminosidad de varias supernovas. Los círculos vacíos indican el brillo en el filtro visible V y los rellenos en el filtro azul B.

en inglés), que permitía asegurar que para cierta fecha, el grupo tendría aproximadamente dos docenas de supernovas en fase cercana al máximo en las que observar un espectro y determinar el tipo de supernova y el valor de z. Esta estrategia era necesaria porque la observación de espectros de supernovas lejanas requiere el uso de telescopios grandes, como los Keck en Hawaii (10 m de diámetro), y las observaciones con este tipo de telescopios se conceden de forma competitiva y se programan con antelación. Tener supernovas recientes en la fecha asignada para la observación espectroscópica requiere haberlas encontrado en las semanas anteriores. Para ello, el grupo de Perlmutter realizaba una campaña previa usando el telescopio de 4 m del Cerro Tololo Inter-American Observatory (CTIO) en Chile. En estas observaciones se tomaban, separadas por tres semanas, imágenes de entre 50 y 100 regiones del cielo, cada una con casi mil galaxias. De la comparación de las imágenes en las dos fechas, se identificaban los candidatos a supernova, que por la secuencia de observación se encontraban necesariamente cerca del máximo de brillo

(una supernova tipo Ia tarda unas dos semanas en alcanzar su máximo brillo). Estas estrellas se observaban casi inmediatamente con uno de los telescopios Keck para obtener un espectro y determinar el tipo de supernova y el valor de z. Una vez identificado un objeto como supernova tipo Ia y con parámetro z determinado, éste se reobservaba durante meses para seguir su curva de luminosidad. Para ello, el grupo contaba con una red de colaboradores en diferentes telescopios.

Una técnica parecida a la del SCP fue la usada por un grupo competidor, el denominado High-z Supernova Search Team (HZT, Equipo de búsqueda de supernovas de alto z), liderado por Brian Schmidt, y del que formaba parte Adam Riess. Este grupo contaba con numerosos expertos en supernovas de Harvard y Berkeley, entre otras instituciones, y empezó su búsqueda de supernovas en 1994, algo más tarde que el SCP. Durante varios años, los dos grupos fueron encontrando y midiendo suficientes supernovas tipo Ia como para remontarse en el pasado aproximadamente la mitad de la historia de la expansión del universo ($z \approx 0{,}8$).

Un resultado inesperado

Tanto el SCP como el HZT usaron para reconstruir la historia de la expansión del universo una versión ligeramente modificada del diagrama de Hubble. Como se muestra en la figura 10, en vez de representar velocidad frente a distancia, este diagrama modificado representa los dos principales parámetros observacionales del estudio de las supernovas, el brillo máximo, medido en magnitudes, y el desplazamiendo al rojo z. En este diagrama, los distintos modelos de universo predicen diferentes relaciones entre la magnitud y z, y es el objetivo de las observaciones distinguir entre ellos. Para pequeños desplazamientos z, los diferentes modelos son prácticamente iguales entre sí, pues las diferencias entre las magnitudes de las supernovas que predicen son menores que el nivel de error de las medidas. A medida que aumenta z, las diferencias entre los modelos de universo aumentan, y para valores de z superiores a aproximadamente 0,3, las diferencias empiezan a ser medibles con el nivel de precisión alcanzado por las observaciones.

En 1998, los dos grupos competidores habían acumulado suficientes observaciones de calidad como para que los resultados empezaran a poder distinguir entre los diferentes modelos de universo. En una auténtica carrera contra reloj, las publicaciones se siguieron en el plazo de unos pocos meses. El grupo del HZT lo hizo primero, con un trabajo que presentaba observaciones de 10 supernovas de alto z (Riess et al. 1998). Pocos meses después, el SCP presentaba los resultados del análisis de 42 supernovas en un artículo aceptado por la revista en 1998 pero publicado al año siguiente (Perlmutter et al. 1999).

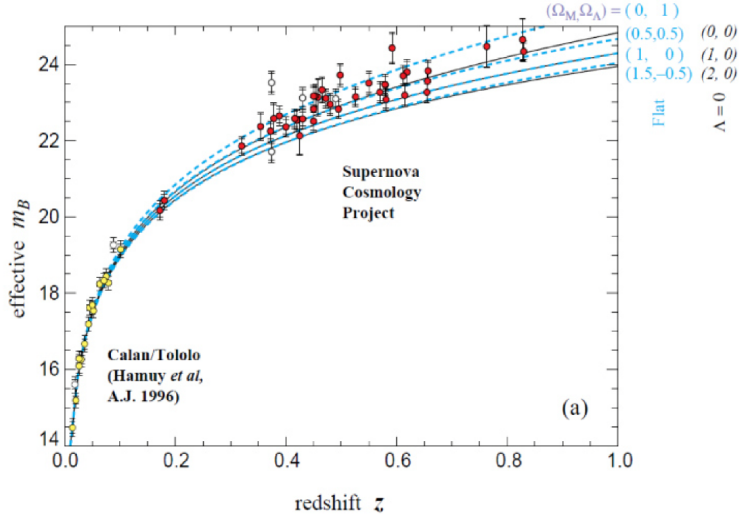


Figura 10: Diagrama magnitud-desplazamiento z usado por el grupo SCP para estudiar la expansión del universo (Perlmutter et al. 1999). Los puntos representan medidas con supernovas y las líneas son posibles modelos de universo. Sólo modelos con aceleración, representada por la constante cosmológica Λ, son capaces de explicar las magnitudes altas (brillos bajos) de las supernovas con z más alto.

Antes de publicar sus resultados los dos grupos tuvieron que vencer muchas reticencias. Ambos equipos esperaban observar que la expansión del universo se ha ido decelerando a lo largo de la historia, como estaba previsto debido a la atracción gravitacional entre las distintas componentes materiales. Los resultados, sin embargo, contradecían esa expectativa inicial. Desde un punto de vista observacional, los datos de ambos grupos mostraban que supernovas más distantes tenían sistemáticamente una magnitud mayor de lo esperado, es decir, eran más debiles de lo predicho si el universo estuviera decelerando su expansión (debido a una convención antigua de unidades, la magnitud de un objeto aumenta a medida que su brillo disminuye). Si las supernovas más lejanas eran más débiles de lo esperado, es porque estaban más lejos de los previsto. La única manera de explicar esta discrepancia era concluir que la expansión del universo se ha ido acelerando con el tiempo, lo contrario de lo inicialmente esperado.

Una manera de entender lo sorprendente del resultado obtenido con las supernovas es usando de nuevo la analogía con el lanzamiento de un objeto hacia arriba. Independiente de que la velocidad de lanzamiento supere la velocidad de escape, el objeto se irá frenando a medida que sube. El universo observado por los grupos SCP y HZT usando supernovas se

comporta de una manera totalmente distinta. Es como si al tirar el objeto hacia arriba, éste no sólo subiera, sino que acelerara su ascensión a medida que gana altura.

La aceleración del universo requiere la presencia de una fuerza a gran escala opuesta a la gravedad. Como vimos antes, la teoría de la Relatividad General proporciona un mecanismo natural con esas características, la constante cosmológica introducida por Einstein en 1917. Por ello, la constante cosmológica fue el mecanismo elegido tanto por el HZT como el SCP para interpretar sus observaciones de supernovas. Esto puede verse en la figura 10, que muestra el diagrama de Hubble creado por el equipo SCP en su trabajo de presentación de los primeros datos de supernovas de alto z. Estas supernovas (42 en total) están representadas por círculos rojos, y complementan los valores obtenidos por otro grupo observando supernovas más próximas (círculos amarillos). Las líneas azules y negras muestran las predicciones teóricas de modelos de universo de distinta densidad de materia (parametrizada con Ω_M) y constante cosmológica (parametrizada con Ω_Λ). Como puede verse, las supernovas observadas son aproximadamente un 15 % más débiles que el caso más extremo sin constante cosmológica (un universo vacío con $\Omega_M = \Omega_\Lambda = 0$). Sólamente añadiendo una constante cosmológica no nula es posible explicar las observaciones obtenidas.

Aunque los resultados de las supernovas eran sorprendentes, el hecho de que fuesen obtenidos por dos grupos independientes y competidores entre sí les dió gran credibilidad desde el principio. Aún así, un resultado tan sorprendente necesita ser validado con observaciones independientes por una comunidad diversa con intereses muchas veces contrapuestos. Por ello, a las publicaciones originales de 1998-99 siguió una avalancha de observaciones para encontrar más supernovas con las que confirmar o refutar los resultados iniciales. Tras más de una década de intenso trabajo, las nuevas medidas han confirmado el resultado inicial. Las supernovas más lejanas son sistemáticamente más débiles, y esto indica que la expansión del universo se ha acelerado con el tiempo. Un ejemplo de los últimos resultados es la figura 11, que presenta una compilación de más de 500 supernovas obtenidas por diferentes grupos a lo largo de una década de trabajo. La enorme cantidad de puntos observacionales, y su bajo nivel de dispersión, permite observar un corportamiento extraordinariamente sistemático que puede ajustarse satisfactoriamente con un modelo de universo en expansión acelerada.

La observación de supernovas adicionales y la extensión del diagrama de Hubble a valores de z cada vez más altos tiene como objetivo ir más allá de verificar la existencia de una aceleración en la expansión del universo. Medir supernovas de z creciente significa remontarse hacia atrás en el tiempo y, de esta manera, poder explorar la historia de la expansión en detalle. Los resultados de supernovas obtenidos en la última década han

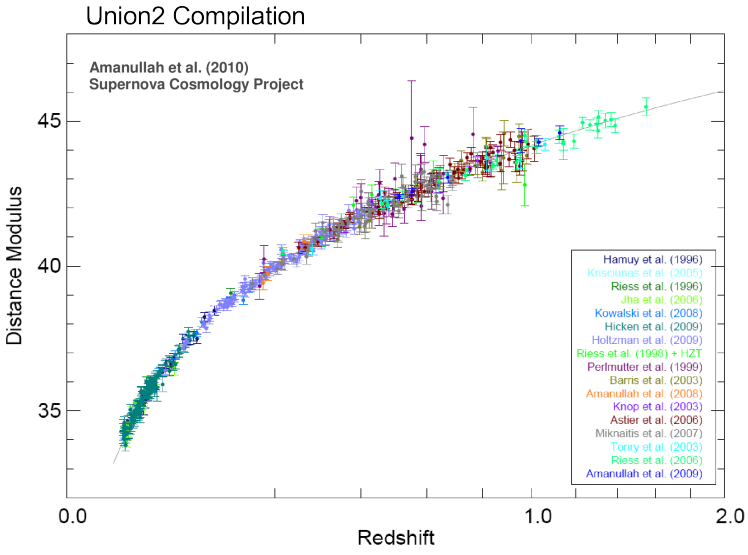


Figura 11: Compilación reciente de supernovas por Amanullah et al. (2010). La combinación de datos de 557 supernovas tipo Ia no sólo confirma las conclusiones originales de los primeros trabajos, sino que permite reconstruir con gran precisión la historia de la expansión acelerada del universo, modelizada en la figura por la línea gris.

permitido reconstruir esa historia de la expansión midiendo los cambios que ésta ha sufrido a lo largo de los últimos casi 10 mil millones de años, lo que representa una parte considerable de la historia total del universo, que tiene 14 mil millones de años. Según estas observaciones, la aceleración del universo es un efecto relativamente reciente, que sólo ha sucedido en los últimos cinco o seis mil millones de años. En épocas anteriores, el universo se deceleraba de la manera esperada por el efecto de la gravedad.

Una combinación de deceleración inicial y aceleración porterior es exactamente lo que predice un modelo de universo con constante cosmológica. Como hemos visto, esta constante juega un papel de fuerza opuesta a la gravedad, y su contribución en cada punto es proporcional al volumen de espacio considerado. Por ello, el aumento de volumen asociado a la expansión del universo hace crecer el efecto de la constante cosmológica de forma sistemática. En una primera fase de su evolución, el universo era relativamente compacto y estaba dominado por la materia. En esta fase, la expansión del espacio estaba limitada por la atracción gravitacional entre las componentes materiales, y el universo se iba decelerando lentamente. A medida que la expansión del espacio progresó,

la contribución de la constante cosmológica fue aumentando gradualmente de forma proporcional al incremento de volumen, y hace cinco o seis mil millones de años esta contribución superó al efecto opuesto de la gravedad. A partir de ese momento, el balance de fuerzas se invirtió, y la constante cosmológica comenzó a dominar la expansión del universo. El resultado es el universo acelerado que observamos actualmente.

Más allá del diagrama de Hubble

Hasta ahora hemos estudiado la expansión del universo centrándonos en el diagrama de Hubble. Históricamente, este diagrama proporcionó las primeras pruebas tanto de la expansión del universo como de su aceleración, pues representa la manera más directa de medir el estado cinemático del universo. Sin embargo, no es la única forma posible. Como sería de esperar, la expansión del universo ha tenido un efecto global y por ello ha dejado su marca en muchos otros fenómenos observables. Estudiando estos fenómenos es posible poner a prueba las conclusiones obtenidas analizando el diagrama de Hubble, y en algunos casos, añadir nueva información sobre la historia de la expansión del universo. Aunque hay un gran número de observables, en esta sección sólo veremos brevemente los dos más importantes.

Una fuente de información única sobre la historia del universo y sus de propiedades tempranas es el fondo cósmico de radiación. Este fondo cósmico es una radiación difusa remanente de la época densa y caliente en la que la materia y la radiación del universo dejaron de convivir en equilibrio. Ello sucedió unos 400 000 años después del principio de la expansión, lo que llamamos el Big Bang. En la actualidad, el fondo de radiación es detectable sobre todo a frecuencias radio, y su descubrimiento accidental en 1965 fue galardonado con un premio Nobel de física a Arno A. Penzias y Robert W. Wilson en 1987.

Una propiedad importante del fondo de radiación es su extraordinaria homogeneidad espectral y espacial. La distribución de la radiación en frecuencias es, dentro de las incertidumbres de la medida, la de un cuerpo negro perfecto de aproximadamente 2,7 K de temperatura. En cuanto a su distribución espacial, la radiación es homogénea (salvo la presencia de una componente dipolar) mejor que una parte en 10 000. Sólo con medidas de alta precisión, como las del satélite Cosmic Background Explorer (COBE), ha sido posible medir las inhomogeneidades espaciales en la distribución del fondo de radiación. Estas inhomogeneidades reflejan las fluctuaciones de densidad y temperatura del universo en el momento en que se generó el fondo de radiación, y son las semillas de la estructura que dio lugar a las galaxias y los cúmulos de galaxias actuales. El descubrimiento en 1992 de estas inhomogeneidades con observaciones del satélite COBE fue

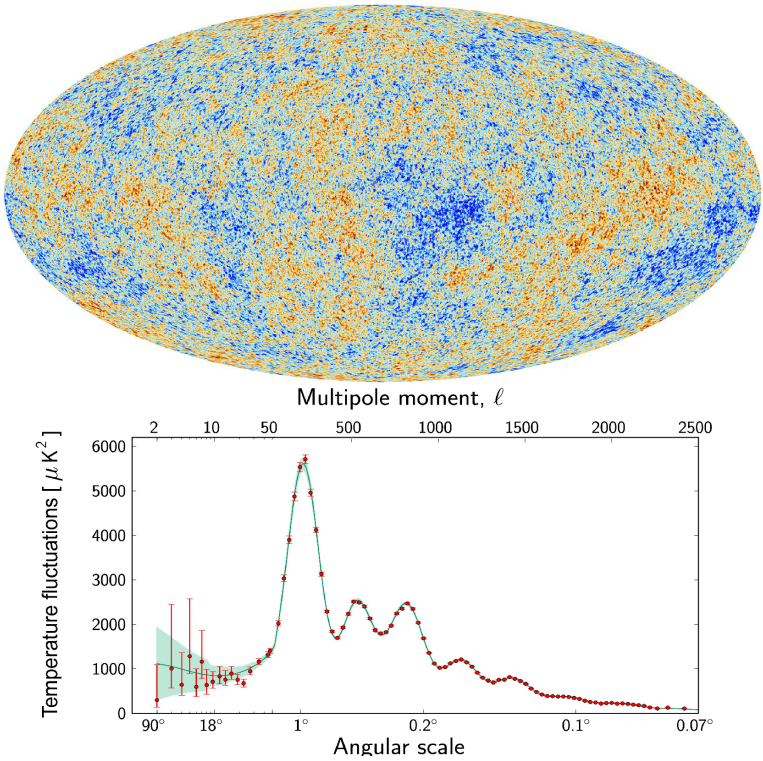


Figura 12: Resultados del análisis de las inhomogeneidades del fondo cósmico observadas con el satélite Planck. Arriba: mapa de la distribución espacial de las inhomogeneidades (aumentadas un factor 5.400 para hacerlas visibles). Abajo: descomposición de las inhomogeneidades en función de la escala angular, desde 90° a 4′. La línea verde es un modelo de universo con materia y energía oscura que ajusta los datos dentro del nivel de ruido. Cortesía ESA y Planck Collaboration.

galardonado también con el premio Nobel de física a John C. Mather y George F. Smoot en 2006.

El estudio de las inhomogeneidades del fondo cósmico se realiza observando la intensidad de la radiación en todas direcciones, y midiendo el nivel de los cambios de brillo a cada escala angular, desde decenas de grados hasta segundos de arco. A las medidas originales del satélite COBE se han añadido nuevas observaciones obtenidas desde tierra, globos sonda y nuevas generaciones de satélites, como el estadounidense Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) y el europeo Planck. Estas medidas

revelan el estado del plasma de bariones y fotones que componía el universo cuando la radiación se originó, y corresponden a una medida del universo con un desplazamiento al rojo z de approximadamente 1.100. Desde este momento de emisión, la radiación del fondo cósmico ha viajado por el espacio y, por ello, las inhomogeneidades originales llevan superpuestas los efectos de la expansión del universo. Observando esas inhomogeneidades, podemos remontarnos a una época en la que todavía no había ni galaxias ni supernovas, y que es por tanto inaccesible usando la técnica del diagrama de Hubble.

Otra fuente de información sobre la expansión del universo son las llamadas oscilaciones acústicas de bariones (abreviadas BAO en inglés). Estas oscilaciones son el resultado de la evolución temporal de las fluctuaciones originales de densidad y temperatura que dieron lugar a las inhomogeneidades del fondo cósmico. Con el tiempo, estas inhomogeneidades dejaron su huella en la materia bariónica que dio lugar a las galaxias y, por ello, su presencia se manifiesta como una ligera tendencia de las galaxias a presentar un exceso de separaciones a cierta distancia característica. Observaciones de decenas de miles de galaxias, como las realizadas por el proyecto Sloan Digital Sky Survey, han encontrado evidencia de este exceso de galaxias a separaciones de unos 150 Mpc, confirmando las espectativas teóricas y proporcionando una importante medida de una escala característica de la estructura del universo.

La combinación de los resultados de supernovas, anisotropías del fondo cósmico de radiación y oscilaciones acústicas de bariones proporciona una prueba de autoconsistencia muy fuerte al modelo de expansión acelerada del universo. De forma independiente, cada observación sugiere un universo en expansión acelerada. Juntas, las observaciones pueden usarse para determinar con gran precisión la composición material y energética del universo. Esto puede verse en la figura 13, que muestra las regiones del plano (Ω_M, Ω_Λ) favorecidas por cada uno de los tres métodos: diagrama de Hubble con supernovas (SNe), fondo cósmico de radiación (CMB), y oscilaciones acústicas de bariones (BOA). Debido a la existencia de errores experimentales y a cierta ambiguedad en la determinación de parámetros, ninguno de los tres métodos es capaz de medir con precisón los valores de Ω_M y Ω_Λ del universo. Cada método favorece una banda de probabilidad, y por tanto una posible combinación de los dos parámetros. La intersección de las tres bandas, sin embargo, restringe enormemente el nivel de ambiguedad, y determina con mucha precisón el valor más probable de Ω_M y Ω_Λ. Como puede verse, los resultados actuales sugieren que la densidad total de materia en el universo Ω_M es aproximadamente 0,3 veces la densidad crítica, y que la contribución de la constante cosmológica Ω_Λ es del orden de 0,7.

Un resultado adicional de la determinación de Ω_M y Ω_Λ mostrada en la figura 13 es que la suma de las dos cantidades es muy próxima a la unidad.

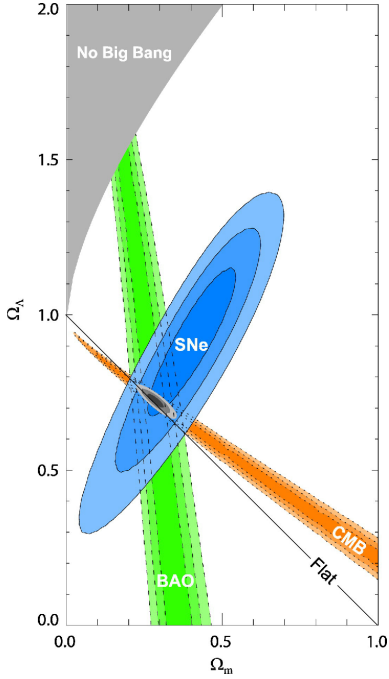


Figura 13: Determinación de los parametros cosmológicos Ω_M y Ω_Λ combinando datos de supernovas (SNe), fondo cósmico de radiación (CMB) y oscilaciones acústicas de bariones (BAO). Cada uno de los métodos favorece una amplia región del plano (Ω_M, Ω_Λ), mientras que la intersección restringe los valores a aproximadamente 0,3 y 0,7. (Kowalski et al. 2008).

Como vimos, la suma de las dos contribuciones proporciona una medida de la geometría global del universo, y en particular de su curvatura. Un valor igual a uno equivale al espacio plano al que estamos acostumbrados en la geometría euclidiana, en el que las rectas paralelas no se cruzan y los ángulos de los triángulos suman 180 grados. Tal tipo de espacio es precisamente el predicho por el modelo inflacionario, según el cual, inmediatamente después del Big Bang, existió una época en la que el universo se expandió de manera desbocada.

¿De qué está hecho el universo?

La consistencia entre los resultados de los distintos métodos ilustrados en la figura 13 sugiere que la determinación de parámetros cosmológicos

como Ω_M y Ω_Λ ha alcanzado un alto grado de fiabilidad. Aunque el acuerdo entre los distintos métodos no es perfecto, como ilustran algunas diferencias existentes entre la determinación de la constante de Hubble a partir de supernovas y a partir del fondo cósmico, las diferencias son del orden del 5%, lo que está muy lejos del factor dos que existía en un pasado no muy lejano. Una lectura optimista de la situación es que hemos alcanzado una determinación cuantitativa precisa de los parámetros fundamentales del universo.

En contraste con lo anterior, la interpretación de los resultados cosmológicos en términos físicos dista mucho de ser satisfactoria. Por ejemplo, hemos visto que la densidad de materia en el universo Ω_M es aproximadamente 0,3 veces la densidad crítica. Sin embargo, un gran número de observaciones independientes muestra que la densidad bariónica del universo no llega a 0,05 veces la densidad crítica, lo que representa sólo la sexta parte del total. Esto significa que la mayor parte de la materia del universo pertenece a una categoría no bariónica cuya naturaleza desconocemos, y que es distinta de la materia (bariónica) de que están hechos los planetas, las estrellas, y el plasma caliente que se observa en el interior de los cúmulos de galaxias.

La discrepancia entre la cantidad materia que observamos y la que parece contribuir a las fuerzas gravitacionales en el universo no es nueva. En los años treinta Fritz Zwicky notó que la masa necesaria para equilibrar el cúmulo de galaxias de Coma es mayor que la observada, y que la estabilidad de ese sistema requiere una importante cantidad de material invisible ("oscuro") (Zwicky 1937). En 1980, observaciones hechas por Vera Rubin y colaboradores mostraron que la rotación de numerosas galaxias espirales requiere también la presencia de grandes cantidades de materia invisible en la zonas más externas (Rubin et al. 1980). Estos resultados han sido confirmados por un gran número de observaciones adicionales, tanto de galaxias como de cúmulos de galaxias y lentes gravitacionales. Todas estas observaciones sugieren que el universo, ademas de la materia que emite luz y otros tipos de radiación, contiene una cantidad aún mayor de "materia oscura". Aunque algunos modelos han tratado de explicar este tipo de observaciones como resultado de una desviación de la fuerza de la gravedad de su valor teórico y no como consecuencia de la presencia de materia oscura, el hecho de que Ω_M supere por un factor 6 la estimación de la densidad de materia bariónica hace prácticamente inevitable concluir que la mayor parte de la materia en el universo es de una naturaleza no bariónica que todavía desconocemos.

Si el término material Ω_M encierra una contribución mayoritaria de materia éxotica, el término Ω_Λ representa una componente aún más misteriosa. Como vimos, esta componente parece representar una fuerza del vacío que se opone a la gravedad y no tiene análogo en la física newtoniana. Un candidato natural para ella es la constante cosmológica,

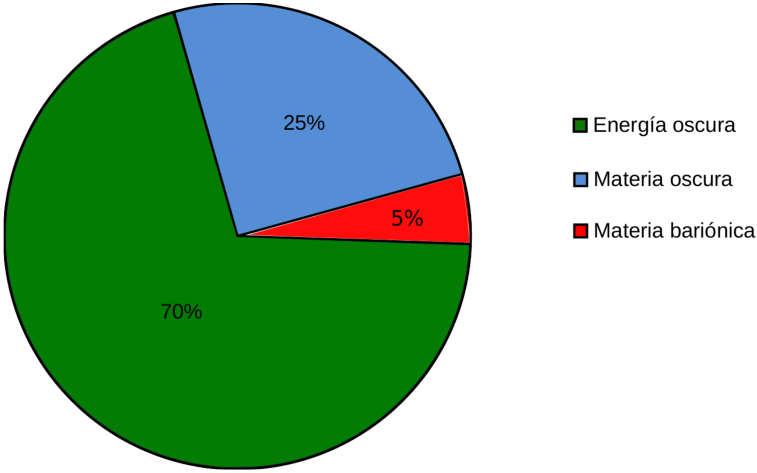


Figura 14: Composición aproximada del universo. Sólo un 5 % del universo está hecho de la materia bariónica que conocemos (principalmente neutrones, protones y electrones). El resto son las componentes "oscuras", cuya naturaleza todavía se nos escapa.

y los primeros resultados de supernovas fueron interpretados en términos de esta constante. Este punto de vista sigue siendo mayoritario en la comunidad astronómica, y está reforzado por el hecho de que la constante cosmológica explica también la observación de que la aceleración actual fue precedida de una deceleración inicial.

Aunque esté bien descrita por las ecuaciones de la Relatividad General, la constante cosmológica es una fuerza misteriosa. Como reconoció el propio Georges Lemaître (Lemaître 1934), la constante cosmológica puede entenderse en términos de una energía propia del vacio y, en el contexto de la mecánica cuántica, este tipo de energía surge de manera natural debido a las fluctuaciones cuánticas que resultan de la creación de pares de partículas virtuales. Desgraciadamente, no disponemos todavía de una teoría satisfactoria que combine los principios de la mecánica cuántica y la Relatividad General, por lo que la equivalencia entre la constante cosmológica y la energía del vacio cuántico es incompleta. Además, una estimación numérica de esta energía cuántica predice un valor incorrecto para la constante cosmológica por 120 órdenes de magnitud, lo que supone un nivel de inconsistencia alarmante. Por ello, es común referirse al agente causante de la aceleración del universo con la expresión "energía oscura", que combina en un mismo término la idea de una componente energética del vacío con la idea de que su origen es tan desconocido como la naturaleza de la materia oscura.

Aunque consistente con las observaciones, la constante cosmológica no es la única forma posible de energía oscura. Un gran número de mecanismos alternativos han sido propuestos para explicar la expansión acelerada del universo, y el estudio de sus implicaciones teóricas y observacionales es un campo de gran actividad. Una alternativa popular es la llamada quintaesencia, que representa una componente energética que, a diferencia de la constante cosmológica, puede variar con el tiempo (Caldwell et al. 1998). Otra línea de investigación activa es la posibilidad de que la aceleración del universo se explique en términos de correcciones a las ecuaciones de Einstein, y no represente una componente energética adicional (Carroll et al. 2004). Esta riqueza y variedad de alternativas propuestas (en promedio una al día en palabras de Saul Permutter) refleja tanto la creatividad de los científicos como la importancia del problema.

Por supuesto, la última palabra sobre origen de la expansión acelerada la tiene el propio universo. A falta de un laboratorio terrestre donde explorar las distintas alternativas, las observaciones astronómicas son la única herramienta disponible para entender el origen de esta aceleración. Por ello, vivimos un momento de extrema actividad observacional, con nuevos proyectos que empiezan a observar, como el Dark Energy Survey en Chile, y otros que empiezan a ponerse en marcha, como el satélite europeo Euclid. La carrera para entender la misteriosa naturaleza de la energía oscura acaba de comenzar, y nadie duda de que hay un premio Nobel en la meta esperando al equipo ganador.

Referencias

(La mayoría de las siguientes referencias pueden consultarse libremente a través del servicio Astrophysics Data System (ADS) de SAO/NASA, http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html).

Amanullah, R. et al. 2010, "Spectra and Hubble Space Telescope Light Curves of Six Type Ia Supernovae at $0.511 < z < 1.12$ and the Union2 Compilation", Ap.J., 716, 712

Baade, W. 1956, "The Period-Luminosity Relation of the Cepheids", P.A.S.P., 68, 5

Caldwell, R. R., Dave, R., & Steinhardt, P. J. 1998, "Cosmological Imprint of an Energy Component with General Equation of State", Physical Review Letters, 80, 1582

Carroll, S. M., Duvvuri, V., Trodden, M., & Turner, M. S. 2004, "Is Cosmic Speed-up Due to New Gravitational Physics?", Physical Review D, 70, 043528

Chandrasekhar, S. 1931, "The Maximum Mass of Ideal White Dwarfs", Ap.J., 74, 81

de Sitter, W. 1917, "Einstein's Theory of Gravitation and its Astronomical Consequences. Third paper", M.N.R.A.S., 78, 3

Eddington, A.S. 1930, "On the Instability of Einstein's Spherical World", M.N.R.A.S., 90, 668

Einstein, A. 1905, "Zur Elektrodynamik bewegter Körper", Annalen der Physik, 322, 891

Einstein, A. 1916, "Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie", Annalen der Physik, 354, 769

Einstein, A. 1917, "Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie", Sitzungsberichte der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften (Berlin), 142

Einstein, A., de Sitter, W. 1932, "On the Relation between the Expansion and the Mean Density of the Universe", P.N.A.S, 18, 213

Freedman, W.L. Madore, B.F. 2010, "The Hubble Constant", Annual Reviews of Astronomy and Astrophysics, 48, 273.

Freedman, W. L., et al. 2001, "Final Results from the Hubble Space Telescope Key Project to Measure the Hubble Constant", Ap.J., 553, 47

Friedmann, A. 1922, "Über die Krümmung des Raumes", Zeitschrift fur Physik, 10, 377

Harrison, E. 1993, "The Redshift-Distance and Velocity-Distance Laws", Ap.J., 403, 28

Hubble, E. P. 1925, "Cepheids in Spiral Nebulae", Popular Astronomy, 33, 252

Hubble, E. 1929, "A Relation between Distance and Radial Velocity among Extra-Galactic Nebulae", P.N.A.S., 15, 168

Hubble, E., & Humason, M. L. 1931, "The Velocity-Distance Relation among Extra-Galactic Nebulae", Ap.J., 74, 43

Humason, M. L., Mayall, N. U., & Sandage, A. R. 1956, "Redshifts and Magnitudes of Extragalactic Nebulae", A.J., 61, 97

Kowalski, M. et al. 2008, "Improved Cosmological Constraints from New, Old, and Combined Supernova Data Sets", Ap.J., 686, 749

Kragh, H., & Smith, R. W. 2003, "Who Discovered the Expanding Universe?", History of Science, 41, 141

Leavitt, H. S. 1908, "1777 Variables in the Magellanic Clouds", Annals of Harvard College Observatory, 60, 87

Lemaître, G. 1927, "Un Univers Homogène de Masse Constante et de Rayon Croissant Rendant Compte de la Vitesse Radiale des Nébuleuses Extra-galactiques", Annales de la Societe Scietifique de Bruxelles, 47, 49

Lemaître, G. 1931, "Expansion of the Universe, A Homogeneous Universe of Constant Mass and Increasing Radius Accounting for the Radial Velocity of Extra-galactic Nebulae", M.N.R.A.S., 91, 483

Lemaître, G. 1934, "Evolution of the Expanding Universe", P.N.A.S., 20, 12

Lineweaver, C. H., & Davis, T. M. 2005, "Misconceptions about the Big Bang", Scientific American, 292, 36

Livio, M. 2011, "Lost in Translation: Mystery of the Missing Text Solved", Nature, 479, 171

Luminet, J.-P. 2013, "Editorial Note to: Georges Lemaître, A Homogeneous Universe of Constant Mass and Increasing Radius Accounting for the Radial Velocity of Extra-galactic Nebulae", General Relativity and Gravitation, 45, 1619

Lundmark, K. 1925, "The Motions and the Distances of Spiral Nebulæ", M.N.R.A.S., 85, 865

Nussbaumer, H., Bieri, L., & Sandage, A. 2009, "Discovering the Expanding Universe", Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Peebles, P. J. E. 1993, Principles of Physical Cosmology, Princeton University Press

Perlmutter, S. et al., 1999, "Measurement of Ω and Λ from 42 High-Redshift Supernovae", Ap.J., 517, 565

Planck Collaboration, 2013, "Planck 2013 results. XVI. Cosmological Parameters", arXiv:1303.5076

Riess, A.G. et al., 1998, "Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant", A.J., 116, 1009

Rubin, V. C., Ford, W. K. J., & . Thonnard, N. 1980, "Rotational Properties of 21 SC Galaxies with a Large Range of Luminosities and Radii, from NGC 4605 (R = 4kpc) to UGC 2885 (R = 122 kpc)", Ap.J., 238, 471

Sandage, A. 1958, "Current Problems in the Extragalactic Distance Scale", Ap.J., 127, 513

Slipher, V.M. 1917, "Nebulae", Proceedings of the American Philosophical Society, 56, 403

van den Bergh, S. 2011, "The Curious Case of Lemaître's Equation No. 24", J.R.A.S.C., 105, 151

Wirtz, C. 1924, "De Sitters Kosmologie und die Radialbewegungen der Spiralnebel", Astronomische Nachrichten, 222, 21

Zwicky, F. 1937, "On the Masses of Nebulae and of Clusters of Nebulae", Ap.J., 86, 217

ÍNDICE ALFABÉTICO DE MATERIAS

Índice alfabético

Año
    duración, 124
Aberración
    ánua, 367
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, 245–256
    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, 259–269
    de largo periodo, 258
    elementos orbitales, 258–266
    que pasan por el perihelio este año, 36, 258
Composición
    abundancia solar de elementos químicos, 127
    moléculas en el medio interestelar, 376
Constantes
    astronómicas, 371
    astronómicas para J2000, 127
    atómicas y espectroscópicas, 370
    cosmológicas, 371
    electromagnéticas, 370
    equivalencias útiles, 180, 310, 371
    factores de conversión, 371
    fundamentales, 370

prefijos del SI, 372
Constelaciones
del cielo mes a mes, 38–61
esquemas, 286–291
posición y tamaño, 283–285
Coordenadas
aparentes (aberración), 367
geográficas, *véase* Posiciones geográficas
medias (precesión), 364–366
verdaderas (nutación), 367
Corrección de las coordenadas
por aberración ánua, 367
por nutación, 367
por precesión, 364–366
por refracción atmosférica, 368–369
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, 70–73
de Luna futuros, 76
de Sol durante este año, 66–69
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, 364–369
cercanas, 297
constelaciones, *véase* Constelaciones
de gran mov. propio, 297
dobles, 302–305
equivalencias en distancias, 310
magnitud y brillo, 308
nombres usuales, 292–294
ocultación por la Luna, 34–35
Pléyades, 294
Polar, *véase* Polar
variables, 305–308
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, 358–360
variación secular, 360

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

Interpolación
directa, 372–374
inversa, 374

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 2014), 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, 189–202
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 2014), 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 2014), 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, 201
efemérides orbitales, 17
efemérides para observaciones físicas, 202
satélites, 212–224
Nutación
paso de coordenadas medias a verdaderas, 367

Oblicuidad de la eclíptica
durante el año, 124
Observaciones físicas
de los planetas, 189–202
del Sol, 130–141
Observatorios
en el mundo, 349
en España, 348
Ocultaciones
de asteroides por la Luna, 33–34
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, 204
Ortos y ocasos
de la Luna, 173–175
de los planetas, 203
del Sol, 130–141, 144–147

Parsec, año luz, Unidad Astronómica
equival., múltiplos, 310, 371
Planetas
órbita, 180–182, 204
atmósfera, 185
datos físicos, 184
declinación durante el año, 186
descubrimiento, 186
efemérides, 188–203
elementos orbitales, 182, 204
fórmulas, 204
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, 203
paso por el meridiano, 204
posiciones geocéntricas y heliocéntricas, 204–206
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, 364
cálculo exacto, 366
efecto sobre las coordenadas ecuatoriales, 364–366

Refracción
corrección de la altura observada, 368–369
fórmula aproximada, 368

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 2014), 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, 355
Magnitud, 358
sismicidad España, 350–353
sismicidad mundial, 353–355
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, 358–360
masa, tamaño, 342
órbita, *véase* Orbita de la Tierra
periodo de rotación, 115
rotación, 343
satélites, 212–224
sismicidad, 350–358
unidades terrestres, 341

Unidades
astronómicas, 310, 371
día, 94
equivalencias útiles, 180, 310
factores de conversión, 371
segundo, 94
Urano
conjunción y oposición, 17
constelaciones recorridas, 17
datos orbitales, físicos y fotométricos, 181–185
descubrimiento, 186
efemérides, 199
efemérides orbitales, 17
efemérides para observaciones físicas, 200

satélites, 212–224
visibilidad (en 2014), 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 2014), 18–20

Zodíaco
definición, 17
entrada del Sol en signos, 17