

# Anuario del Real Observatorio 2017



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE FOMENTO

INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
NACIONAL



ANUARIO  
DEL  
REAL  
OBSERVATORIO  
DE MADRID  
PARA 2017

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 2016  
Depósito legal: **M. 7.390-1958**  
NIPO: **162-09-...-.**  
ISSN: **0373-...**

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



**Ministerio de Fomento**  
Instituto Geográfico Nacional

ANUARIO  
DEL  
REAL  
OBSERVATORIO  
DE MADRID  
PARA 2017



## POSICIONES GEOGRÁFICAS

### REAL OBSERVATORIO DE MADRID

*(Centro del piso de la rotonda del edificio Villanueva)*<sup>1</sup>

Latitud ..... 40°24'30"0  
 Longitud<sup>2</sup> ..... -14<sup>m</sup>45;10 ... -03°41'16"5  
 Altitud ..... 655,36 m

### OBSERVATORIO DE YEBES

*(Centro del radomo del radiotelescopio de 14 m)*

Latitud ..... 40°31'31"2  
 Longitud ..... -12<sup>m</sup>21;15 ... -03°05'17"3  
 Altitud ..... 931 m

### ESTACIÓN DE OBSERVACIÓN DE CALAR ALTO

*(Coordenadas del telescopio de 1,52 m)*

Latitud ..... 37°13'27"1  
 Longitud ..... -10<sup>m</sup>11;59 ... -02°32'53"9  
 Altitud ..... 2.165 m

---

<sup>1</sup>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.

<sup>2</sup>La longitud se considera positiva al Este y negativa al Oeste del meridiano que pasa por Greenwich.

## PRÓLOGO

En el proceso de actualización y desarrollo de la naturaleza y capacidades científico-técnicas de las dependencias e instalaciones del Real Observatorio de Madrid (ROM) en el que se enmarcan las actuaciones institucionales más importantes realizadas por el ROM durante estos últimos años, de entre las realizadas a lo largo de 2016, destaca notablemente, por su significación y trascendencia científico-técnica, la obtención de las primeras franjas de interferencias transatlánticas obtenidas con radiotelescopios tipo VGOS (antenas de gran velocidad de movimiento, con receptores de banda ancha); en concreto, con el radiotelescopio del Goddard Geophysical and Astronomical Observatory (NASA) y el del Observatorio de Haystack (MIT), en Estados Unidos; con el de la Estación de Wettzell (BKG), en Alemania; y con el del Observatorio de Yebes (CNTRAG/IGN), de España. Estas observaciones, realizadas en junio de 2016, han puesto fehacientemente de manifiesto la operatividad de los desarrollos tecnológicos e instrumentales que incorpora el sistema VGOS (VLBI Geodetic Observing System), y con ello, la posibilidad de determinar distancias intercontinentales con precisiones del orden de 1 mm (esto es, un orden de magnitud mejores que las que se consiguen en la actualidad, de 1-2 cm). En referencia a este resultado, en el boletín “IVS Newsletter” (agosto 2016) del Servicio Internacional de VLBI Geodésico y Astrométrico que edita la NASA, se recoge, en primera página, una noticia que concluye con la frase final: “There is still a lot of work ahead before the next step with respect to scientific observations, but this represents a wonderful step to achieving the goal of an integrated geodetic broadband VGOS network”.

En relación con este logro, cabe señalar el inminente comienzo de las observaciones con el radiotelescopio de RAEGE, en Santa María (Azores), así como el comienzo de la instalación de la nueva estación de RAEGE en Gran Canaria y de su radiotelescopio VGOS de 13,2 m. El objetivo marcado es que, para 2018, la Red Atlántica de Estaciones Geodinámicas y Espaciales (RAEGE) entre, como tal red, en funcionamiento operativo.

También en Canarias, durante 2016 se ha realizado un importante desarrollo de la instrumentación geoquímica utilizada en vigilancia volcánica (estaciones en El Hierro y Tenerife par la medida del flujo difuso de CO<sub>2</sub>, con transmisión de datos en tiempo real al Centro Geofísico de Canarias). Estas estaciones van provistas de sensores meteorológicos y del suelo (temperatura y humedad).

**Jesús Gómez González**

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

Octubre de 2016

## CAMBIOS RESPECTO DE LAS EDICIONES PRECEDENTES

En el capítulo del Sol se ha añadido un apartado dedicado a las manchas solares en la que se incluye una tabla con los promedios anuales del número de manchas diario observado durante los últimos años, basada en la recalibración realizada el 1 de julio de 2015 por el SIDC (Solar Influences Data Analysis).

En los capítulos del Sol, la Luna, los Planetas y Tablas se han modificado varias unidades (masa solar, radiosolar,...) debido a la aplicación de las resoluciones B2 y B3 adoptadas en las asambleas generales de la IAU de 2015.

En el capítulo correspondiente a los Objetos Menores del Sistema Solar se ha actualizado la tabla de los satélites de los planetas enanos utilizando valores más precisos para Plutón, obtenidos de la publicación del mes de junio de Nature, y añadiendo una nueva luna de Makemake. Además debido al elevado ritmo actual de descubrimiento de nuevas cometas, se han reducido las tablas de cometas de corto periodo dejando únicamente los primeros 75 cometas numerados.

Por último, en el capítulo Tablas hemos actualizado la tabla de moléculas detectadas en el medio interestelar y circumestelar.

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/](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

Sánchez Ramos, María

Alonso Albi, Tomás

Soria Ruiz, Rebeca

Desmurs, Jean-François

Tafalla García, Mario

García Burillo, Santiago

Usero Villanueva, Antonio

Planesas Bigas, Pere

Geofísica:

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

Abella Meléndez, Rafael

Gomis Moreno, Almudena

Benito Saz, María Ángeles

González Alonso, Elena

Calvo García-Maroto, Marta

Lamolda Ordóñez, Héctor

del Fresno, Carmen

López Díaz, Rubén

Felpeto Rielo, Alicia

Rueda Núñez, Juan José

Fernández de Villalta, María

Sainz-Maza Aparicio, Sergio

García Arias, María José

Villasante Marcos, Víctor

García Cañadas, Laura

## **DIRECCIONES DE LAS DEPENDENCIAS DEL ROM**

### Sede central:

Real Observatorio de Madrid  
Alfonso XII, 3  
28014 Madrid

### Gran Instalación Científica:

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

### Sede en el campus de la Universidad de Alcalá:

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

### Observatorios con participación del IGN en España:

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

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

# Índice temático

## Fenómenos astronómicos:

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

## 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	159
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:

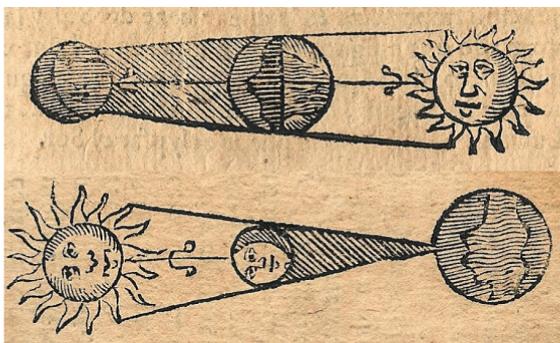
Planetas enanos	232
Asteroides	241
Cometas	256
Meteoros y lluvias de meteoros	261

### Efemérides estelares:

Estrella Polar	263
Mínimos de Algol y $\beta$ Lyr	268
Máximos de variables tipo Mira	269

Catálogos:	
Constelaciones	274
Estrellas:	284
Brillantes	289
Dobles	294
Variables	296
Relación entre magnitud y brillo	301
Conversión de distancias en la Vía Láctea	302
Vía Láctea:	
Características de la Vía Láctea	304
Cúmulos estelares	306
Nebulosas	308
Catálogo de Messier de objetos difusos	313
Objetos extragalácticos	317
La Tierra:	
Datos físicos, geodésicos y cartográficos:	333
Elipsoides de referencia	335
Posiciones geográficas de ciudades	338
Posiciones geográficas de observatorios	340
Datos geofísicos	342
Datos sísmicos	342
Datos geomagnéticos	352
Tablas complementarias:	
Corrección de coordenadas astronómicas:	
Tablas y fórmulas de precesión	358
Fórmulas de nutación y aberración	361
Corrección de refracción atmosférica	362
Tablas de constantes físicas y astronómicas	364
Interpolación numérica	366
Moléculas interestelares	370
Artículos de divulgación:	
Luchas de titanes: interacciones y fusiones de galaxias por <i>Almudena Alonso Herrero</i>	377
Discos circunestelares: la cuna de los planetas por <i>Tomás Alonso Albi</i>	403
Necrológica de José Pensado Iglesias	431
Índice alfabético	435

# 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  $-90^\circ$  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  $-180^\circ$  y  $+180^\circ$  o entre  $-12^h$  y  $+12^h$ .

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:

$$\text{día juliano} = 2457753,5 + \text{día del año} + \text{TU}/24^h$$

## 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 (1901-2000)	2000	20 <sup>d</sup> 07 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup>	21 <sup>d</sup> 01 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup>	22 <sup>d</sup> 17 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup>	21 <sup>d</sup> 13 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup>
	1903	21 <sup>d</sup> 19 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>	22 <sup>d</sup> 15 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup>	24 <sup>d</sup> 05 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup>	23 <sup>d</sup> 00 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup>
XXI (2001-2100)	2096	19 <sup>d</sup> 14 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup>	20 <sup>d</sup> 06 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup>	21 <sup>d</sup> 22 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup>	20 <sup>d</sup> 20 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup>
	2003	21 <sup>d</sup> 01 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup>	21 <sup>d</sup> 19 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup>	23 <sup>d</sup> 10 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup>	22 <sup>d</sup> 07 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup>

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 2017

### Inicio de las estaciones

Hemisferio boreal	Fecha y hora en Tiempo Universal (TU)	Hemisferio austral	duración en días
Primavera	20 de marzo a las 10 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup>	Otoño	92,75
Verano	21 de junio a las 04 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup>	Invierno	93,65
Otoño	22 de setiembre a las 20 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup>	Primavera	89,85
Invierno	21 de diciembre a las 16 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup>	Verano	88,99

### Órbita de la Tierra

Perihelio (distan. mínima)	4 de enero a las 15 <sup>h</sup> TU	0,983310 ua
Afelio (distan. máxima)	3 de julio a las 20 <sup>h</sup> TU	1,016675 ua

ua = unidad astronómica = 149597870 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	05 19 47	Ene	12 11 34	Ene	19 22 13
Ene	28 00 07	Feb	04 04 19	Feb	11 00 33	Feb	18 19 33
Feb	26 14 58	Mar	05 11 32	Mar	12 14 54	Mar	20 15 58
Mar	28 02 57	Abr	03 18 39	Abr	11 06 08	Abr	19 09 57
Abr	26 12 16	May	03 02 47	May	10 21 42	May	19 00 33
May	25 19 44	Jun	01 12 42	Jun	09 13 10	Jun	17 11 33
Jun	24 02 31	Jul	01 00 51	Jul	09 04 07	Jul	16 19 26
Jul	23 09 46	Jul	30 15 23	Ago	07 18 11	Ago	15 01 15
Ago	21 18 30	Ago	29 08 13	Set	06 07 03	Set	13 06 25
Set	20 05 30	Set	28 02 54	Oct	05 18 40	Oct	12 12 25
Oct	19 19 12	Oct	27 22 22	Nov	04 05 23	Nov	10 20 36
Nov	18 11 42	Nov	26 17 03	Dic	03 15 47	Dic	10 07 51
Dic	18 06 30	Dic	26 09 20				

### Eclipses

Fecha	Astro	Tipo	Visibilidad
Feb 10/11	Luna	penumbral	América, Europa, África y Asia
Feb 26	Sol	anular	Sudamérica, África y Antártida
Ago 07	Luna	parcial	Australia, Asia, África y Europa
Ago 21	Sol	total	América, Europa y África

En 2018 habrá tres eclipses de Sol y dos de Luna. El próximo eclipse solar, visible en el oeste de España en sus últimas fases, tendrá lugar el día 21 de agosto de 2017.

**Mercurio**

		Máximas elongaciones					
Oeste		Este		Oeste		Este	
Ene	19 24°,1	Abr	1 19°0	May	17 25°8	Jul	30 27°2
Set	12 17°9	Nov	24 22°0				

Órbita		Brillo máximo (magnitud V)	
Estacionario	Ene 8, May 2, Set 4, Dic 23	Mar	8 -1,7
Conjunción superior	Mar 7, Jun 21, Oct 8	Jun	21 -2,2
Estacionario	Abr 10, Ago 12, Dic 3	Oct	7 -1,5
Conjunción inferior	Abr 20, Ago 26, Dic 13		
Afelio	Feb 7, May 6, Ago 2, Oct 29		
Perihelio	Mar 23, Jun 19, Set 15, Dic 12		

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

**Venus**

Órbita			Brillo máximo (magnitud V)	
Máxima elongación Este	Ene 12	47°,1	Feb	18 -4,5
Estacionario	Mar 2		Abr	26 -4,4
Conjunción inferior	Mar 25	0,281 ua		
Máximo acercamiento a la Tierra	Mar 25	0,28105 ua		
Estacionario	Abr 12			
Máxima elongación Oeste	Jun 3	45°,9		
Perihelio	Feb 20, Oct 3			
Afelio	Jun 12			

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

**Marte**

Órbita		Brillo máximo (magnitud V)	
En nodo ascendente	Feb 27	A principios de año	
Conjunción	Jul 27		
Afelio	Oct 7 1,666 ua		
Estaciones en el hemisferio Norte:			
Equinoccio de primavera	May 5		
Solsticio de verano	Nov 20		

## Planetas exteriores

Planeta	Conjunción	Estacionario	Oposición	Estacionario	Conjunción
Júpiter		Feb 6 <sup>d</sup> 19 <sup>h</sup>	Abr 7 <sup>d</sup> 21 <sup>h</sup>	Jun 10 <sup>d</sup> 05 <sup>h</sup>	Oct 26 <sup>d</sup> 18 <sup>h</sup>
Saturno		Abr 6 <sup>d</sup> 05 <sup>h</sup>	Jun 15 <sup>d</sup> 10 <sup>h</sup>	Ago 25 <sup>d</sup> 15 <sup>h</sup>	Dic 21 <sup>d</sup> 20 <sup>h</sup>
Urano	Abr 14 <sup>d</sup> 05 <sup>h</sup>	Ago 3 <sup>d</sup> 10 <sup>h</sup>	Oct 19 <sup>d</sup> 17 <sup>h</sup>		
Neptuno	Mar 2 <sup>d</sup> 03 <sup>h</sup>	Jun 16 <sup>d</sup> 23 <sup>h</sup>	Set 5 <sup>d</sup> 05 <sup>h</sup>	Nov 22 <sup>d</sup> 20 <sup>h</sup>	

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

Los días 8 de abril y 15 de junio se producirán los máximos acercamientos anuales de Júpiter y Saturno a la Tierra, alcanzando unos diámetros de 44''2 y 18''4, respectivamente.

Júpiter pasará por el afelio de su órbita el 17 de febrero, siendo su distancia al Sol de 5,46 ua.

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 2017 de 26°.

## Entrada del Sol en los signos del zodiaco (TU)

Acuario	Ene	19 <sup>d</sup>	21 <sup>h</sup>	24 <sup>m</sup>	Leo	Jul	22 <sup>d</sup>	15 <sup>h</sup>	15 <sup>m</sup>
Piscis	Feb	18 <sup>d</sup>	11 <sup>h</sup>	32 <sup>m</sup>	Virgo	Ago	22 <sup>d</sup>	22 <sup>h</sup>	20 <sup>m</sup>
Aries	Mar	20 <sup>d</sup>	10 <sup>h</sup>	29 <sup>m</sup>	Libra	Set	22 <sup>d</sup>	20 <sup>h</sup>	02 <sup>m</sup>
Tauro	Abr	19 <sup>d</sup>	21 <sup>h</sup>	27 <sup>m</sup>	Escorpio	Oct	23 <sup>d</sup>	05 <sup>h</sup>	27 <sup>m</sup>
Géminis	May	20 <sup>d</sup>	20 <sup>h</sup>	31 <sup>m</sup>	Sagitario	Nov	22 <sup>d</sup>	03 <sup>h</sup>	05 <sup>m</sup>
Cáncer	Jun	21 <sup>d</sup>	04 <sup>h</sup>	24 <sup>m</sup>	Capricornio	Dic	21 <sup>d</sup>	16 <sup>h</sup>	29 <sup>m</sup>

El zodiaco 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 *zodiaco* dada a tal banda.

## Visibilidad de los planetas brillantes en 2017

Planeta	En el crepúsculo matutino	En el crepúsculo vespertino
Mercurio	Ene 3 – Feb 18	Mar 16 – Abr 12
	May 7 – Jun 14	Jun 29 – Ago 11
	Set 4 – Set 29	Oct 26 – Dic 7
	Dic 18 – Dic 31	–
Venus	–	Ene 1 – Mar 22
	Mar 29 – Nov 29	–
Marte	–	Ene 1 – Jun 7
	Set 11 – Dic 31	–
Júpiter	Ene 1 – Abr 14	Abr 6 – Oct 14
	Nov 9 – Dic 31	–
Saturno	Ene 1 – Jun 23	Jun 8 – Dic 5
Urano	–	Ene 1 – Mar 18
	May 28 – Oct 25	Oct 11 – 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  $6^\circ$  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 2017 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.

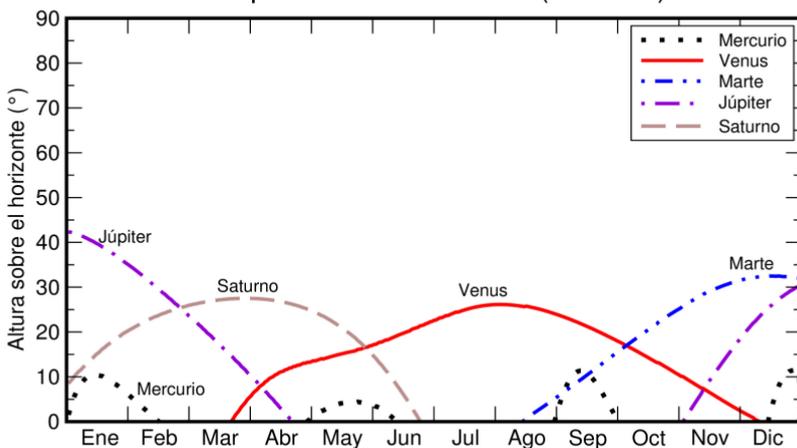
Venus se verá como lucero vespertino desde el comienzo del año hasta mediados de marzo y como astro matutino de abril a diciembre. Alcanzará su brillo máximo en febrero  $(-4,5)$  y en abril  $(-4,4)$ .

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

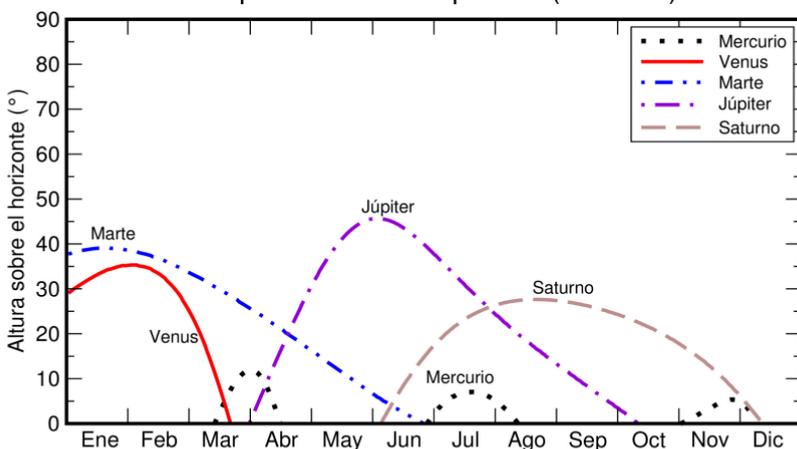
Júpiter será visible al amanecer de enero a marzo, durante la primera quincena de abril se verá toda la noche, pasando a verse al atardecer hasta mediados del mes de octubre, terminará siendo visible al amanecer desde noviembre hasta el final de año.

Saturno será visible al amanecer de enero hasta mayo, durante el mes de junio se verá toda la noche, pasando a verse al atardecer hasta primeros de diciembre. La inclinación media de sus anillos será de  $26^\circ$ .

### Crepúsculo civil matutino (sol a $-6^\circ$ )



### Crepúsculo civil vespertino (sol a $-6^\circ$ )



---

 Visibilidad de los planetas mes a mes
 

---

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

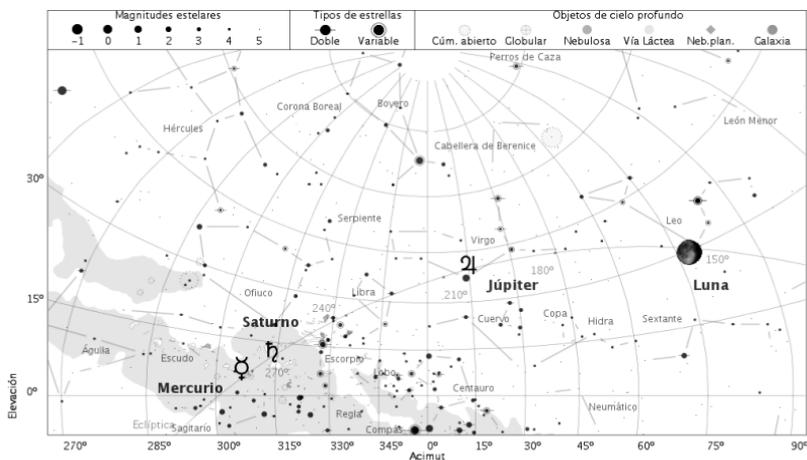
---

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

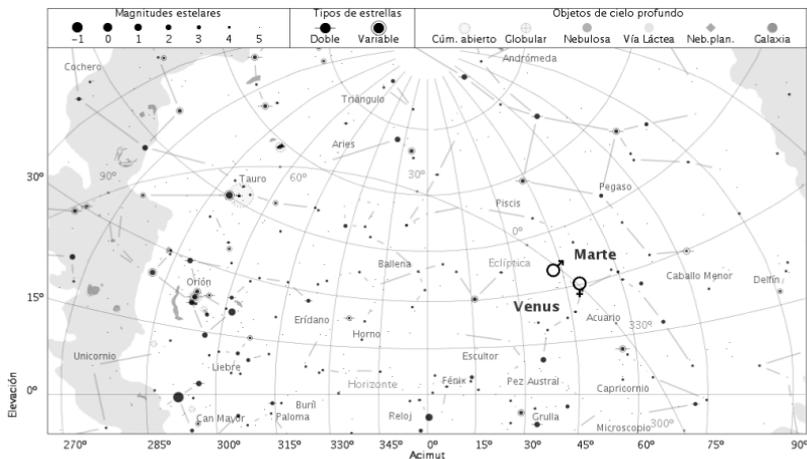
En las páginas siguientes se muestra el aspecto del cielo nocturno meridional en Madrid para el día 15 de cada mes, con indicación de la posición de los planetas visibles a la hora indicada. Esta corresponde a aproximadamente una hora antes de la salida del Sol o una hora después de la puesta del Sol, según corresponda. Se trata de instantes cercanos al crepúsculo náutico, 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  $180^\circ$  en acimut. El acimut  $0^\circ$  (centro de la figura) corresponde al Sur, el acimut  $270^\circ$  (izquierda) al Este y el acimut  $90^\circ$  (derecha) al Oeste.

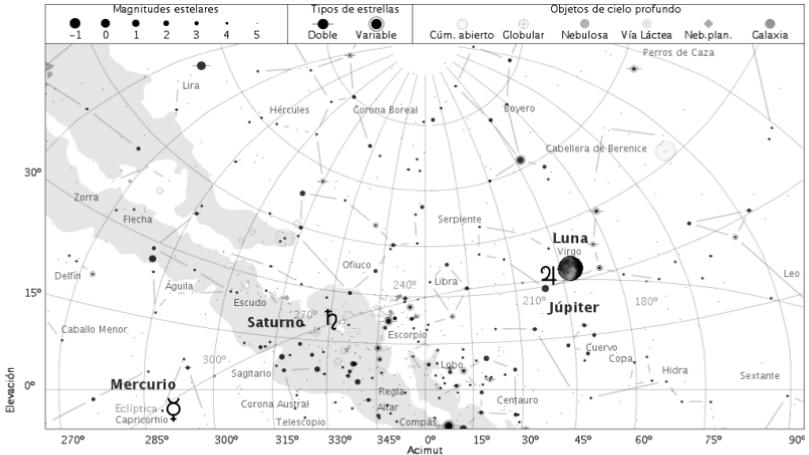
15 de enero de 2017, a las 6:45 TU



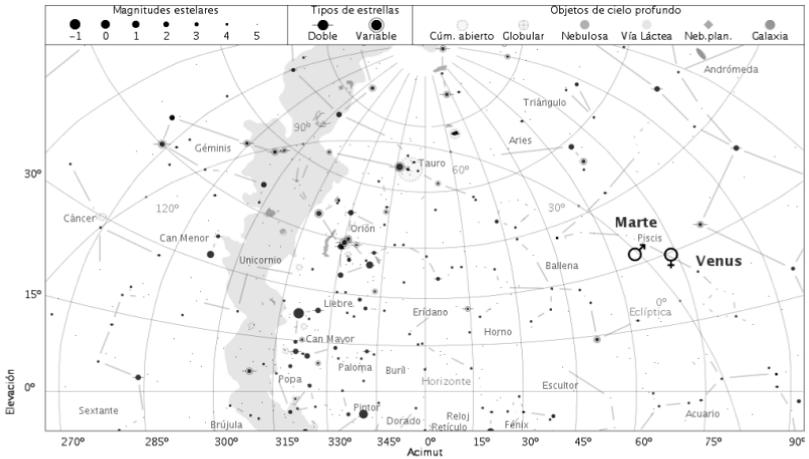
15 de enero de 2017, a las 18:15 TU



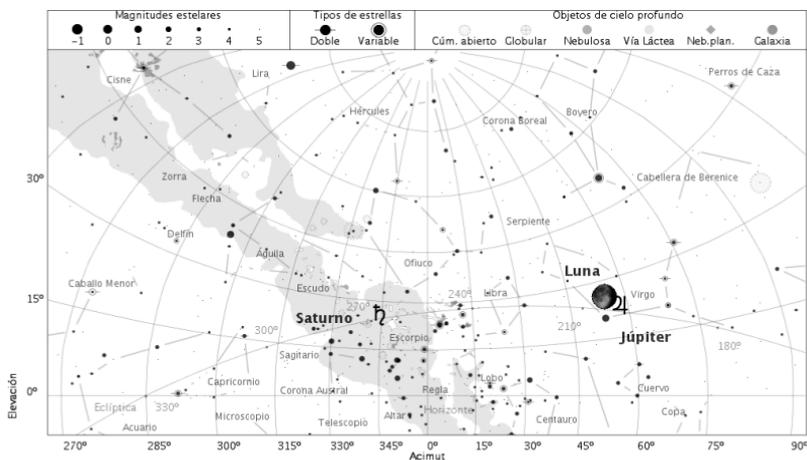
15 de febrero de 2017, a las 6:15 TU



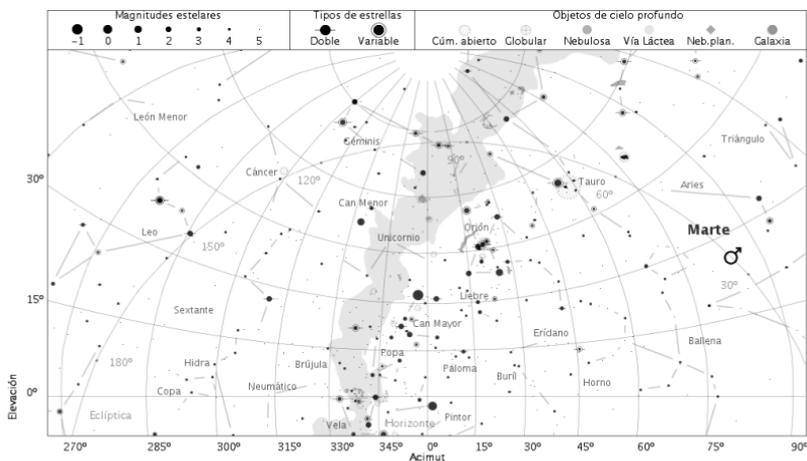
15 de febrero de 2017, a las 18:45 TU



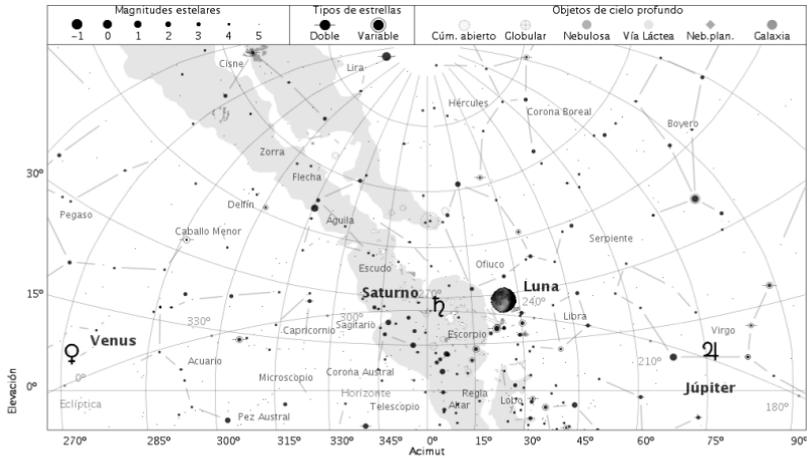
15 de marzo de 2017, a las 5:30 TU



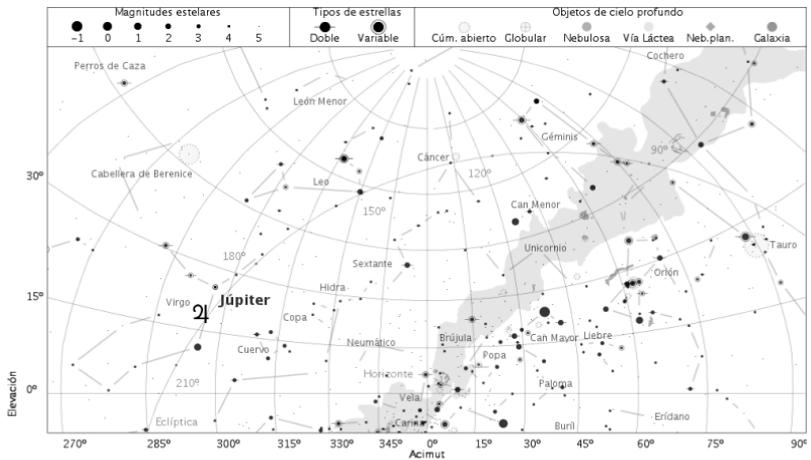
15 de marzo de 2017, a las 19:15 TU



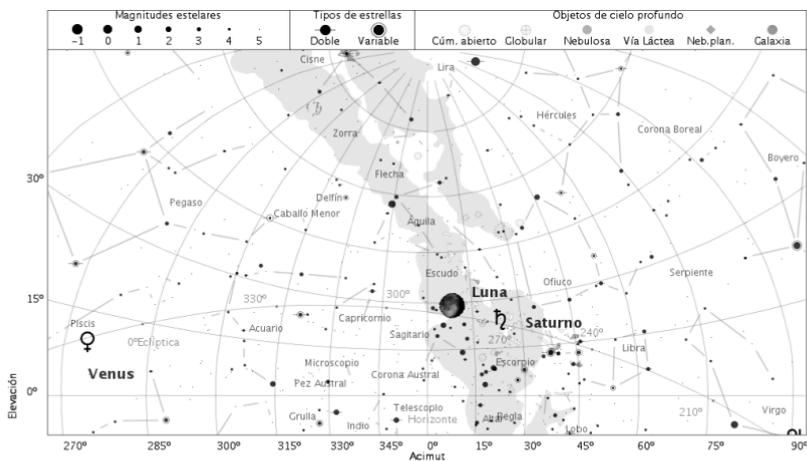
15 de abril de 2017, a las 4:45 TU



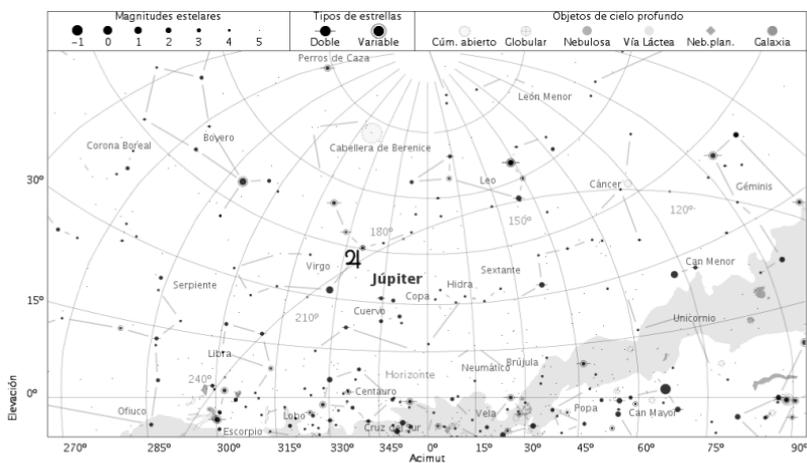
15 de abril de 2017, a las 19:45 TU



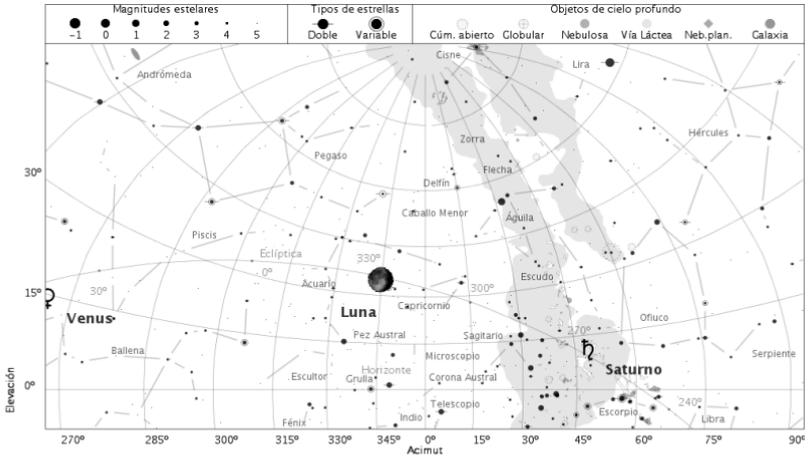
15 de mayo de 2017, a las 4:00 TU



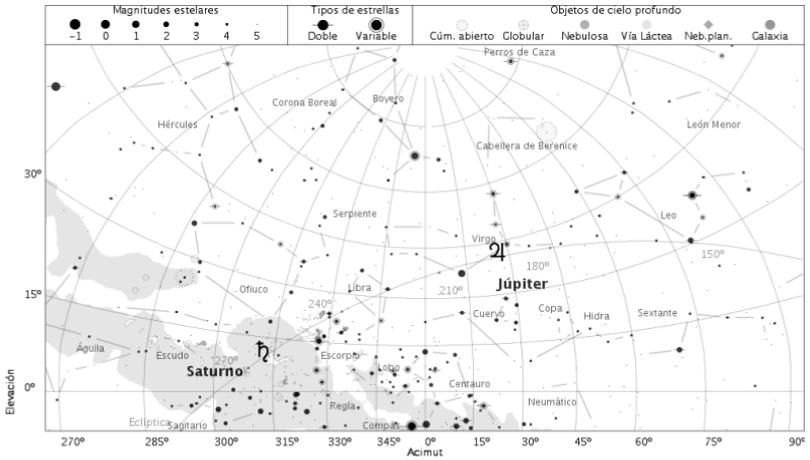
15 de mayo de 2017, a las 20:15 TU



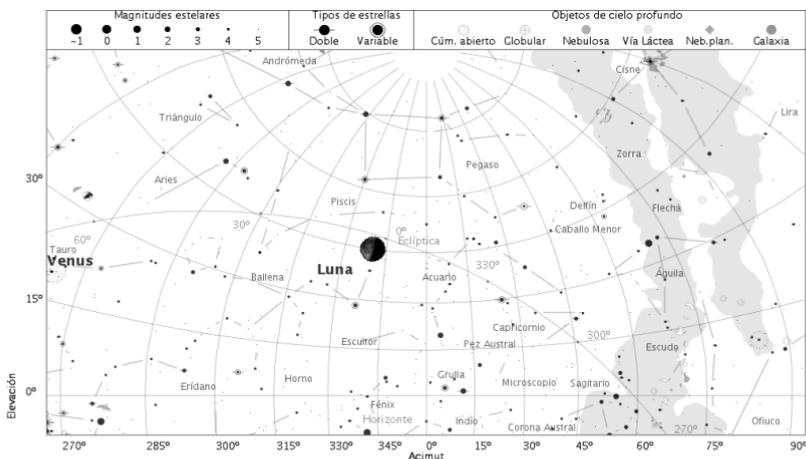
15 de junio de 2017, a las 3:45 TU



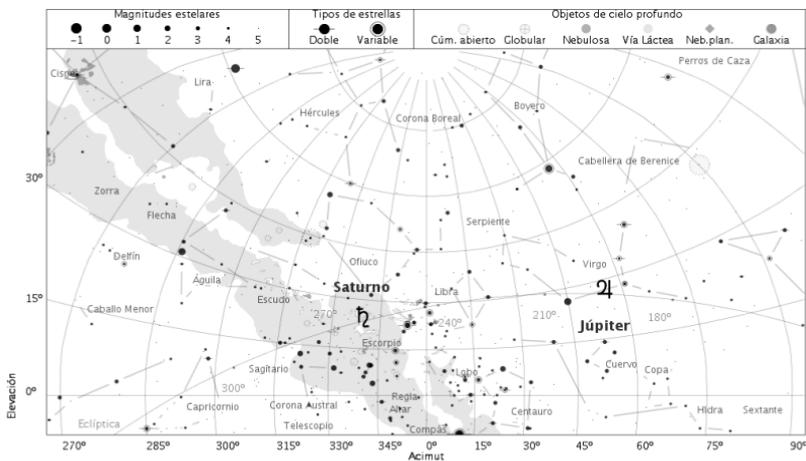
15 de junio de 2017, a las 20:45 TU



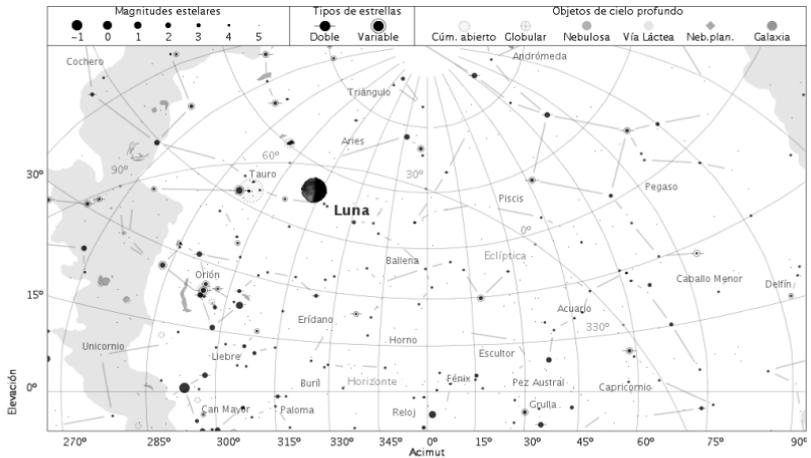
15 de julio de 2017, a las 4:00 TU



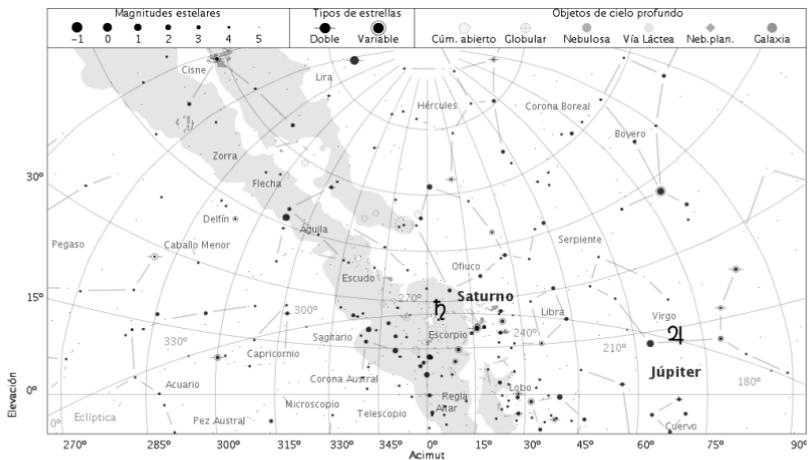
15 de julio de 2017, a las 20:45 TU



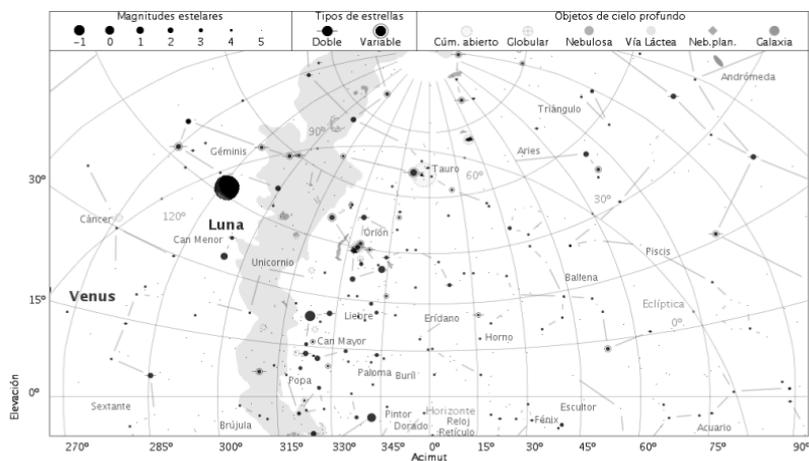
15 de agosto de 2017, a las 4:30 TU



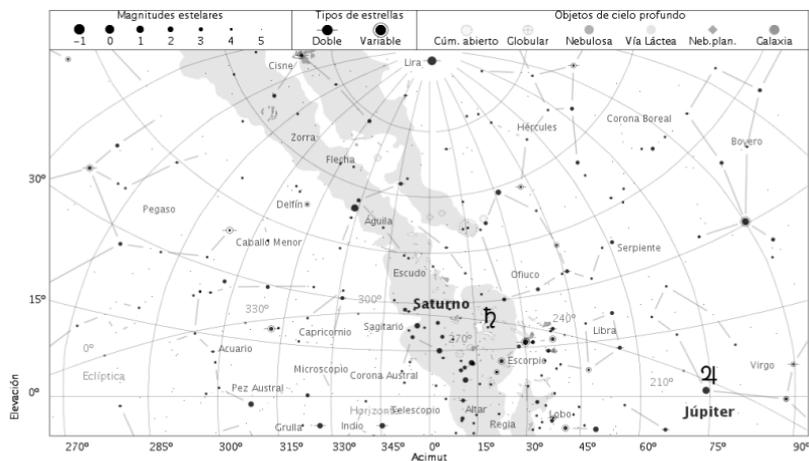
15 de agosto de 2017, a las 20:15 TU



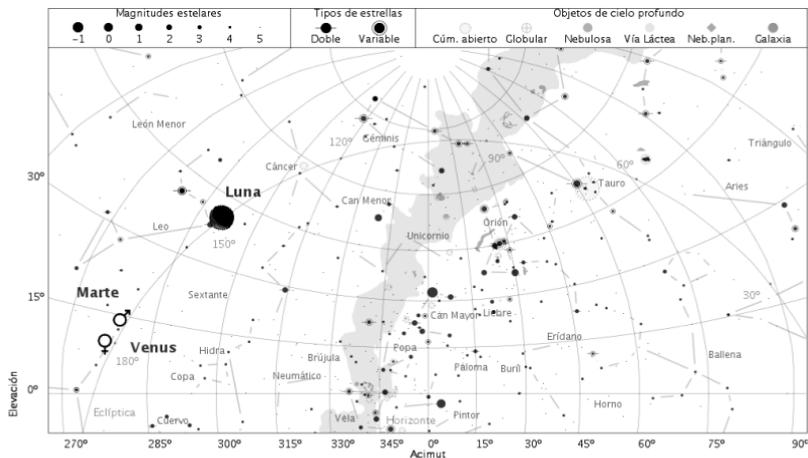
15 de setiembre de 2017, a las 5:00 TU



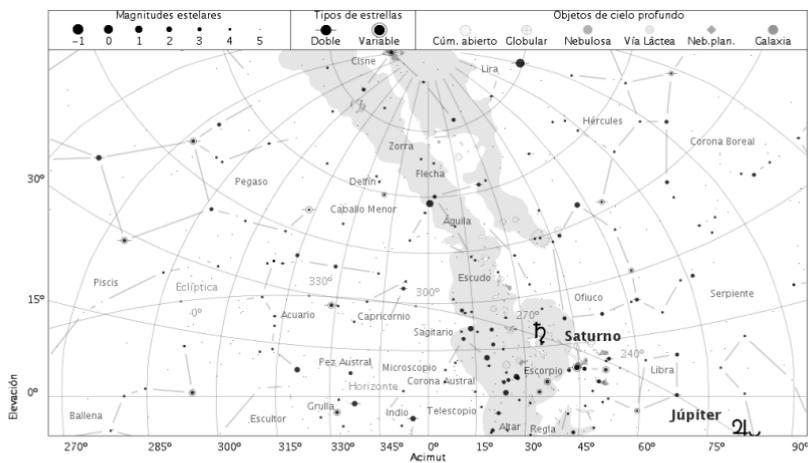
15 de setiembre de 2017, a las 19:15 TU



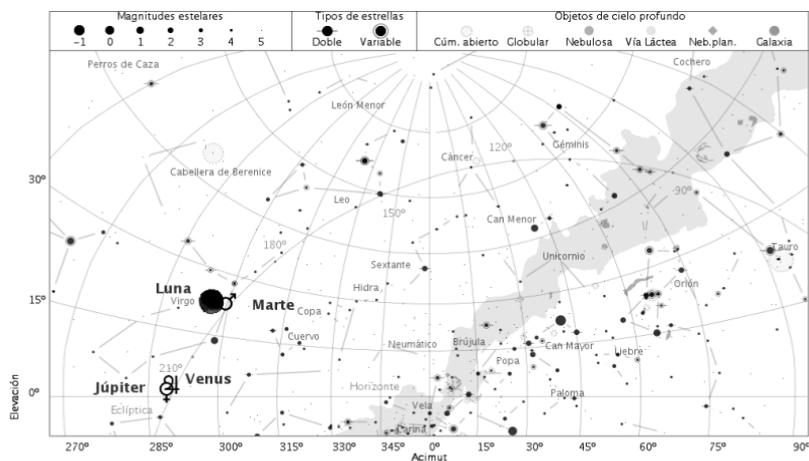
15 de octubre de 2017, a las 5:30 TU



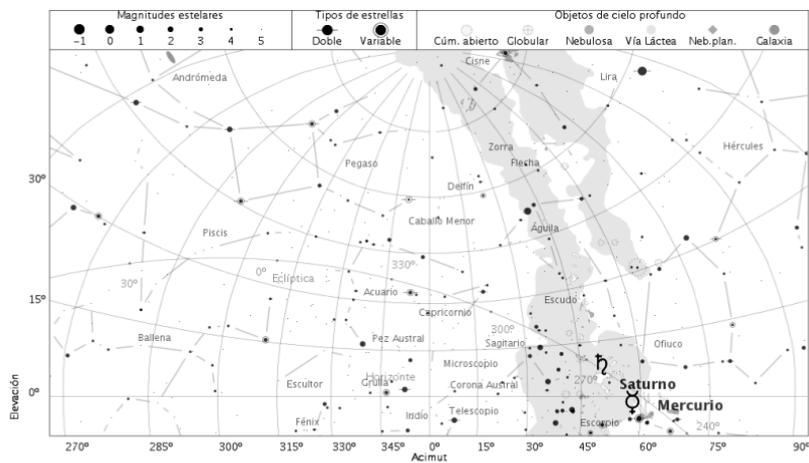
15 de octubre de 2017, a las 18:30 TU



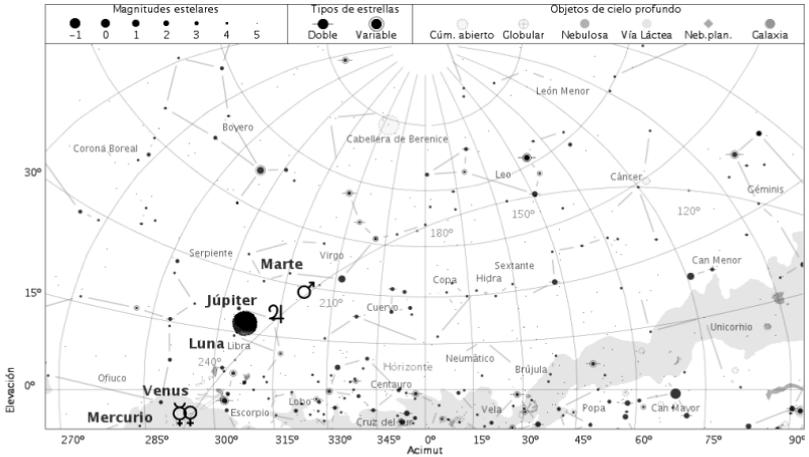
15 de noviembre de 2017, a las 6:00 TU



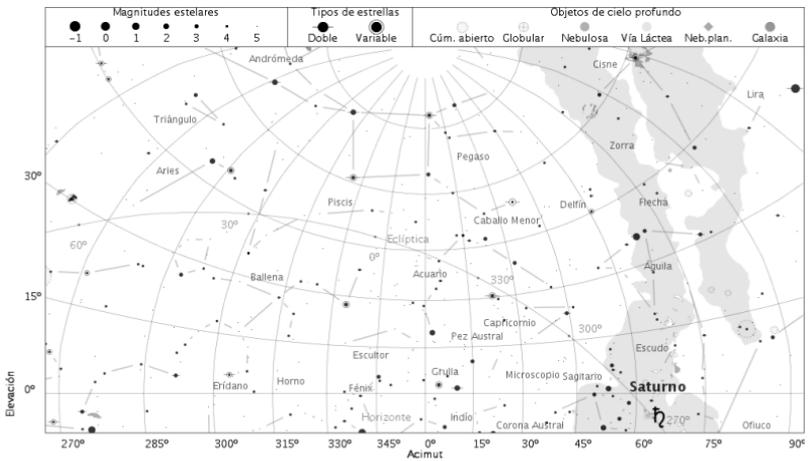
15 de noviembre de 2017, a las 18:00 TU



15 de diciembre de 2017, a las 6:30 TU



15 de diciembre de 2017, a las 17:45 TU



## Ocultaciones relevantes por la Luna o el Sol en 2017

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:	Jul 25, Set 18
Venus es ocultado por la Luna:	Set 18
Marte es ocultado por la Luna:	Ene 3, Set 18
Neptuno es ocultado por la Luna:	Ene 3, Ene 30, Feb 26, Mar 26 Abr 22, May 20, Jun 16, Jul 13 Ago 9, Set 6, Oct 3, Oct 30 Nov 27

La serie de ocultaciones de Neptuno que comenzó el 25 de junio de 2016 terminará el 27 de noviembre de 2017. El día 18 de setiembre tres planetas (Mercurio, Venus y Marte) y la brillante estrella Régulo serán ocultados por la Luna, estas ocultaciones no serán visibles desde Madrid.

### *Ocultación de planetas por el Sol*

A lo largo de este año ningún planeta será ocultado por el Sol. La próxima ocultación de un planeta por el Sol será la de Júpiter del día 27 de diciembre de 2019.

### *Ocultación de grandes asteroides por la Luna*

Astraea es ocultado por la Luna:	Ene 24*, Feb 21, Mar 21, Ago 4 Ago 31, Nov 23, Dic 21
Iris es ocultado por la Luna:	Ene 27, Dic 30
Ceres es ocultado por la Luna:	Feb 3, Mar 2
Palas es ocultado por la Luna:	Mar 27, Abr 24
Flora es ocultado por la Luna:	Abr 24, May 23, Jun 21, Jul 19 Ago 16, Set 13/14*, Dic 6
Vesta es ocultado por la Luna:	Oct 18, Nov 16, Dic 14
Hebe es ocultado por la Luna:	Oct 25, Nov 22, Dic 21

La emersión en la ocultación de Astraea del 24 de enero se producirá durante el día, por lo que no se muestra en las siguientes tablas.

### Ocultación de **Astraea** en Madrid

Fase	TU	A.P.	borde ( )	altura	A	B
24 de Enero:						
Inmersión	7 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 2	110°	iluminado	24°	1,7 <sup>m</sup> /°	0,4 <sup>m</sup> /°

Ocultación de **Flora** en Madrid

Fase	TU	A.P.	borde (	altura	A	B
13 de setiembre:						
Inmersión	23 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 0	96°	iluminado	5°	-0,3 <sup>m</sup> /°	0,9 <sup>m</sup> /°
14 de setiembre:						
Emersión	0 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 0	248°	oscuro	9°	-0,2 <sup>m</sup> /°	1,5 <sup>m</sup> /°

*Ocultación de estrellas brillantes por la Luna*

- Serie de ocultaciones de Aldebarán ( $\alpha$  Tau,  $V=+0,85$ ), NZC 692:

Ene 9	Feb 5*	Mar 5	Abr 1
Abr 28*	Jun 22*	Jul 20	Ago 16*
Set 12	Oct 9	Nov 6	Dic 3
Dic 31			

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

Las ocultaciones de los días 22 de junio y 16 de agosto se producirán durante el día, al igual que la inmersión de la ocultación del 28 de abril.

Ocultaciones de **Aldebarán** en Madrid

Fase	TU	A.P.	borde (	altura	A	B
5 de febrero:						
Inmersión	21 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 6	53°	oscuro	53°	1,6 <sup>m</sup> /°	0,8 <sup>m</sup> /°
Emersión	23 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup> 5	292°	iluminado	42°	1,0 <sup>m</sup> /°	-2,1 <sup>m</sup> /°
28 de abril:						
Emersión	19 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> 3	252°	iluminado	23°	0,5 <sup>m</sup> /°	-0,7 <sup>m</sup> /°

- Serie de ocultaciones de Régulo ( $\alpha$  Leo,  $V=1,36$ ), NZC 1487:

Ene 15	Feb 11	Mar 10	Abr 7
May 4	May 31	Jun 28	Jul 25
Set 18	Oct 15	Nov 11	Dic 8

Esta serie de ocultaciones de Régulo comenzó el 18 de diciembre de 2016 y terminará el 24 de abril de 2018.

En 2017 no se producirán ocultaciones de Espiga ( $\alpha$  Vir) y Antares ( $\alpha$  Sco); sus próximas series comenzarán el 16 de junio de 2024, y 25 de agosto de 2023, respectivamente.

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

$\gamma$ Tau, NZC 635 ( $V = 3,6$ )	Feb 5*, Mar 4*, Abr 28*, Jun 22* Set 12*, Nov 5*, Dic 30*
$\theta^2$ Tau, NZC 671 ( $V = 3,4$ )	Feb 5*, Ago 16*
29 $\gamma$ Vir, NZC 1821 ( $V = 3,6$ )	Mar 14*, Jun 3*
$\rho$ Leo, NZC 1547, ( $V = 3,8$ )	May 4*, Set 18*

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, pero en varias ocultaciones indicamos el fenómeno que tiene lugar por el borde iluminado de la Luna porque el fenómeno del borde oscuro se produce durante el día.

Características de la ocultación de otras estrellas brillantes

Fase	TU	A.P.	borde ( $\zeta$ )	altura	$A$	$B$
Febrero 5: $\theta^2$ Tau, ( $V = 3,4$ )						
Emersión	18 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 1	226°	iluminado	62°	1,4 <sup>m</sup> /°	2,0 <sup>m</sup> /°
Marzo 4: $\gamma$ Tau, ( $V = 3,7$ )						
Inmersión	20 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 9	99°	oscuro	42°	1,1 <sup>m</sup> /°	-1,4 <sup>m</sup> /°
Marzo 14: 29 $\gamma$ Vir, ( $V = 3,6$ )						
Emersión	0 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> 1	331°	oscuro	47°	1,1 <sup>m</sup> /°	-2,0 <sup>m</sup> /°
Mayo 4: $\rho$ Leo, ( $V = 3,8$ )						
Inmersión	22 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup> 4	54°	oscuro	48°	3,0 <sup>m</sup> /°	1,4 <sup>m</sup> /°
Junio 3: 29 $\gamma$ Vir, ( $V = 3,6$ )						
Emersión	20 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 8	274°	iluminado	48°	2,3 <sup>m</sup> /°	-0,2 <sup>m</sup> /°
Agosto 16: $\theta^2$ Tau, ( $V = 3,4$ )						
Emersión	3 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 1	236°	oscuro	37°	0,6 <sup>m</sup> /°	1,9 <sup>m</sup> /°
Setiembre 12: $\gamma$ Tau, ( $V = 3,7$ )						
Inmersión	5 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 5	139°	iluminado	64°	2,7 <sup>m</sup> /°	-3,8 <sup>m</sup> /°
Noviembre 5: $\gamma$ Tau, ( $V = 3,7$ )						
Emersión	19 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 0	228°	oscuro	9°	-0,3 <sup>m</sup> /°	1,8 <sup>m</sup> /°
Diciembre 30: $\gamma$ Tau, ( $V = 3,7$ )						
Emersión	17 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 9	212°	iluminado	29°	0,0 <sup>m</sup> /°	2,4 <sup>m</sup> /°

### 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 al 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 2017

Sólo se han considerado los 75 primeros cometas periódicos

Nombre del cometa	mes	día	distancia a		elongación (°)
			Sol (ua)	Tierra (ua)	
2P/Encke	Mar	10	0,34	0,66	4
73P/Schwassmann-Wachmann 3	Mar	16	0,97	1,42	43
41P/Tuttle-Giacobini-Kresak	Abr	13	1,05	0,15	103
54P/de Vico-Swift-NEAT	Abr	16	2,17	3,11	17
47P/Ashbrook-Jackson	Jun	10	2,82	3,08	66
71P/Clark	Jun	26	1,57	0,58	157
30P/Reinmuth 1	Ago	19	1,88	2,87	9
65P/Gunn	Oct	13	2,91	3,32	58
24P/Schaumasse	Oct	30	1,21	1,69	45
14P/Wolf	Dic	2	2,74	2,53	91

ua = unidad astronómica = 149 597 870 700 m

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

## Fenómenos astronómicos día a día

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

inicio de las fases de la Luna, paso de la Luna por el perigeo y el apogeo (mínima y máxima distancia a la Tierra, respectivamente),

pasos de la Tierra por el perihelio y el afelio (mínima y máxima distancia al Sol, respectivamente),

equinoccios y solsticios (o sea, el inicio de las estaciones),

entrada del Sol en los signos del zodiaco (instantes en que la longitud media del Sol es un múltiplo de  $30^\circ$ ),

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  $0^\circ$  y  $180^\circ$ , 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  $8^\circ$  de los planetas, a menos de  $3^\circ$  de los mayores asteroides y a menos de  $1,3^\circ$  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.

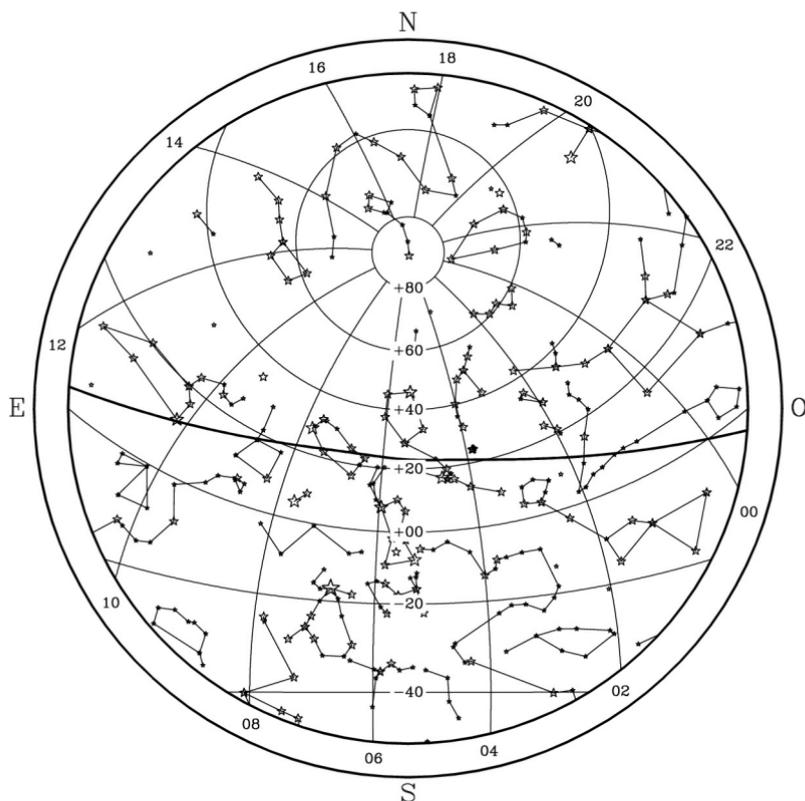
Se incluye para cada mes un mapa celeste que representa el aspecto del cielo, proyectado sobre un plano, tal como lo vería tras anochecer a mediados de mes un observador situado en la península. En tales mapas se han representado las estrellas más significativas de las constelaciones, así como trazos 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 2017**

- 1 Marte 0°0 al S de Neptuno
- 2 La Luna 2° al N de Venus
- 3 La Luna 0°3 al N de Marte (Ocultación)
- 3 La Luna 0°4 al N de Neptuno (Ocultación)
- 3 Máximo de las Cuadrántidas
- 4 Tierra en el perihelio
- 5 Cuarto creciente
- 6 La Luna 3° al S de Urano
- 8 Egeria en oposición
- 8 Mercurio estacionario en ascensión recta
- 9 La Luna 0°2 al N de Aldebarán (Ocultación)
- 10 Luna en perigeo
- 12 Luna llena
- 12 Máxima elongación Este de Venus ( 47°,1 )
- 13 Venus 0°4 al N de Neptuno
- 15 La Luna 0°9 al S de Régulo (Ocultación)
- 16 Iris en conjunción con el Sol
- 18 Vesta en oposición
- 19 Cuarto menguante
- 19 El Sol entra en Acuario
- 19 La Luna 3° al N de Júpiter
- 19 Máxima elongación Oeste de Mercurio ( 24°,1 )
- 20 Júpiter 4° al N de Espiga
- 22 Luna en apogeo
- 24 Astraea 0°9 al S de la Luna (Ocultación)
- 24 La Luna 4° al N de Saturno
- 26 La Luna 4° al N de Mercurio
- 26 Mercurio 4° al N de Nunki
- 27 Astraea 3° al N de Saturno
- 28 Luna nueva
- 29 Mercurio 1°2 al S de Plutón
- 30 La Luna 0°3 al N de Neptuno (Ocultación)
- 31 La Luna 4° al S de Venus

**Coordenadas para el día 15**

Planeta	Asc.recta		Declin.		Magnitud
	( <sup>h</sup>	m)	( <sup>°</sup>	' )	
Mercurio	18	6,5	-21	22	0,0
Venus	22	54,6	-7	16	-4,3
Marte	23	24,5	-4	31	1,0
Júpiter	13	24,7	-7	28	-1,9
Saturno	17	29,4	-21	58	0,5



Aspecto del cielo tras anoecer, 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

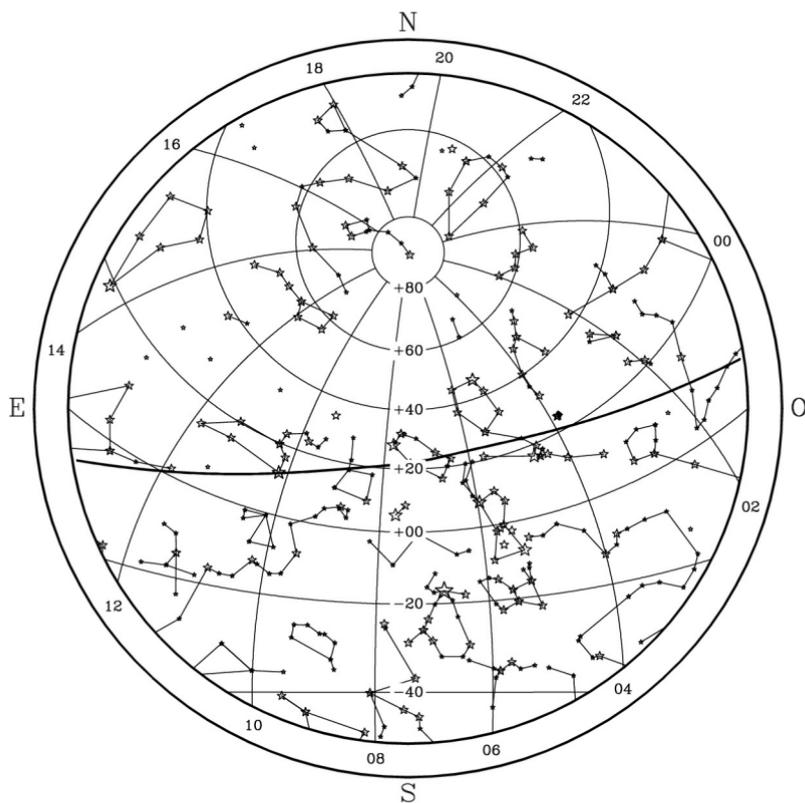
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

**Febrero 2017**

- 1 La Luna 2° al S de Marte
- 2 La Luna 4° al S de Urano
- 3 Ceres 1°0 al S de la Luna (Ocultación)
- 4 Cuarto creciente
- 5 La Luna 0°2 al N de Aldebarán (Ocultación)
- 6 Júpiter estacionario en ascensión recta
- 6 Luna en perigeo
- 7 Mercurio en afelio
- 10 Eclipse penumbral de Luna
- 11 La Luna 0°9 al S de Régulo (Ocultación)
- 11 Luna llena
- 14 Laetitia en oposición
- 15 La Luna 3° al N de Júpiter
- 18 Brillo máximo de Venus
- 18 Cuarto menguante
- 18 El Sol entra en Piscis
- 18 Irene en oposición
- 18 Luna en apogeo
- 20 Eunomia en oposición
- 20 La Luna 4° al N de Saturno
- 20 Venus en perihelio
- 21 Astraea 0°3 al S de la Luna (Ocultación)
- 22 Metis en oposición
- 23 Júpiter 4° al N de Espiga
- 24 Iris 1°4 al N de la Luna
- 26 Eclipse anular de Sol
- 26 La Luna 0°1 al N de Neptuno (Ocultación)
- 26 Luna nueva
- 27 Flora en conjunción con el Sol
- 27 Marte 0°6 al N de Urano
- 27 Pallas 2° al N de la Luna

**Coordenadas para el día 15**

Planeta	Asc.recta		Declin.		Magnitud
	( <sup>h</sup> )	(m)	(°)	(')	
Mercurio	20	58,6	-19	3	-0,4
Venus	0	22,3	6	43	-4,5
Marte	0	48,8	5	3	1,2
Júpiter	13	27,4	-7	35	-2,1
Saturno	17	41,8	-22	4	0,5



Aspecto del cielo tras anoecer, 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

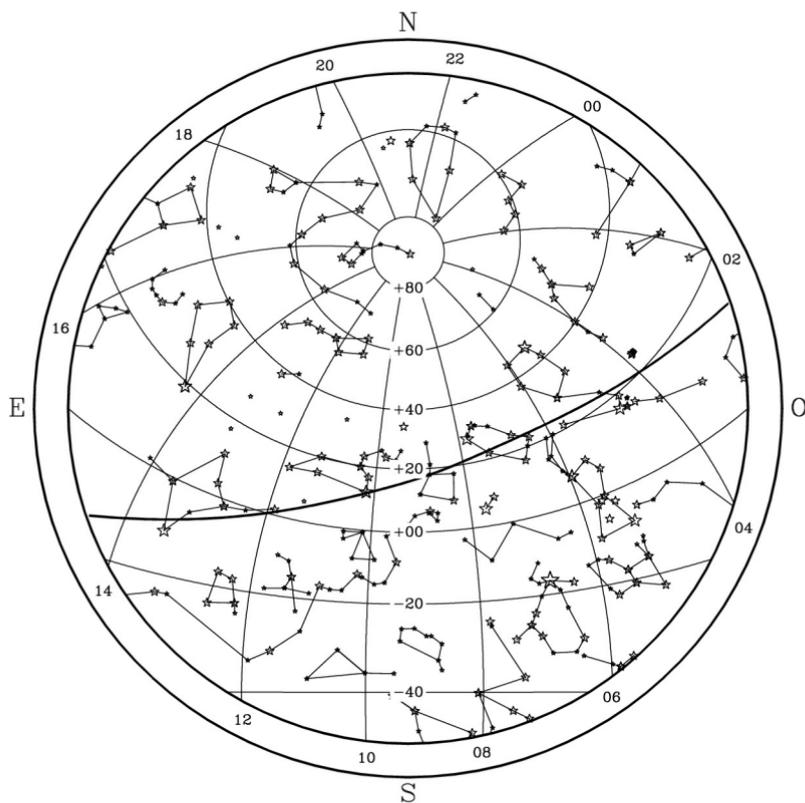
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

**Marzo 2017**

- 1 La Luna 4° al S de Marte y de Urano
- 2 Ceres 0°9 al N de la Luna (Ocultación)
- 2 Neptuno en conjunción con el Sol
- 2 Venus estacionario en ascensión recta
- 3 Amphitrite en oposición
- 3 Luna en perigeo
- 3 Psyche en oposición
- 5 Cuarto creciente
- 5 La Luna 0°2 al N de Aldebarán (Ocultación)
- 6 Mercurio en conjunción superior con el Sol
- 6 Vesta estacionario en ascensión recta
- 8 Brillo máximo de Mercurio
- 10 La Luna 0°8 al S de Régulo (Ocultación)
- 12 Luna llena
- 14 La Luna 2° al N de Júpiter
- 15 Palas en conjunción con el Sol
- 18 Luna en apogeo
- 18 Máximo de las Virgínicas
- 20 Cuarto menguante
- 20 El Sol entra en Aries
- 20 Inicio de la Primavera en el hemisferio boreal
- 20 La Luna 4° al N de Saturno
- 20 Máximo de las Líridas
- 21 Astraea 0°5 al N de la Luna (Ocultación)
- 23 Masalia en conjunción con el Sol (Ocultación)
- 23 Mercurio en perihelio
- 25 Venus en conjunción inferior con el Sol
- 25 Máximo acercamiento de Venus a la Tierra
- 26 La Luna 0°0 al N de Neptuno (Ocultación)
- 27 Pallas 0°6 al N de la Luna (Ocultación)
- 27 Mercurio 2° al N de Urano
- 28 Luna nueva
- 29 La Luna 4° al S de Urano y 7° al S de Mercurio
- 30 Ceres 2° al N de la Luna
- 30 Luna en perigeo y 6° al S de Marte

**Coordenadas para el día 15**

Planeta	Asc.recta ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )		Declin. ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )		Magnitud
Mercurio	0	9,2	0	15	-1,4
Venus	0	26,5	11	53	-4,2
Marte	2	5,1	12	54	1,4
Júpiter	13	20,4	- 6	48	-2,3
Saturno	17	48,7	-22	5	0,5



Aspecto del cielo tras anoecer, 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

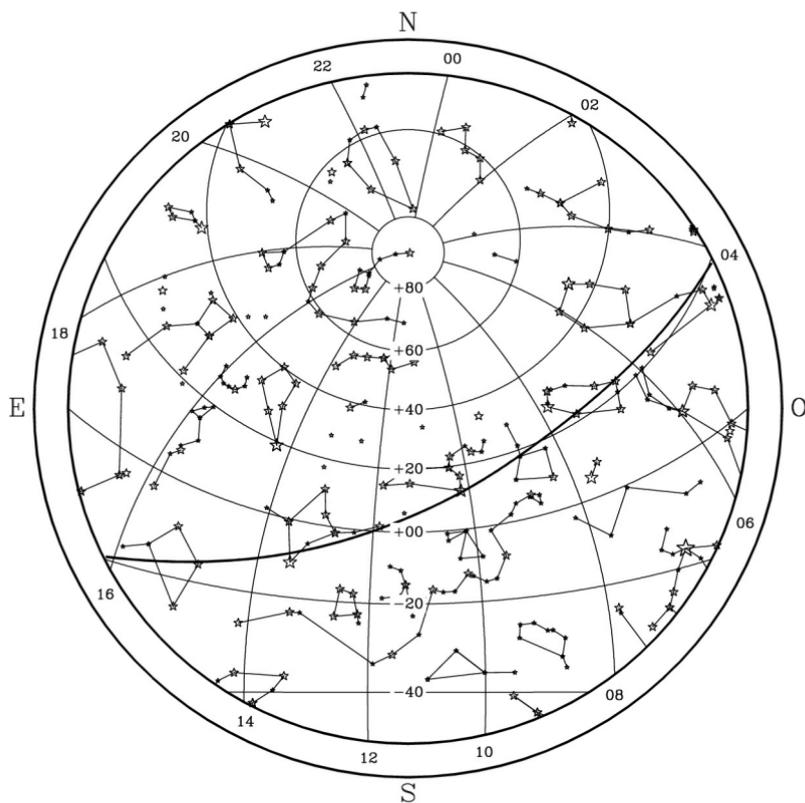
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

## Abril 2017

- 1 La Luna 0°2 al N de Aldebarán (Ocultación)
- 1 Máxima elongación Este de Mercurio ( 19°0 )
- 3 Cuarto creciente
- 6 Saturno estacionario en ascensión recta
- 7 Júpiter en oposición
- 7 La Luna 0°8 al S de Régulo (Ocultación)
- 10 La Luna 2° al N de Júpiter
- 10 Mercurio estacionario en ascensión recta
- 11 Luna llena
- 12 Venus estacionario en ascensión recta
- 13 Ceres 3° al S de Marte
- 14 Urano en conjunción con el Sol
- 15 Luna en apogeo
- 16 La Luna 3° al N de Saturno
- 18 Astraea 1° al N de la Luna
- 19 Cuarto menguante
- 19 El Sol entra en Tauro
- 19 Victoria en oposición
- 20 Marte 4° al S de Alcíone
- 20 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
- 20 Plutón estacionario en ascensión recta
- 22 La Luna 0°2 al S de Neptuno (Ocultación)
- 23 La Luna 5° al S de Venus
- 24 Flora 0°4 al S de la Luna (Ocultación)
- 24 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
- 24 Pallas 0°9 al S de la Luna (Ocultación)
- 26 Brillo máximo de Venus
- 26 Luna nueva
- 27 Luna en perigeo
- 28 La Luna 0°4 al N de Aldebarán (Ocultación)
- 28 La Luna 6° al S de Marte

## Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta		Declin.		Magnitud
	( <sup>h</sup> )	( <sup>m</sup> )	( <sup>°</sup> )	( <sup>'</sup> )	
Mercurio	2	1,6	15	16	3,9
Venus	23	41,5	2	55	-4,4
Marte	3	32,2	19	39	1,5
Júpiter	13	6,4	- 5	21	-2,3
Saturno	17	50,2	-22	4	0,3



Aspecto del cielo tras anoecer, 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

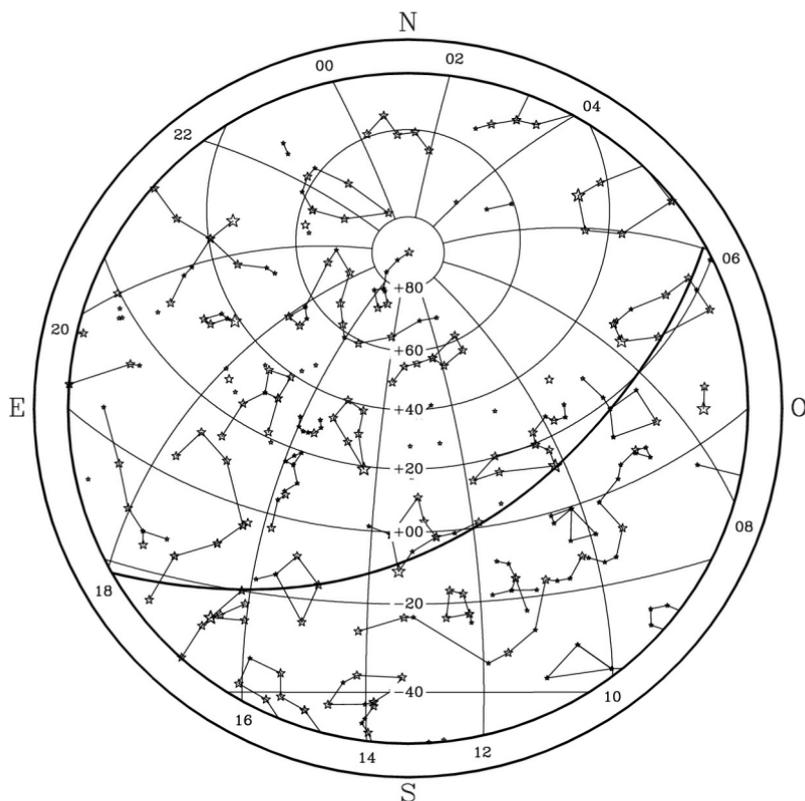
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

**Mayo 2017**

- 2 Mercurio estacionario en ascensión recta
- 3 Cuarto creciente
- 4 La Luna 0°6 al S de Régulo (Ocultación)
- 5 Máximo de las  $\eta$  Acuáridas
- 6 Mercurio en afelio
- 7 La Luna 2° al N de Júpiter
- 7 Marte 6° al N de Aldebarán
- 7 Mercurio 2° al S de Urano
- 8 Juno estacionario en ascensión recta
- 10 Luna llena
- 11 Fortuna en conjunción con el Sol
- 12 Luna en apogeo
- 13 La Luna 3° al N de Saturno
- 15 Astraea 2° al N de la Luna
- 17 Máxima elongación Oeste de Mercurio ( 25°8 )
- 19 Cuarto menguante
- 20 El Sol entra en Géminis
- 20 La Luna 0°4 al S de Neptuno (Ocultación)
- 22 La Luna 2° al S de Venus
- 22 Pallas 3° al S de la Luna
- 23 Flora 0°3 al N de la Luna (Ocultación)
- 23 La Luna 4° al S de Urano
- 24 La Luna 2° al S de Mercurio
- 24 Marte 5° al S de Elnath
- 25 Euterpe en oposición
- 25 Luna nueva
- 26 Luna en perigeo
- 27 La Luna 5° al S de Marte
- 31 La Luna 0°3 al S de Régulo (Ocultación)

**Coordenadas para el día 15**

Planeta	Asc.recta (h m)	Declin. (° ')	Magnitud
Mercurio	1 52,6	8 3	0,8
Venus	0 38,7	3 23	-4,3
Marte	4 59,4	23 28	1,6
Júpiter	12 54,6	- 4 12	-2,2
Saturno	17 45,5	-22 1	0,2



Aspecto del cielo tras anoecer, 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

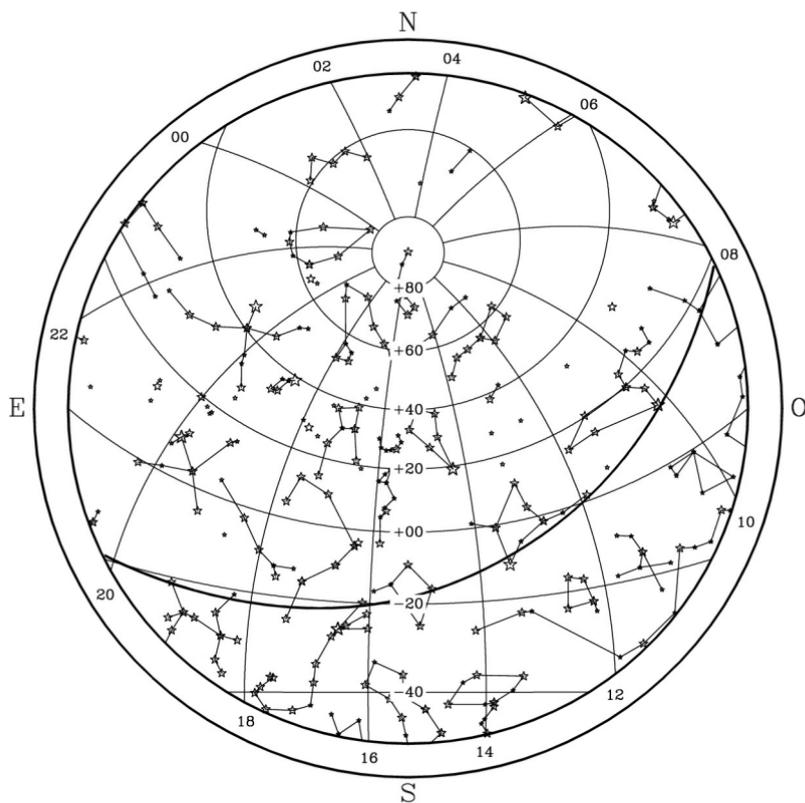
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

### Junio 2017

- 1 Cuarto creciente
- 2 Venus 2° al S de Urano
- 3 La Luna 2° al N de Júpiter
- 3 Máxima elongación Oeste de Venus ( 45°9 )
- 4 Partenope en conjunción con el Sol
- 6 Ceres en conjunción con el Sol
- 6 Mercurio 6° al S de Alcíone
- 8 Luna en apogeo
- 8 Máximo de las Ariétidas (diurnas)
- 9 Luna llena
- 10 Júpiter estacionario en ascensión recta
- 10 La Luna 3° al N de Saturno
- 11 Astraea 2° al N de la Luna
- 12 Mercurio 5° al N de Aldebarán
- 12 Venus en afelio
- 13 Máximo de las ζ Perséidas (diurnas)
- 15 Saturno en oposición
- 16 La Luna 0°7 al S de Neptuno (Ocultación)
- 16 Neptuno estacionario en ascensión recta
- 17 Cuarto menguante y Hebe en oposición
- 18 Máximo de las Escorpiónidas-Sagitáridas
- 19 La Luna 4° al S de Urano
- 19 Mercurio en perihelio
- 20 La Luna 2° al S de Venus
- 21 El Sol entra en Cáncer
- 21 Flora 0°6 al N de la Luna (Ocultación)
- 21 Inicio del Verano en el hemisferio boreal
- 21 Mercurio en conjunción superior con el Sol y con máximo brillo
- 22 La Luna 0°4 al N de Aldebarán (Ocultación)
- 23 Luna en perigeo y Harmonia en oposición
- 24 Luna nueva
- 25 Flora 2° al S de Venus
- 28 La Luna 0°0 al S de Régulo (Ocultación)
- 29 Hygiea en oposición y Metis 3° al N de la Luna
- 30 Máximo de las β Táuridas (diurnas)

### Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta		Declin.		Magnitud
	(h	m)	(°	')	
Mercurio	4	59,5	22	44	-1,6
Venus	2	28,8	11	54	-4,1
Marte	6	30,0	24	12	1,7
Júpiter	12	50,9	-3	58	-2,0
Saturno	17	36,4	-21	58	0,0



Aspecto del cielo tras anoecer, 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

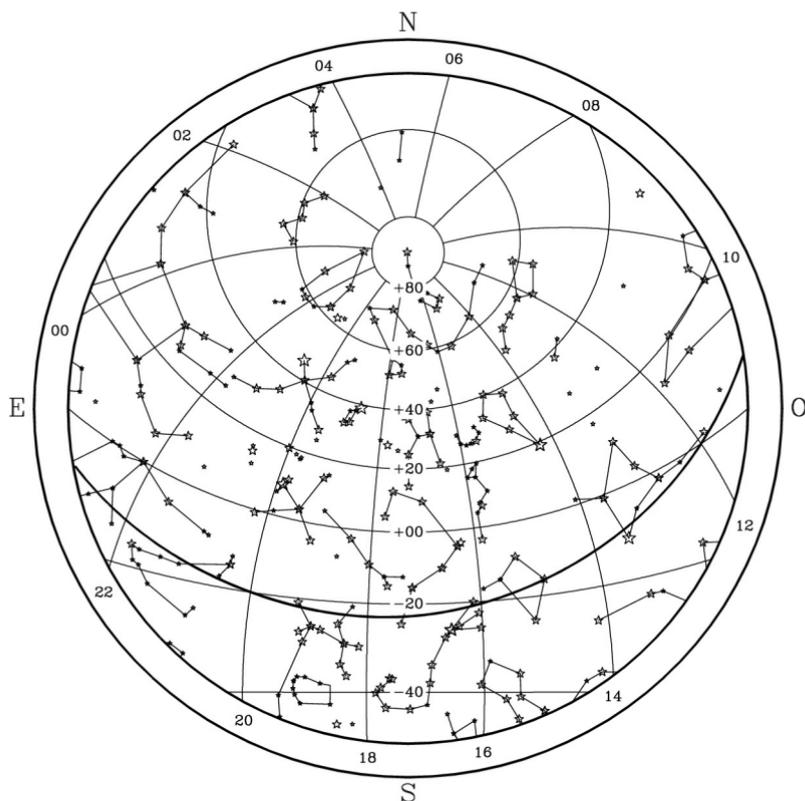
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

**Julio 2017**

- 1 Cuarto creciente
- 1 La Luna 3° al N de Júpiter
- 2 Astrea en oposición
- 2 Juno en oposición
- 2 Mercurio 5° al S de Pólux
- 3 Tierra en el afelio
- 3 Venus 7° al S de Alcíone
- 6 Luna en apogeo
- 7 La Luna 3° al N de Saturno
- 8 Astraea 1°,4 al N de la Luna
- 9 Luna llena
- 13 La Luna 0°,8 al S de Neptuno (Ocultación)
- 14 Venus 3° al N de Aldebarán
- 16 Cuarto menguante
- 16 La Luna 4° al S de Urano
- 19 Flora 0°,6 al N de la Luna (Ocultación)
- 20 La Luna 0°,4 al N de Aldebarán (Ocultación)
- 20 La Luna 3° al S de Venus
- 21 Luna en perigeo
- 22 El Sol entra en Leo
- 23 Luna nueva
- 25 La Luna 0°,0 al S de Régulo (Ocultación)
- 25 La Luna 0°,8 al N de Mercurio (Ocultación)
- 25 Venus 7° al S de Elnath
- 26 Marte en conjunción con el Sol
- 26 Mercurio 1°,1 al S de Régulo
- 27 Metis 1°,1 al N de la Luna (Ocultación)
- 28 La Luna 3° al N de Júpiter
- 30 Cuarto creciente
- 30 Máxima elongación Este de Mercurio ( 27°,2 )
- 30 Máximo de las  $\delta$  Acuáridas

**Coordenadas para el día 15**

Planeta	Asc.recta ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )	Declin. ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )	Magnitud
Mercurio	9    12,1	17    23	-0,1
Venus	4    39,4	19    48	-4,0
Marte	7    54,7	21    55	1,7
Júpiter	12   57,2	- 4    46	-1,8
Saturno	17   27,6	-21   56	0,2



Aspecto del cielo tras anoecer, 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

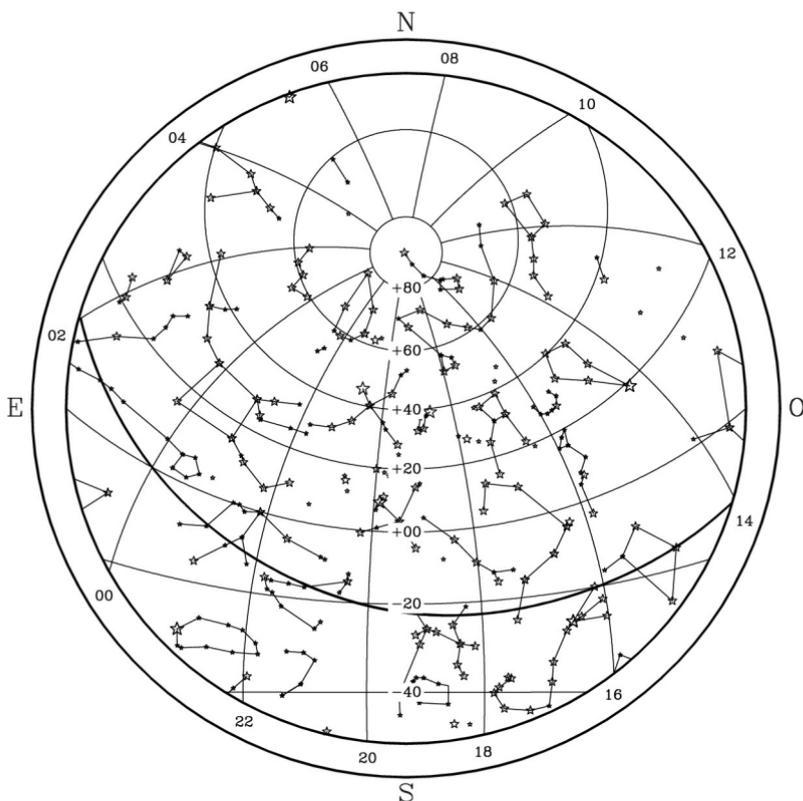
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

**Agosto 2017**

- 2 Luna en apogeo
- 2 Mercurio en afelio
- 3 La Luna 4° al N de Saturno
- 3 Melpomene en conjunción con el Sol
- 3 Urano estacionario en ascensión recta
- 4 Astraea 0°2 al N de la Luna (Ocultación)
- 7 Eclipse parcial de Luna
- 7 Luna llena
- 9 La Luna 0°8 al S de Neptuno (Ocultación)
- 12 Ceres 2° al N de Venus
- 12 Máximo de las Perséidas
- 12 Mercurio estacionario en ascensión recta
- 13 La Luna 4° al S de Urano
- 15 Cuarto menguante
- 16 Flora 0°1 al N de la Luna (Ocultación)
- 16 La Luna 0°3 al N de Aldebarán (Ocultación)
- 18 Luna en perigeo
- 19 La Luna 2° al S de Venus
- 21 Eclipse total de Sol
- 21 Luna nueva
- 21 Venus 7° al S de Pólux
- 22 El Sol entra en Virgo
- 23 Vesta 3° al N de la Luna
- 24 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
- 24 Metis 0°5 al S de la Luna (Ocultación)
- 25 La Luna 4° al N de Júpiter
- 25 Saturno estacionario en ascensión recta
- 26 Juno estacionario en ascensión recta
- 26 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
- 29 Cuarto creciente
- 30 La Luna 4° al N de Saturno
- 30 Luna en apogeo
- 31 Astraea 0°9 al S de la Luna (Ocultación)

**Coordenadas para el día 15**

Planeta	Asc.recta		Declin.		Magnitud
	( <sup>h</sup> )	( <sup>m</sup> )	( <sup>°</sup> )	( <sup>'</sup> )	
Mercurio	10	45,2	3	21	1,8
Venus	7	12,2	21	34	-3,9
Marte	9	16,7	17	1	1,8
Júpiter	13	12,1	-6	25	-1,7
Saturno	17	22,3	-21	56	0,3



Aspecto del cielo tras anoecer, 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

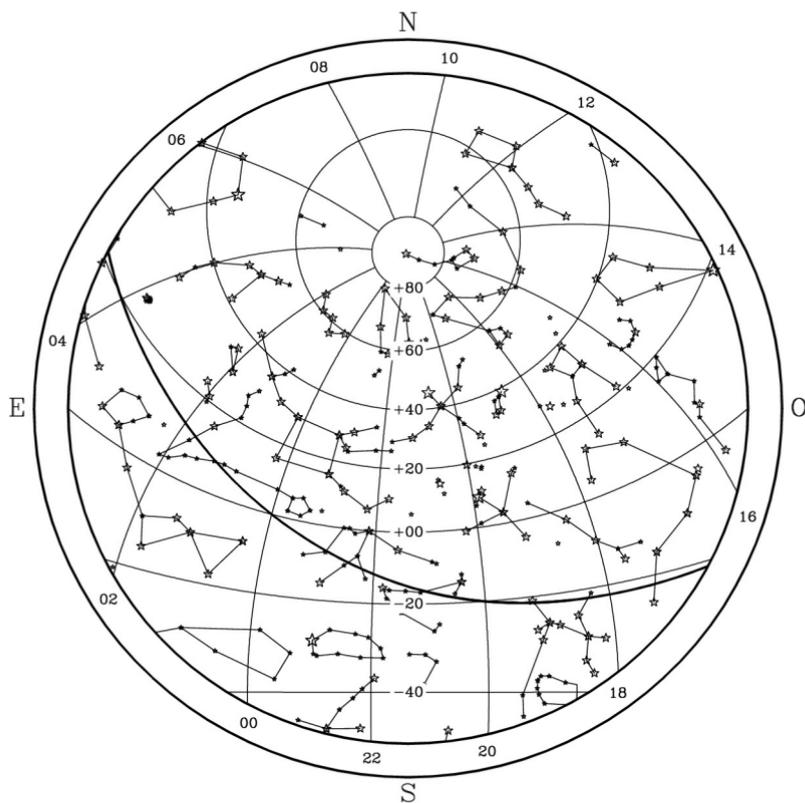
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

## Setiembre 2017

- 4 Mercurio estacionario en ascensión recta
- 5 Júpiter 3° al N de Espiga
- 5 Neptuno en oposición
- 6 La Luna 0°7 al S de Neptuno (Ocultación)
- 6 Luna llena
- 9 La Luna 4° al S de Urano
- 10 Mercurio 0°6 al S de Régulo
- 12 La Luna 0°3 al N de Aldebarán (Ocultación)
- 12 Máxima elongación Oeste de Mercurio ( 17°9 )
- 13 Cuarto menguante
- 13 Luna en perigeo
- 14 Flora 0°7 al S de la Luna (Ocultación)
- 15 Mercurio en perihelio
- 16 Mercurio 0°1 al N de Marte
- 18 La Luna 0°0 al N de Régulo (Ocultación)
- 18 La Luna 0°0 al S de Mercurio (Ocultación)
- 18 La Luna 0°1 al N de Marte (Ocultación)
- 18 La Luna 0°5 al S de Venus (Ocultación)
- 19 Venus 0°5 al N de Régulo
- 20 Luna nueva
- 21 Metis 2° al S de la Luna
- 22 El Sol entra en Libra
- 22 Inicio del Otoño en el hemisferio boreal
- 22 La Luna 4° al N de Júpiter
- 25 Egeria en conjunción con el Sol
- 25 Pallas estacionario en ascensión recta
- 26 La Luna 3° al N de Saturno
- 27 Hebe 2° al N de la Luna
- 27 Laetitia en conjunción con el Sol
- 27 Luna en apogeo
- 27 Vesta en conjunción con el Sol
- 28 Astraea 1°4 al S de la Luna
- 28 Cuarto creciente
- 28 Hygiea 3° al S de la Luna
- 28 Plutón estacionario en ascensión recta

## Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )	Declin. ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )	Magnitud
Mercurio	10 28,0	10 37	-0,6
Venus	9 45,7	14 16	-3,8
Marte	10 33,2	10 22	1,8
Júpiter	13 33,0	- 8 34	-1,6
Saturno	17 23,4	-22 3	0,5



Aspecto del cielo tras anoecer, 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

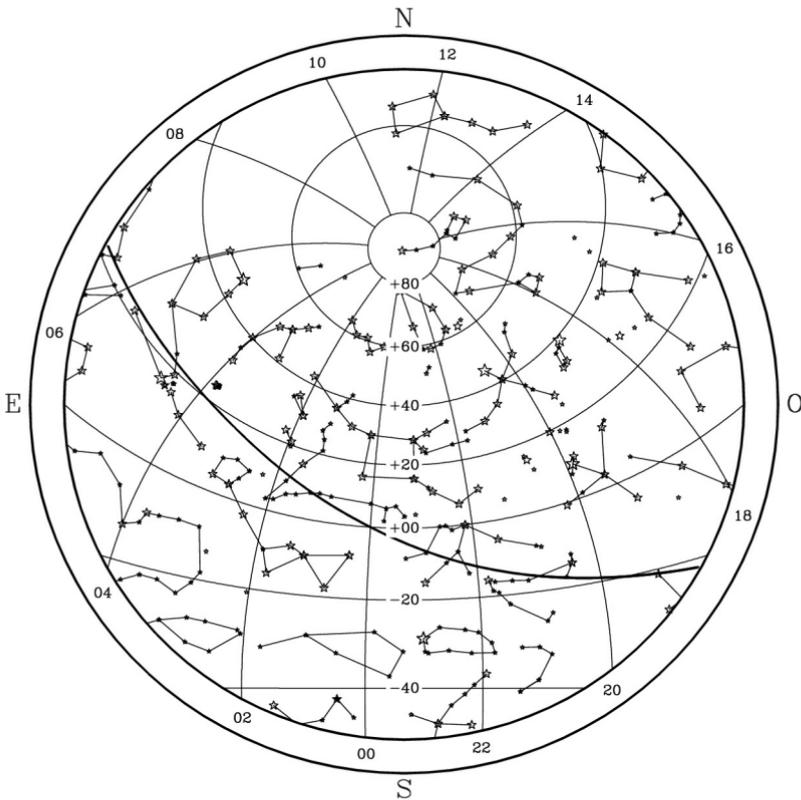
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

**Octubre 2017**

- 3 La Luna 0°7 al S de Neptuno (Ocultación)
- 3 Venus en perihelio
- 5 Eunomia en conjunción con el Sol
- 5 Luna llena
- 5 Venus 0°2 al N de Marte
- 6 La Luna 4° al S de Urano
- 7 Brillo máximo de Mercurio
- 7 Marte en afelio
- 9 Luna en perigeo y 0°5 al N de Aldebarán (Ocultación)
- 9 Máximo de las Dracónidas
- 9 Mercurio en conjunción superior con el Sol
- 9 Psyche en conjunción con el Sol
- 12 Cuarto menguante
- 12 Flora 1° al S de la Luna
- 15 La Luna 0°1 al N de Régulo (Ocultación)
- 17 La Luna 2° al N de Marte
- 18 La Luna 2° al N de Venus
- 18 Vesta 1°0 al N de la Luna (Ocultación)
- 19 Luna nueva
- 19 Urano en oposición
- 21 Máximo de las Oriónidas
- 23 El Sol entra en Escorpio
- 24 La Luna 3° al N de Saturno
- 25 Hebe 0°6 al N de la Luna (Ocultación)
- 25 Luna en apogeo
- 26 Astraea 1°4 al S de la Luna
- 26 Hygiea 2° al S de la Luna
- 26 Júpiter en conjunción con el Sol
- 27 Cuarto creciente
- 27 Mercurio 1°3 al S de Zuben el Genubi
- 28 Pallas en oposición
- 29 Amphitrite y Metis en conjunción con el Sol
- 29 Iris en oposición
- 29 Mercurio en afelio
- 30 La Luna 0°8 al S de Neptuno (Ocultación)

**Coordenadas para el día 15**

Planeta	Asc.recta ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )	Declin. ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )	Magnitud
Mercurio	13 37,7	- 9 40	-1,0
Venus	12 5,0	1 6	-3,8
Marte	11 43,8	3 1	1,8
Júpiter	13 56,8	-10 51	-1,5
Saturno	17 30,5	-22 14	0,5



Aspecto del cielo tras anoecer, 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

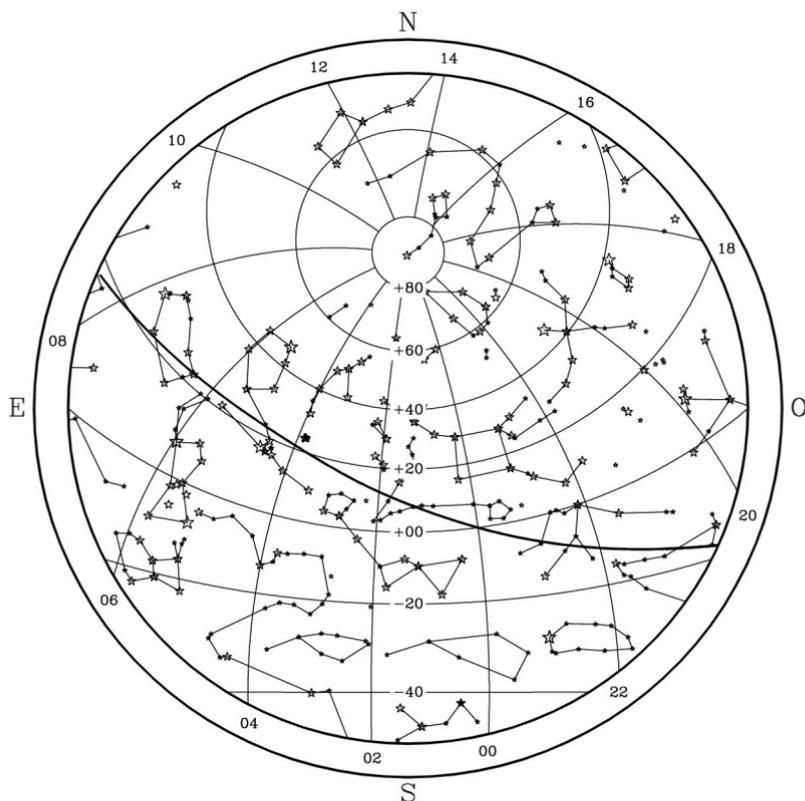
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

### Noviembre 2017

- 1 Venus 4° al N de Espiga
- 3 La Luna 4° al S de Urano
- 4 Luna llena
- 4 Máximo de las Táuridas
- 6 La Luna 0°,7 al N de Aldebarán (Ocultación)
- 6 Luna en perigeo
- 8 Flora 2° al S de la Luna
- 8 Mercurio 3° al S de Graffias
- 10 Cuarto menguante
- 11 La Luna 0°,4 al N de Régulo (Ocultación)
- 12 Mercurio 2° al N de Antares
- 13 Venus 0°,3 al N de Júpiter
- 14 Máximo de las Androméidas
- 15 La Luna 3° al N de Marte
- 16 La Luna 4° al N de Júpiter
- 16 Vesta 0°,4 al N de la Luna (Ocultación)
- 17 La Luna 4° al N de Venus
- 17 Máximo de las Leónidas
- 18 Luna nueva
- 19 Venus 0°,8 al N de Zuben el Genubi
- 20 La Luna 7° al N de Mercurio
- 20 Metis 0°,9 al N de Venus
- 21 Luna en apogeo y 3° al N de Saturno
- 22 El Sol entra en Sagitario
- 22 Hebe 0°,4 al S de la Luna (Ocultación)
- 22 Neptuno estacionario en ascensión recta
- 23 Astraea 1°,1 al S de la Luna (Ocultación)
- 23 Hygiea 0°,9 al S de la Luna (Ocultación)
- 23 Irene en conjunción con el Sol
- 23 Máxima elongación Este de Mercurio ( 21°,9 )
- 26 Cuarto creciente
- 27 La Luna 1°,1 al S de Neptuno (Ocultación)
- 27 Marte 3° al N de Espiga
- 28 Mercurio 3° al S de Saturno
- 30 La Luna 4° al S de Urano

### Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )	Declin. ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )	Magnitud
Mercurio	16 44,5	-24 47	-0,3
Venus	14 29,7	-13 27	-3,8
Marte	12 55,7	- 4 45	1,8
Júpiter	14 22,7	-13 7	-1,5
Saturno	17 42,7	-22 25	0,5



Aspecto del cielo tras anoecer, 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

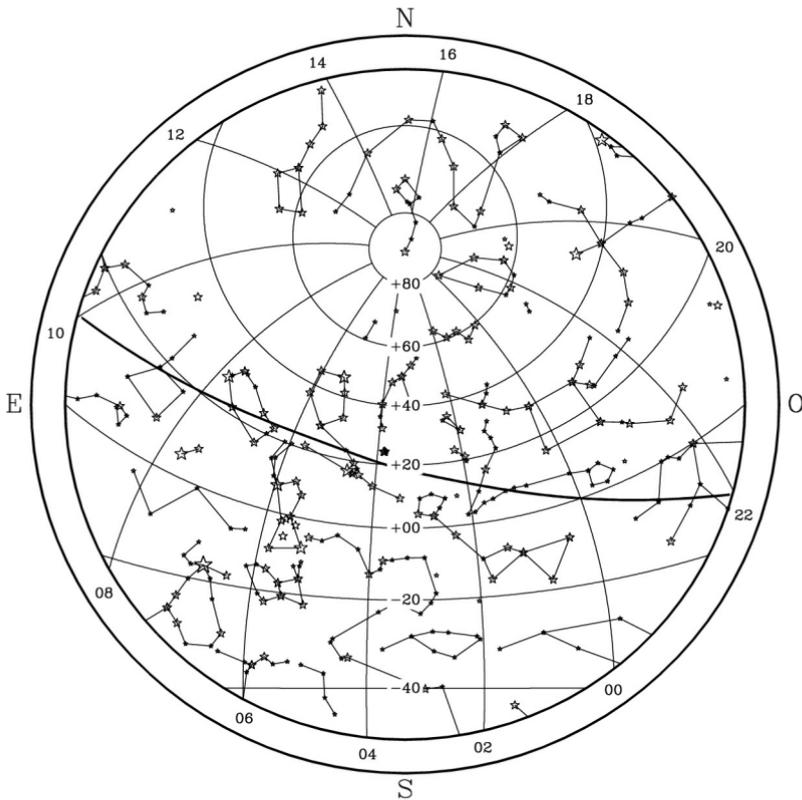
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

**Diciembre 2017**

- 3 Luna llena y  $0^{\circ},7$  al N de Aldebarán (Ocultación)
- 3 Mercurio estacionario en ascensión recta
- 4 Luna en perigeo
- 6 Flora  $1^{\circ},0$  al S de la Luna (Ocultación)
- 8 La Luna  $0^{\circ},7$  al N de Régulo (Ocultación)
- 10 Cuarto menguante
- 12 Mercurio en perihelio
- 13 La Luna  $4^{\circ}$  al N de Marte
- 13 Máximo de las Gemínidas
- 13 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
- 14 La Luna  $4^{\circ}$  al N de Júpiter
- 14 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
- 14 Vesta  $0^{\circ},2$  al N de la Luna (Ocultación)
- 17 Masalia en oposición
- 18 Luna nueva
- 19 Luna en apogeo
- 21 Astraea  $0^{\circ},5$  al S de la Luna (Ocultación)
- 21 Ceres estacionario en ascensión recta
- 21 El Sol entra en Capricornio
- 21 Hebe  $1^{\circ},1$  al S de la Luna (Ocultación)
- 21 Hygiea  $0^{\circ},3$  al N de la Luna (Ocultación)
- 21 Inicio del Invierno en el hemisferio boreal
- 21 Júpiter  $0^{\circ},7$  al N de Zuben el Genubi
- 21 Saturno en conjunción con el Sol
- 22 Máximo de las Úrsidas
- 23 Mercurio y Palas estacionarios en ascensión recta
- 24 Eros en conjunción con el Sol
- 24 La Luna  $1^{\circ},4$  al S de Neptuno
- 26 Cuarto creciente
- 26 Mercurio en perihelio
- 27 La Luna  $5^{\circ}$  al S de Urano
- 30 Astraea y Hebe  $2^{\circ}$  al N de Neptuno
- 30 Hygiea  $3^{\circ}$  al N de Neptuno
- 30 Iris  $0^{\circ},1$  al N de la Luna (Ocultación)
- 31 La Luna  $0^{\circ},7$  al N de Aldebarán (Ocultación)

**Coordenadas para el día 15**

Planeta	Asc.recta		Declin.		Magnitud
	( <sup>h</sup> )	( <sup>m</sup> )	( <sup>°</sup> )	( <sup>'</sup> )	
Mercurio	17	11,3	-20	43	3,7
Venus	17	4,1	-22	37	-3,8
Marte	14	6,6	-11	45	1,6
Júpiter	14	46,9	-15	1	-1,6
Saturno	17	57,3	-22	31	0,5



Aspecto del cielo tras anoecer, 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:

Febrero 10/11

Febrero 26

Agosto 7

Agosto 21

penumbral de Luna

anular de Sol

parcial de Luna

total 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  $-90^\circ$  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  $-180^\circ$  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). Asimismo, habrá 230 eclipses lunares, 85 de ellos totales, 58 parciales y 87 penumbrales.

## Eclipses de Sol

### Eclipses de Sol en 2017

Se producirán dos eclipses de Sol, uno anular el 26 de febrero y otro total el 21 de agosto. El segundo será visible desde gran parte España como parcial.

Se describen en detalle en páginas siguientes.

### Eclipses de Sol durante el año próximo

En 2018 habrá tres eclipses parciales de Sol, el primero el día 15 de febrero será visible en la Antártida y el sur de Sudamérica, alcanzando una magnitud de 0,60. El segundo el día 13 de julio será visible en el sur de Australia y alcanzará una magnitud de 0,34. El tercero el día 11 de agosto será visible en el norte de Europa y noreste de Asia, alcanzando una magnitud de 0,74. Ninguno será visible desde España.

### 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	Magnitud	Oscurecimiento
0,1	0,04	0,6	0,50
0,2	0,10	0,7	0,62
0,3	0,19	0,8	0,75
0,4	0,28	0,9	0,87
0,5	0,39	1,0	1,00

## Eclipses de Luna

### Eclipses de Luna en 2017

Se producirán dos eclipses de Luna, un eclipse penumbral la noche del 10/11 de febrero y un eclipse parcial el 7 de agosto. El primero será visible desde España en todas sus fases y el segundo será visible en sus últimas fases.

Se describen en detalle en páginas siguientes.

### Eclipses de Luna durante el año próximo

En 2018 habrá dos eclipses totales de Luna, uno el 31 de enero visible en Asia, Australia, Pacífico y Norteamérica y otro el 27 de julio visible en Sudamérica, Europa, África, Asia y Australia.

El segundo será visible en España.

### Magnitud

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

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

## Eclipse anular de Sol del día 26 de febrero (Saros 140)

Este eclipse anular es el número 29 de los 71 eclipses del ciclo Saros 140 y no será visible desde España.

El eclipse será visible como parcial en Sudamérica, Atlántico, África y la Antártida. El eclipse se iniciará como parcial a las 12<sup>h</sup>11<sup>m</sup> TU (Tiempo Universal) a una latitud de  $-33^\circ$  en un punto del Océano Pacífico situado entre la Isla de Pascua y Chile; terminará a las 17<sup>h</sup>36<sup>m</sup> TU al este de Port-Gentil (Gabón). La duración total del fenómeno será de 325 minutos (algo menos de 5 horas y media).

El eclipse anular se iniciará a las 13<sup>h</sup>15<sup>m</sup> a una latitud  $-43^\circ$  en un punto del Océano Pacífico Sur al oeste de la costa chilena, atravesará Chile y Argentina de oeste a este, cruzará el Océano Atlántico y se adentrará en África cruzando Angola, la región Noroeste de Zambia y el sur de la antigua provincia de Katanga en la República Democrática del Congo; finalizará a las 16<sup>h</sup>31<sup>m</sup> al este de Likasi (República Democrática del Congo). La duración total del fenómeno será de 196 minutos (algo más de 3 horas y un cuarto).

El máximo del eclipse anular se dará a las 14<sup>h</sup>53<sup>m</sup> a una latitud de  $-35^\circ$  en medio del Océano Atlántico Sur. La magnitud máxima del eclipse será 0,99 y su duración máxima 1 min 22 s. En Coyhaique (Chile) la duración de la anularidad será de 1 min 1 s, en Camarones (Argentina) 53 s, en Lucira (Angola) 1 min 8 s, en Ikelenge (Zambia) 1 min 11 s y en Likasi (República Democrática del Congo) 1 min 17 s.

### Características generales del eclipse

Fases	TU	Latitud	Longitud
Inicio del eclipse general	12 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup>	$-33^\circ 09'$	$-95^\circ 04'$
Inicio del eclipse anular	13 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>	$-42^\circ 44'$	$-113^\circ 38'$
Conjunción en Asc. Recta	14 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup>	$-37^\circ 12'$	$-36^\circ 27'$
Máximo del eclipse	14 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup>	$-34^\circ 41'$	$-31^\circ 12'$
Fin del eclipse anular	16 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup>	$-10^\circ 33'$	$27^\circ 01'$
Fin del eclipse general	17 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup>	$-0^\circ 52'$	$9^\circ 22'$

### Características del eclipse en el máximo

Duración de la fase anular	44 <sup>s</sup>
Anchura de la sombra	31 km
Razón entre el radio topocéntrico de la Luna y el del Sol	99,2%
Magnitud del eclipse anular	0,992
Distancia mínima entre el eje de sombra de la Luna y el centro de la Tierra (en radio terrestres)	0,458
Altura del Sol	63°

Eclipse anular de 26 de febrero de 2017



## Eclipse total de Sol del día 21 de agosto (Saros 145)

El final del eclipse parcial será visible con mucha dificultad en casi toda España al coincidir con la puesta de Sol.

El eclipse parcial será visible Norteamérica, norte de Sudamérica y oeste de Europa y África. El eclipse se iniciará a las 15<sup>h</sup>47<sup>m</sup> TU (Tiempo Universal) a una latitud de +30° en un punto del Océano Pacífico al norte de Hawái y el fin del eclipse se producirá a las 21<sup>h</sup>4<sup>m</sup> TU a una latitud de +2° en el océano Atlántico, frente a la costa norte de Brasil. La duración total del fenómeno será de 317 minutos (algo más de 5 horas y un cuarto).

El eclipse total se iniciará a las 16<sup>h</sup>49<sup>m</sup> a una latitud de +39° en un punto del Océano Pacífico al noreste de las Islas Midway; tras cruzar el Pacífico norte, se adentrará en Estados Unidos por el estado de Oregón atravesando el país de noroeste a sureste y saliendo por el estado de California del Sur, por último cruzará el Océano Atlántico. El eclipse terminará a las 20<sup>h</sup>02<sup>m</sup> a una latitud de +11° en un punto del Atlántico al sur de Cabo Verde. La duración total del fenómeno será de 193 minutos (algo más de 3 horas).

El máximo del eclipse será a las 18<sup>h</sup>26<sup>m</sup> al noreste de Hopkinsville (Kentucky), siendo la duración máxima de la totalidad de 2 min 40 s. En el máximo la anchura de la sombra será de unos 115 km. En Charleston (California del Sur) la duración de la totalidad será de 1 min 34 s, en Nashville (Tennessee) 1 min 57 s, en Kansas City 47 s, y en Salem (Oregon) 1 min 56 s.

En España sólo será visible el final del eclipse parcial. Las magnitudes serán de 0,5 en las Islas Canarias, 0,3 en el sureste de la península y 0,2 en el interior y norte de la península. En las Islas Baleares y el extremo oriental de la península no será visible. En Madrid el eclipse se iniciará a las 18<sup>h</sup>45<sup>m</sup> TU y será visible hasta la puesta de sol a las 19<sup>h</sup>3<sup>m</sup> TU.

### Características generales del eclipse

Fases	TU	Latitud	Longitud
Inicio del eclipse general	15 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup>	30°33'	-153°3'
Inicio del eclipse total	16 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup>	39°28'	-171°22'
Conjunción en Asc. Recta	18 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup>	38°55'	-92°31'
Máximo del eclipse	18 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup>	36°58'	-87°40'
Fin del eclipse total	20 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup>	10°46'	-27°31'
Fin del eclipse general	21 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup>	01°42'	-44°57'

### Características del eclipse en el máximo

Duración de la fase total	2 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup>
Anchura de la sombra	115 km
Razón entre el radio topocéntrico de la Luna y el del Sol	103,1 %
Distancia mínima entre el eje de sombra de la Luna y el centro de la Tierra (en radio terrestres)	0,44
Altura del Sol	64°

Eclipse total de 21 de agosto de 2017



## Eclipse penumbral de Luna del día 10/11 de febrero (Saros 114)

Este eclipse es el número 59 de los 71 eclipses del ciclo Saros 114 y será visible en España. Se trata de un caso poco frecuente de eclipse penumbral, que se denomina penumbral total, pues en su máximo todo el disco lunar quedará sumergido dentro de la penumbra. La parte del disco lunar más próxima a la sombra se verá más oscurecida que el resto.

El inicio del eclipse tendrá lugar el día 10 a las 22<sup>h</sup>34<sup>m</sup> de Tiempo Universal (TU). La zona en que será visible viene delimitada por la curva discontinua etiquetada con **iP** en la figura adjunta; corresponde al este de América, Europa, África y la mayor parte de Asia. El eclipse terminará el día 11 a las 2<sup>h</sup>53<sup>m</sup> TU. Habrá sido visible en sus últimas fases en América, Europa, África y el oeste de Asia según delimita la curva **fP**.

La Luna se encontrará entre las constelaciones de Leo y Cáncer, al este de la brillante estrella Régulo.

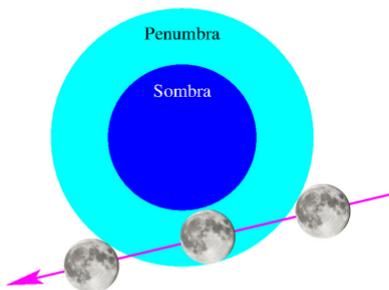
Características generales del eclipse

Fases	TU	Latitud	Long.(+E)	A.P.
Primer contacto con la penumbra	22 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup>	13°21'	°23 36'	62°
Máximo del eclipse	0 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup>	13°03'	-7°39'	14°
Ultimo contacto con la penumbra	2 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup>	12°45'	-38°54'	325°
Duración del eclipse penumbral	4 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup>			
Magnitud del eclipse de penumbra	0,99			

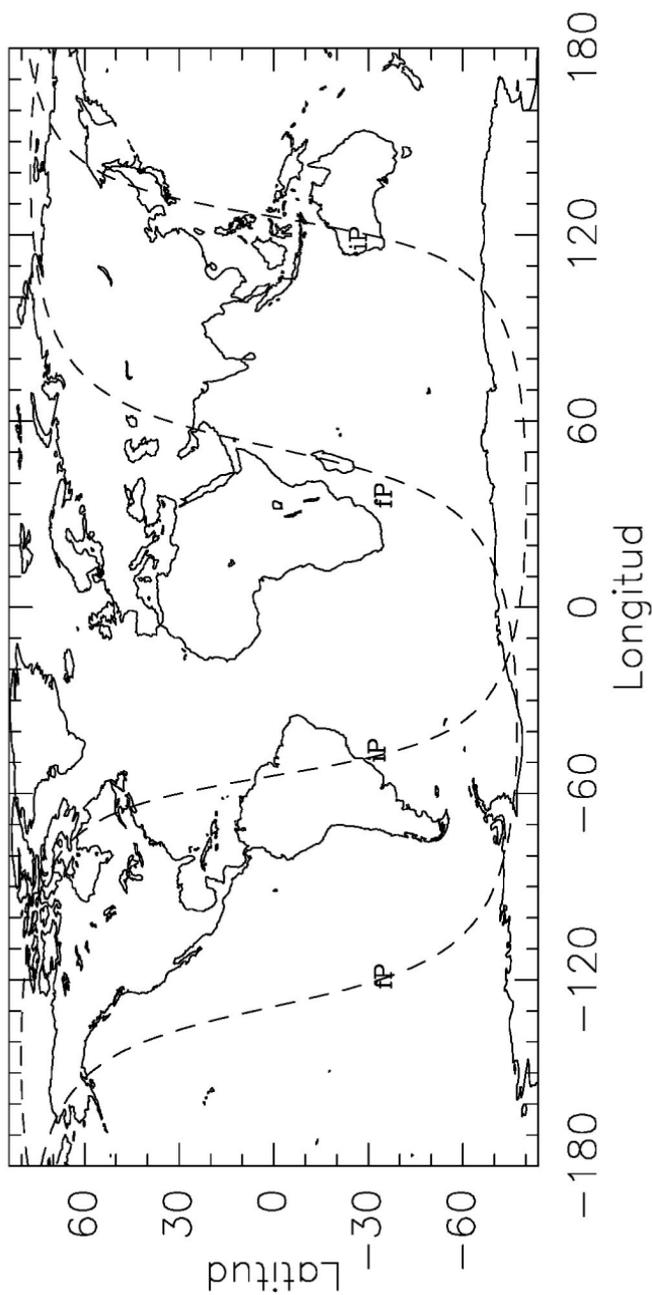
A.P. es el ángulo de posición medido en el sentido NESO.

Características del eclipse en el máximo

Fracción de diámetro lunar inmersa en la penumbra	99%
Distancia mínima entre el eje de la sombra de la Tierra y el centro de la Luna (en radios terrestres)	1,03



## Eclipse penumbral de Luna del día 11 de febrero de 2017



## Eclipse parcial de Luna del día 7 de agosto (Saros 119)

Este eclipse es el número 62 de los 83 eclipses del ciclo Saros 119 y será visible en España en sus últimas fases.

El inicio del eclipse de penumbra tendrá lugar a las 15<sup>h</sup>49<sup>m</sup> de Tiempo Universal (TU). La zona en que será visible viene delimitada por la curva discontinua etiquetada con **iP** en la figura adjunta; corresponde al extremo más oriental de África, Asia, Australia y Pacífico. El eclipse parcial (**iS**) es visible a partir de las 17<sup>h</sup>22<sup>m</sup> y finaliza (**fS**) a las 19<sup>h</sup>17<sup>m</sup>, será visible en el este de Europa, África, Asia, Australia y Pacífico. El eclipse terminará a las 20<sup>h</sup>49<sup>m</sup> TU. Habrá sido visible en sus últimas fases en Europa, África, Asia y Australia según delimita la curva **fP**.

La Luna se encontrará en la constelación de Capricornio.

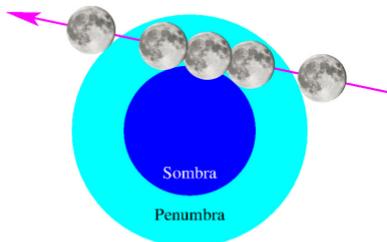
### Características generales del eclipse

Fases	TU	Latitud	Long.(+E)	A.P.
Primer contacto con la penumbra	15 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup>	-15°41'	122°41'	112°
Primer contacto con la sombra	17 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup>	-15°32'	100°20'	138°
Máximo del eclipse	18 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup>	-15°25'	86°28'	167°
Ultimo contacto con la sombra	19 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup>	-15°19'	72°35'	197°
Ultimo contacto con la penumbra	20 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup>	-15°09'	50°14'	224°
Duración del eclipse penumbral	5 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup>			
Duración del eclipse parcial	1 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup>			
Magnitud del eclipse de penumbra	1,29			
Magnitud del eclipse de sombra	0,25			

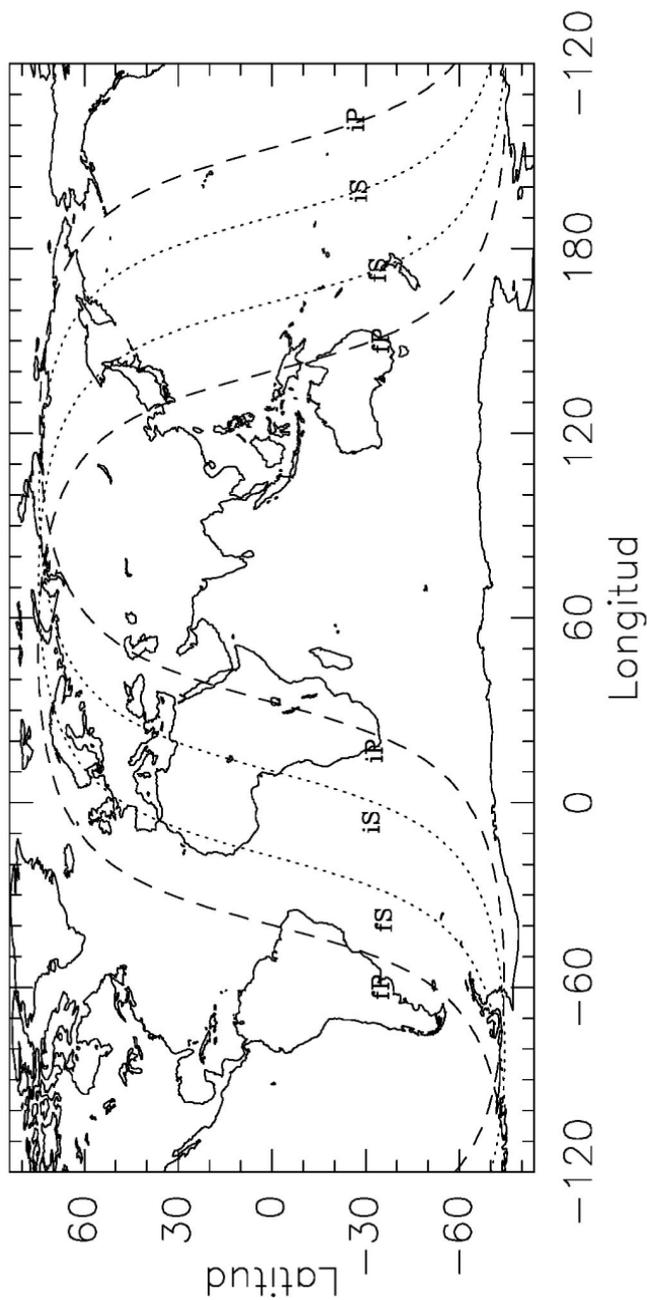
A.P. es el ángulo de posición medido en el sentido NESO.

### Características del eclipse en el máximo

Fracción de diámetro lunar inmersa en la penumbra	129 %
Fracción de diámetro lunar inmersa en la sombra	25 %
Distancia mínima entre el eje de la sombra de la Tierra y el centro de la Luna (en radios terrestres)	0,87



Eclipse parcial de Luna del día 7 de agosto de 2017



## 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 varía 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 inicio y el fin del contacto con la penumbra. 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 inicio y el fin del contacto con la sombra. 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 inicio y el fin del eclipse total.

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 ( <sup>m s</sup> )	Magnitud	Visibilidad
2017 febrero 26	anular	0 44	0,99	S. Sudamérica y África
2017 agosto 21	total	2 40	1,03	Noteamérica y N. Sudamérica
2018 febrero 15	parcial		0,60	Antártida y S. Sudamérica
2018 julio 13	parcial		0,34	S. Australia
2018 agosto 11	parcial		0,74	N. Europa y Asia, Ártico
2019 enero 5/6	parcial		0,72	NE. Asia y N. Pacífico
2019 julio 2	total	4 33	1,05	S. Pacífico y Sudamérica
2019 diciembre 26	anular	3 39	0,97	Asia y Australia
2020 junio 21	anular	0 38	0,99	África, SE. Europa y Asia
2020 diciembre 14	total	2 10	1,03	Pacífico y Sudamérica
2021 junio 10	anular	3 51	0,94	Norteamérica, Europa y Asia
2021 diciembre 4	total	1 54	1,04	Antártida y S. África
2022 abril 30	parcial		0,64	SE. Pacífico y S. Sudamérica
2022 octubre 25	parcial		0,86	Europa, NE. África y O. Asia
2023 abril 20	mixto	1 16	1,01	SE. Asia y Australia
2023 octubre 14	anular	5 17	0,95	América
2024 abril 8	total	4 28	1,06	Norteamérica y Centroamérica
2024 octubre 2	anular	7 25	0,93	Pacífico y S. Sudamérica
2025 marzo 29	parcial		0,94	NO. África, Europa, N. Rusia
2025 setiembre 21	parcial		0,86	Pacífico, N. Zelanda y Antártida
2026 febrero 17	anular	2 20	0,93	Sudamérica, África y Antártida
2026 agosto 12	total	2 18	1,04	Norteamérica, África y Europa
2027 febrero 6	anular	7 51	0,93	Sudamérica, África y Antártida
2027 agosto 2	total	6 23	1,08	África, Europa y Asia

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

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

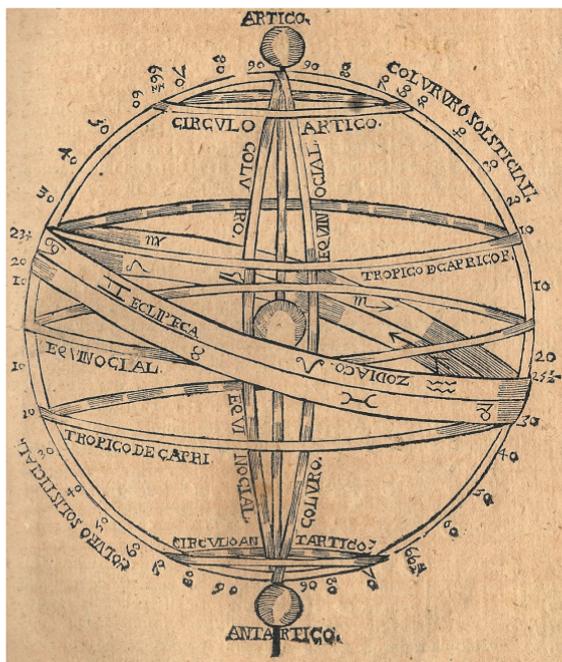
## Eclipses de Luna en los próximos años

Fecha	Tipo	Duración (en min)	Dur. totalidad (en min)	Magnitud
2017 febrero 10/11	penumbral			
2017 agosto 7	parcial	116		0,25
2018 enero 31	total	204	76	1,32
2018 julio 27	total	236	104	1,61
2019 enero 21	total	197	62	1,20
2019 julio 16/17	parcial	178		0,65
2020 enero 10	penumbral			
2020 junio 5	penumbral			
2020 julio 5	penumbral			
2020 noviembre 30	penumbral			
2021 mayo 26	total	187	15	1,01
2021 noviembre 19	parcial	208		0,97
2022 mayo 16	total	207	85	1,41
2022 noviembre 8	total	220	85	1,36
2023 mayo 5	penumbral			
2023 octubre 28	parcial	77		0,12
2024 marzo 25	penumbral			
2024 setiembre 18	parcial	63		0,09
2025 marzo 14	total	218	65	1,18
2025 setiembre 7	total	209	82	1,18
2026 marzo 3	total	207	58	1,15
2026 agosto 28	parcial	198		0,93
2027 febrero 20	penumbral			
2027 julio 18	penumbral			
2027 agosto 17	penumbral			

*Duración* se refiere a la de contacto con la sombra.

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

# 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 2017 se escribe como 2017-02-28 o bien 20170228.

### 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<sup>h</sup> de TU) y tendrá una fracción 0,5 a las 0<sup>h</sup> de TU (medianoche en el meridiano de Greenwich). *Ejemplo*: el día juliano correspondiente a las 0<sup>h</sup> de TU del día 16 de abril de 2017 es 2457859,5.

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 <sup>h</sup> de TU	Día juliano	Día a 0 <sup>h</sup> de TU	Día juliano
2017 Ene 0	2457753,5	2017 Jul 0	2457934,5
2017 Feb 0	2457784,5	2017 Ago 0	2457965,5
2017 Mar 0	2457812,5	2017 Set 0	2457996,5
2017 Abr 0	2457843,5	2017 Oct 0	2458026,5
2017 May 0	2457873,5	2017 Nov 0	2458057,5
2017 Jun 0	2457904,5	2017 Dic 0	2458087,5

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<sup>h</sup> de TU. La función *int*[ ] calcula la parte entera de un número.

Centuria		Mes					
Año	DJC	Mes	DJM	bis.	Mes	DJM	bis.
1600	2305447,5	Ene	0	-1	Jul	181	0
1700	2341971,5	Feb	31	-1	Ago	212	0
1800	2378495,5	Mar	59	0	Set	243	0
1900	2415019,5	Abr	90	0	Oct	273	0
2000	2451544,5	May	120	0	Nov	304	0
2100	2488068,5	Jun	151	0	Dic	334	0

*Ejemplo:* para el 16 de abril de 2017 a las 0<sup>h</sup> TU son:

$$DJC(2000) = 2451544,5$$

$$DJF(17) = 365 * 17 + int[17/4] = 6209$$

$$DJM(\text{abril}) = 90$$

Por consiguiente, el día juliano es:  $DJC + DJF + DJM + día = 2451544,5 + 6209 + 90 + 16 = 2457859,5$ . Tal día será domingo.

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

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

En ocasiones se usa el *día juliano modificado* establecido en 1957, que se obtiene restando al día juliano la cantidad 2400000,5. De esta forma la expresión es más corta y desaparece la fracción 0,5 en la expresión de un día a las 0<sup>h</sup> de TU.

*Ejemplo:* el día juliano correspondiente al 16 de abril de 2017 a las 0<sup>h</sup> TU es 2457859,5; el día juliano modificado correspondiente es 57859.

## 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 146097 días (20871 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 2017

### Cómputo eclesiástico

Número áureo	4	(ciclo lunar de 19 años)
Epacta	2	(edad de la Luna al 1 de enero)
Ciclo solar	10	(ciclo de 28 años)
Letra dominical	A	(ciclo de 28 años)
Indicción romana	10	(ciclo de 15 años)

### Principales fiestas móviles

Septuagésima	Feb	12
Miércoles de Ceniza	Mar	1
Primer domingo de Cuaresma	Mar	5
Viernes Santo	Abr	14
Pascua	Abr	16
Ascensión	May	25
Pentecostés	Jun	4
La Santísima Trinidad	Jun	11
Corpus Christi	Jun	15
El Sagrado Corazón de Jesús	Jun	23
Primer domingo de Adviento	Dic	3

### Témporas

I	Mar 8, 10, 11
II	Jun 7, 9, 10
III	Set 20, 22, 23
IV	Dic 20, 22, 23

### Velaciones

Se cierran:	
Feb 28 y Dic 2	
Se abren:	
Abr 18 y Dic 26	

La mayor parte de fiestas móviles 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 móviles 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 2017

Pascua	3 de abril (juliano) 16 de abril (gregoriano)
Epacta	11
Letra dominical	B

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

## Calendario musulmán

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

En su versión religiosa tradicional, el inicio de cada mes se determina observacionalmente coincidiendo con la primera visión de la luna creciente. En un lugar dado, el mes se inicia a la puesta de sol del día en que el creciente lunar ha sido visto. Como consecuencia, el mes se inicia en fechas distintas en distintos lugares. En las últimas décadas se ha realizado un considerable esfuerzo en modelar la visibilidad del creciente lunar en base a la posición de la Luna respecto del Sol, su distancia a la Tierra, las condiciones atmosféricas y climáticas, el modo de observación, la posición geográfica y altitud del lugar de observación, etc, con el fin de poder sustituir por un método preciso las observaciones del creciente o las reglas empíricas adoptadas en distintos países, 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:

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

*Ejemplo:* el 1 de enero de 2017 ( $G = 2017,00$ ) corresponde a  $M = 1438,26$ , o sea a principios del año musulmán 1438. Este es un año común pues es el año 28 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	
1438	Ŷumādà al-ūlā 1	2017	Ene 29
1438	Ŷumādà al-ājira 1	2017	Feb 28
1438	Raŷab 1	2017	Mar 29
1438	Ša'bān 1	2017	Abr 28
1438	Ramaḍān 1	2017	May 27
1438	Šawwāl 1	2017	Jun 26
1438	Dū-l-qa'da 1	2017	Jul 25
1438	Dū-l-ḥiŷŷa 1	2017	Ago 24
1439	Muḥarram 1	2017	Set 22
1439	Šafar 1	2017	Oct 22
1439	Rabī' al-awwal 1	2017	Nov 20
1439	Rabī' al-tānī 1	2017	Dic 20

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

Fechas gregorianas correspondientes a las principales festividades del calendario musulmán:

Ascensión del Profeta	2017	Abr	24
Primer día del ramadán	2017	May	27
Conquista de la Meca	2017	Jun	15
Revelación del Corán	2017	Jun	22
Ultimo día del ramadán	2017	Jun	25
Pascua postayuno	2017	Jun	26
Pascua de Inmolación	2017	Set	2
Primer día del año	2017	Set	22
'Āshūrā'	2017	Oct	1
Huida del Profeta ( <i>Hégira</i> )	2017	Nov	20
Nacimiento del Profeta	2017	Dic	1

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
1438 Ýumādà al-ūlà	2017 Ene 29
1438 Ýumādà al-ājira	2017 Feb 27
1438 Raýab	2017 Mar 29
1438 Ša'bān	2017 Abr 27
1438 Ramađān	2017 May 26
1438 Šawwāl	2017 Jun 25
1438 Ďū-l-qa'da	2017 Jul 24
1438 Ďū-l-ḥiýýa	2017 Ago 23
1439 Muḥarram	2017 Set 21
1439 Šafar	2017 Oct 21
1439 Rabī' al-awwal	2017 Nov 19
1439 Rabī' al-ṭānī	2017 Dic 19

## 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<sup>d</sup> 5<sup>h</sup> 55<sup>m</sup> 25<sup>s</sup>) 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)
5771	2010 Set 9	385
5772	2011 Set 29	354
5773	2012 Set 17	353
5774	2013 Set 5	385
5775	2014 Set 25	354
5776	2015 Set 14	385
5777	2016 Oct 3	353
5778	2017 Set 21	354
5779	2018 Set 10	385
5780	2019 Set 30	355
5781	2020 Set 19	353

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

Inicio del mes	Fecha gregoriana				
5777	Šebāt	1	2017	Ene	28
5777	Adār	1	2017	Feb	27
5777	Nisan	1	2017	Mar	28
5777	Iyyār	1	2017	Abr	27
5777	Siwān	1	2017	May	26
5777	Tammūz	1	2017	Jun	25
5777	Ab	1	2017	Jul	24
5777	Elūl	1	2017	Ago	23
5778	Tišrī	1	2017	Set	21
5778	Ḥešwān	1	2017	Oct	21
5778	Kislew	1	2017	Nov	19
5778	Ṭebēt	1	2017	Dic	19

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):

Ayuno. Sitio de Jerusalén	2017	Ene	8
Año nuevo de los árboles	2017	Feb	11
Ayuno de Ester	2017	Mar	9
Suertes ( <i>Purim</i> )	2017	Mar	12
Pascua ( <i>Pesah</i> )	2017	Abr	11
<i>Lag B' Omer</i>	2017	May	14
Pentecostés ( <i>Shavuot</i> )	2017	May	31
Ayuno del mes de tammūz	2017	Jul	11
Ayuno. Destrucción de Jerusalén	2017	Ago	1
Año nuevo ( <i>Rosh-hashana</i> )	2017	Set	21
Ayuno de Guedaliah	2017	Set	24
Expiación ( <i>Yom Kippur</i> )	2017	Set	30
Tabernáculos ( <i>Sukkot</i> )	2017	Oct	5
Alegría de la Ley	2017	Oct	13
Dedicación del Templo ( <i>Hanukka</i> )	2017	Dic	13
Ayuno. Sitio de Jerusalén	2017	Dic	28

## 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:* 16 de abril de 2017: a 20□□ le corresponde el índice 7; a □□17, el índice 6; a abril, el índice 6; y al día 16, el índice 2. La suma es:  $7 + 6 + 6 + 2 = 21$ . Restándole dos veces 7 se obtiene 7, índice que corresponde a domingo.

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 <sup>(B)</sup>	Feb		Ene <sup>(B)</sup>	Ene
	May	Mar	Jun	Abr	Oct
	Ago	Nov		Jul	
				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 2017

Días desde el inicio de siglo = 5844 + día del año

Días hasta el fin de siglo = 30680 – día del año

Día juliano = 2457753,5 + día del año +  $TU/24^h$

Día juliano modificado = 57753 + día del año +  $TU/24^h$

Siglos julianos desde la época J2000 hasta la mitad del año:

$$T = (J2017,5 - J2000,0)/36525 = 0,175$$

Tiempo sidéreo local en el día  $d$ , instante  $TU$  y longitud  $\lambda_E$ :

$$\theta_{med} = 6^h 656\,820 + 0^h 065\,709\,825\,d + 1,002\,737\,91\,TU + \lambda_E$$

$$\theta_{ver} = \theta_{med} + \text{ecuación de los equinoccios}$$

Ecuación de los equinoccios =  $-0^s 39 - 0^s 00106\,d$  (error < 0,1)

## 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:

$$TE = TAI + 32,184 .$$

La denominación “tiempo de efemérides” ha caído 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:

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

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 Coordinado Geocéntrico (TCG) y Tiempo Coordinado 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 86400ava 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:

$$TT - UT1 = 66^{\text{s}}0 + 0^{\text{s}}29(A - 2010) + 0^{\text{s}}012(A - 2010)^2$$

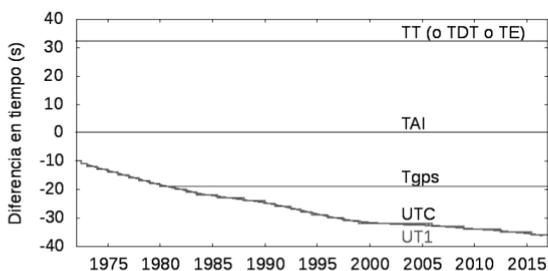
expresión válida entre 2006 y 2017.

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<sup>s</sup>; 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	Fecha	TAI–UTC
2009 Ene 1	65 <sup>s</sup> :78	2009 Ene 1	34 <sup>s</sup>
2010 Ene 1	66 <sup>s</sup> :07		
2011 Ene 1	66 <sup>s</sup> :32		
2012 Ene 1	66 <sup>s</sup> :60	2012 Jul 1	35 <sup>s</sup>
2013 Ene 1	66 <sup>s</sup> :91		
2014 Ene 1	67 <sup>s</sup> :28		
2015 Ene 1	67 <sup>s</sup> :64	2015 Jul 1	36 <sup>s</sup>
2016 Ene 1	68 <sup>s</sup> :10		
2017 Ene 1 (pred.)	68 <sup>s</sup> :6	2017 Ene 1	37 <sup>s</sup>
2018 Ene 1 (pred.)	69 <sup>s</sup> :1		

En las tablas anteriores se indican la diferencia TT–UT1 para el primer día del año y las fechas en que se ha anunciado un salto de 1<sup>s</sup> en la diferencia DTA=TAI–UTC, desde 2009 hasta 2017.

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:**  $\theta_v, \theta_m$ 

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  $\alpha$  se relaciona con el tiempo sidéreo local  $\theta$  mediante:

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

Cuando se consideran el ecuador y la eclíptica medios (los obtenidos considerando sólo la precesión), se obtiene el *tiempo sidéreo medio*,  $\theta_m$ , 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*,  $\theta_v$ . La diferencia entre ellos es inferior a  $1^{\text{s}}2$  y se denomina *ecuación de los equinoccios*:

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

siendo  $DJ$  el día juliano considerado.

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

$$\begin{aligned} \theta_v &= 6^{\text{h}}697374 + 0^{\text{h}}065709824 (DJ_{0^{\text{h}}} - 2451545) + EcEq + \\ &+ 1,0027379093 UT1 + \lambda_E \end{aligned}$$

donde los dos primeros sumandos dan el tiempo sidéreo medio en Greenwich a  $0^{\text{h}}$  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  $\theta_v$  es necesario, por ejemplo, para determinar el ángulo horario  $AH$  de un astro a observar en un instante dado y cuya ascensión recta  $\alpha$  sea conocida:

$$\begin{aligned} \text{ángulo horario} &= \text{tiempo sidéreo verdadero} - \text{ascensión recta} \\ AH &= \theta_v - \alpha. \end{aligned}$$

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

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

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

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

La duración de un día sidéreo medio es de  $23^h 56^m 04^s 0905$ . El periodo de rotación de la Tierra respecto de las estrellas, en que se prescinde del efecto de la precesión del equinoccio, es de  $23^h 56^m 04^s 0989$ .

## 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  $\theta_v$  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*.

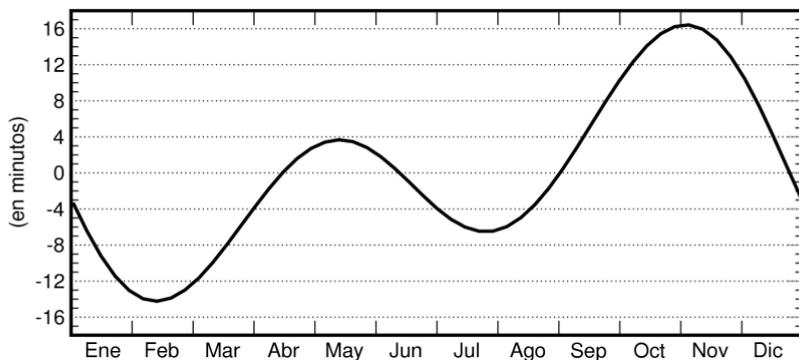
Se denomina *tiempo solar (local) medio* al que se obtiene considerando un Sol “ficticio” que se mueve en el plano del ecuador de manera que su

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:

$$\begin{aligned} Ec.Tiempo &= \text{tiempo solar verdadero} - \text{tiempo solar medio} \\ &= 595^s \text{sen}(199^\circ + 1^\circ,9713 d) + 441^s \text{sen}(176^\circ + 0^\circ,9856 d) \end{aligned}$$

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.

Ecuación de tiempo



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  $\lambda_E$ , se puede escribir:

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

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	<b>MHz</b>
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	<b>kHz</b>
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<sub>3</sub>J) desde las 10<sup>h</sup>00<sup>m</sup> a las 10<sup>h</sup>25<sup>m</sup> TUC a la frecuencia de 15,006 MHz y desde las 10<sup>h</sup>30<sup>m</sup> a las 10<sup>h</sup>55<sup>m</sup> 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<sup>h</sup>) 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<sup>h</sup> en todos los casos (salvo en la isla Lord Howe). La mayoría de países europeos, incluido el Reino Unido, adelantan en una hora el tiempo oficial durante unos siete meses, desde el último domingo de marzo al último de octubre. En un proceso de uniformización del horario europeo, a partir de otoño de 1996 los países europeos pasaron a cambiar la hora en la madrugada del último domingo de octubre, en lugar del último de setiembre como solía ser. La mayoría de estados en Estados Unidos y Canadá adelantan su tiempo oficial desde el primer domingo de abril al último de octubre. En algunos países del hemisferio sur también hay un cambio de horario en una hora, en general entre los meses de octubre y marzo. Actualmente unos 80 países del mundo adoptan un horario adelantado durante parte del año.

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

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

El uso de los datos aquí reseñados debe hacerse con reserva por varias razones. Muchos países cambian de horario durante el año (lo que hemos indicado con un asterisco \*). Además, en cualquier momento los gobiernos pueden tanto modificar el tiempo oficial en su país, como instaurar o eliminar la adopción de un horario adelantado durante parte del año. Por ejemplo, Rusia ha efectuado diversos cambios de huso horario en su extenso territorio a lo largo de 2016 que no hemos reflejado en las tablas pues aún no son definitivos, en mayo Venezuela cambió su tiempo oficial en media hora.

### Tiempo oficial referido al Tiempo Universal

TO-TU	Países o regiones
<b>EUROPA</b>	
-1 <sup>h</sup>	I. Azores* (Portugal)
+0 <sup>h</sup>	I. Canarias* (España); I. Feroe* (Dinamarca); Irlanda*; Islandia; I. Madeira* (Portugal); Portugal*; Reino Unido*
+1 <sup>h</sup>	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 Svalbard (Noruega); Suecia*; Suiza*; Vaticano*
+2 <sup>h</sup>	Bulgaria*; Estonia*; Finlandia*; Grecia*; Kaliningrado (Rusia); Letonia*; Lituania*; R. Moldova*; Rumania*; Ucrania
+3 <sup>h</sup>	Belarús; Rusia (hora de Moscú)
<b>ÁFRICA</b>	
-1 <sup>h</sup>	I. Cabo Verde
+0 <sup>h</sup>	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 <sup>h</sup>	Angola; Argelia; Benin; Camerún; R. Centrafricana; Congo; Chad; Gabón; Guinea Ecuatorial; Libia*; Namibia*; Níger; Nigeria; Túnez*; R.D. Congo: Bajo Zaire, Bandundu, Ecuador
+2 <sup>h</sup>	Botswana; Burundi; Egipto; Lesotho; Malawi; Mozambique; Ruanda; R. Sudáfrica; R.D. Congo: Alto Zaire, Kasai, Kivu, Shaba; Swazilandia; Zambia; Zimbabwe
+3 <sup>h</sup>	Comoras; Eritrea; Etiopía; Kenia; Madagascar; I. Mayotte (Fr.); Somalia; Sudán; Sudán del Sur; Tanzania; Uganda; Yibuti
+4 <sup>h</sup>	Mauricio*; I. Reunión (Fr.); I. Seychelles

### Tiempo oficial referido al Tiempo Universal

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

### Tiempo oficial referido al Tiempo Universal

TO-TU	Países o regiones
<b>AMÉRICA</b>	
-10 <sup>h</sup>	I. Aleutianas* (al oeste de $-169^{\circ}5$ , EEUU)
-9 <sup>h</sup>	EEUU: Alaska* e I. Aleutianas (al este de $-169^{\circ}5$ )
-8 <sup>h</sup>	Canadá: Columbia* y Yukón*; EEUU ( $\lambda \lesssim -102^{\circ}$ ); Baja California Norte* (México)
-7 <sup>h</sup>	Canadá: Alberta* y oeste del Territorio del Noroeste*; EEUU* ( $-115^{\circ} \lesssim \lambda \lesssim -102^{\circ}$ ); México*: Sonora, Sinaloa, Nayarit y Baja California Sur
-6 <sup>h</sup>	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, Sinaloa, Nayarit y Baja California); Nicaragua; I. de Pascua* (Chile); El Salvador
-5 <sup>h</sup>	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. $-86^{\circ}$ ); Haití*; Jamaica; I. Juan Fernández (Chile); Panamá; Perú; I. Turcas y Caicos* (RU)
-4 <sup>h</sup>	Anguila; Antigua y Barbuda; Antillas Francesas; Antillas Holandesas; Aruba; Barbados; Bermudas* (RU); Bolivia; Brasil: Acre, Amazonas, Mato Grosso* (Norte y Sur), oeste de Pará, estados centrales y del noroeste; Canadá: Labrador*, Quebec ( $\lambda > -63^{\circ}$ ), Nueva Escocia*, Nueva Brunswick* y Territorio del Noroeste ( $\lambda < -68^{\circ}$ ); Chile*; Dominica; R. Dominicana; Granada; Guadalupe (Fr.); Guyana; Martinica (Fr.); Montserrat (RU); Paraguay*; Puerto Rico; San Cristóbal y Nevis; Santa Lucía; San Vicente y las Granadinas; Thule* (Groenlandia); Trinidad y Tobago; I. Vírgenes (EEUU, RU); Venezuela
-3 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	I. Terranova* (Canadá)
-3 <sup>h</sup>	Argentina; Brasil: Bahía, 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 <sup>h</sup>	I. Fernando do Noronha (Brasil)
-1 <sup>h</sup>	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,  $\lambda$ , 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<sup>h</sup> en el horario de otoño e invierno y a UTC+2<sup>h</sup> 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<sup>h</sup> TU (las 2<sup>h</sup> 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<sup>h</sup> TU (las 3<sup>h</sup> 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:

**2017** Domingos 26 de marzo y 29 de octubre.

**2018** Domingos 25 de marzo y 28 de octubre.

**2019** Domingos 31 de marzo y 27 de octubre.

**2020** Domingos 29 de marzo y 25 de octubre.

**2021** Domingos 28 de marzo y 31 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 2017

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.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>		<i>s</i>	<i>m</i>
1	D	1	2457754,5	06	43	20,713	-0,395	-03	26
2	L	2	2457755,5	06	47	17,271	-0,393	-03	54
3	M	3	2457756,5	06	51	13,825	-0,393	-04	22
4	M	4	2457757,5	06	55	10,378	-0,396	-04	50
5	J	5	2457758,5	06	59	06,930	-0,399	-05	17
6	V	6	2457759,5	07	03	03,482	-0,403	-05	43
7	S	7	2457760,5	07	07	00,035	-0,405	-06	10
8	D	8	2457761,5	07	10	56,591	-0,404	-06	35
9	L	9	2457762,5	07	14	53,151	-0,401	-07	00
10	M	10	2457763,5	07	18	49,713	-0,394	-07	25
11	M	11	2457764,5	07	22	46,276	-0,385	-07	49
12	J	12	2457765,5	07	26	42,840	-0,377	-08	12
13	V	13	2457766,5	07	30	39,403	-0,370	-08	35
14	S	14	2457767,5	07	34	35,962	-0,366	-08	57
15	D	15	2457768,5	07	38	32,518	-0,365	-09	18
16	L	16	2457769,5	07	42	29,072	-0,367	-09	39
17	M	17	2457770,5	07	46	25,623	-0,371	-09	59
18	M	18	2457771,5	07	50	22,174	-0,375	-10	19
19	J	19	2457772,5	07	54	18,725	-0,379	-10	37
20	V	20	2457773,5	07	58	15,277	-0,383	-10	55
21	S	21	2457774,5	08	02	11,831	-0,384	-11	13
22	D	22	2457775,5	08	06	08,386	-0,384	-11	29
23	L	23	2457776,5	08	10	04,943	-0,383	-11	45
24	M	24	2457777,5	08	14	01,502	-0,380	-12	00
25	M	25	2457778,5	08	17	58,061	-0,376	-12	14
26	J	26	2457779,5	08	21	54,621	-0,371	-12	28
27	V	27	2457780,5	08	25	51,180	-0,367	-12	40
28	S	28	2457781,5	08	29	47,738	-0,365	-12	52
29	D	29	2457782,5	08	33	44,294	-0,365	-13	03
30	L	30	2457783,5	08	37	40,847	-0,367	-13	14
31	M	31	2457784,5	08	41	37,398	-0,371	-13	23

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

## Febrero 2017

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.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>		<i>m</i>	<i>s</i>
1	M	32	2457785,5	08	45	33,948	-0,376	-13	32
2	J	33	2457786,5	08	49	30,498	-0,382	-13	39
3	V	34	2457787,5	08	53	27,048	-0,387	-13	46
4	S	35	2457788,5	08	57	23,601	-0,390	-13	52
5	D	36	2457789,5	09	01	20,156	-0,390	-13	58
6	L	37	2457790,5	09	05	16,715	-0,387	-14	02
7	M	38	2457791,5	09	09	13,275	-0,382	-14	06
8	M	39	2457792,5	09	13	09,836	-0,376	-14	09
9	J	40	2457793,5	09	17	06,396	-0,372	-14	11
10	V	41	2457794,5	09	21	02,954	-0,369	-14	12
11	S	42	2457795,5	09	24	59,508	-0,370	-14	12
12	D	43	2457796,5	09	28	56,060	-0,373	-14	12
13	L	44	2457797,5	09	32	52,610	-0,379	-14	11
14	M	45	2457798,5	09	36	49,158	-0,386	-14	09
15	M	46	2457799,5	09	40	45,706	-0,393	-14	06
16	J	47	2457800,5	09	44	42,255	-0,400	-14	03
17	V	48	2457801,5	09	48	38,806	-0,405	-13	59
18	S	49	2457802,5	09	52	35,358	-0,408	-13	55
19	D	50	2457803,5	09	56	31,912	-0,410	-13	49
20	L	51	2457804,5	10	00	28,467	-0,410	-13	43
21	M	52	2457805,5	10	04	25,023	-0,409	-13	37
22	M	53	2457806,5	10	08	21,580	-0,407	-13	29
23	J	54	2457807,5	10	12	18,137	-0,406	-13	22
24	V	55	2457808,5	10	16	14,693	-0,405	-13	13
25	S	56	2457809,5	10	20	11,247	-0,407	-13	04
26	D	57	2457810,5	10	24	07,799	-0,410	-12	55
27	L	58	2457811,5	10	28	04,348	-0,416	-12	44
28	M	59	2457812,5	10	32	00,895	-0,424	-12	34

Algunas fechas julianas notables son:

B1850	= 2396758,203	= 0,703 de enero de 1850
J1900	= 2415020,0	= 0,500 de enero de 1900
B1900	= 2415020,313	= 0,813 de enero de 1900
J1950	= 2433282,5	= 1,000 de enero de 1950
B1950	= 2433282,423	= 0,923 de enero de 1950
J1991.25	= 2448349,0625	= 2,5625 de abril de 1991
J2000	= 2451545,0	= 1,500 de enero de 2000
B2000	= 2451544,533	= 1,033 de enero de 2000
J2050	= 2469807,5	= 1,000 de enero de 2050

## Marzo 2017

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.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>		<i>s</i>	<i>m</i>
1	M	60	2457813,5	10	35	57,442	-0,433	-12	22
2	J	61	2457814,5	10	39	53,990	-0,440	-12	11
3	V	62	2457815,5	10	43	50,540	-0,446	-11	58
4	S	63	2457816,5	10	47	47,092	-0,449	-11	46
5	D	64	2457817,5	10	51	43,648	-0,449	-11	33
6	L	65	2457818,5	10	55	40,205	-0,446	-11	19
7	M	66	2457819,5	10	59	36,764	-0,443	-11	05
8	M	67	2457820,5	11	03	33,322	-0,441	-10	50
9	J	68	2457821,5	11	07	29,878	-0,440	-10	35
10	V	69	2457822,5	11	11	26,431	-0,442	-10	20
11	S	70	2457823,5	11	15	22,982	-0,447	-10	04
12	D	71	2457824,5	11	19	19,530	-0,454	-09	48
13	L	72	2457825,5	11	23	16,077	-0,462	-09	32
14	M	73	2457826,5	11	27	12,623	-0,471	-09	16
15	M	74	2457827,5	11	31	09,170	-0,480	-08	59
16	J	75	2457828,5	11	35	05,719	-0,487	-08	42
17	V	76	2457829,5	11	39	02,268	-0,492	-08	25
18	S	77	2457830,5	11	42	58,820	-0,496	-08	07
19	D	78	2457831,5	11	46	55,374	-0,498	-07	50
20	L	79	2457832,5	11	50	51,928	-0,498	-07	32
21	M	80	2457833,5	11	54	48,484	-0,498	-07	15
22	M	81	2457834,5	11	58	45,040	-0,498	-06	57
23	J	82	2457835,5	12	02	41,595	-0,498	-06	39
24	V	83	2457836,5	12	06	38,149	-0,500	-06	21
25	S	84	2457837,5	12	10	34,700	-0,503	-06	03
26	D	85	2457838,5	12	14	31,250	-0,509	-05	45
27	L	86	2457839,5	12	18	27,797	-0,517	-05	27
28	M	87	2457840,5	12	22	24,344	-0,526	-05	09
29	M	88	2457841,5	12	26	20,890	-0,535	-04	51
30	J	89	2457842,5	12	30	17,439	-0,542	-04	33
31	V	90	2457843,5	12	34	13,990	-0,545	-04	15

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<sup>h</sup> de TU aparece la fracción 0,5. El denominado “día juliano modificado” se obtiene restando 2400000,5 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 2017

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.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>		<i>s</i>	<i>m</i>
1	S	91	2457844,5	12	38	10,545	-0,546	-03	57
2	D	92	2457845,5	12	42	07,103	-0,544	-03	39
3	L	93	2457846,5	12	46	03,661	-0,541	-03	21
4	M	94	2457847,5	12	50	00,220	-0,538	-03	04
5	M	95	2457848,5	12	53	56,776	-0,536	-02	47
6	J	96	2457849,5	12	57	53,331	-0,538	-02	29
7	V	97	2457850,5	13	01	49,882	-0,541	-02	12
8	S	98	2457851,5	13	05	46,431	-0,547	-01	56
9	D	99	2457852,5	13	09	42,979	-0,555	-01	39
10	L	100	2457853,5	13	13	39,526	-0,564	-01	23
11	M	101	2457854,5	13	17	36,073	-0,572	-01	07
12	M	102	2457855,5	13	21	32,622	-0,579	-00	51
13	J	103	2457856,5	13	25	29,172	-0,584	-00	35
14	V	104	2457857,5	13	29	25,724	-0,587	-00	20
15	S	105	2457858,5	13	33	22,278	-0,589	-00	05
16	D	106	2457859,5	13	37	18,833	-0,589	+00	09
17	L	107	2457860,5	13	41	15,390	-0,587	+00	23
18	M	108	2457861,5	13	45	11,947	-0,586	+00	37
19	M	109	2457862,5	13	49	08,503	-0,585	+00	50
20	J	110	2457863,5	13	53	05,059	-0,585	+01	03
21	V	111	2457864,5	13	57	01,612	-0,586	+01	15
22	S	112	2457865,5	14	00	58,164	-0,590	+01	27
23	D	113	2457866,5	14	04	54,714	-0,595	+01	39
24	L	114	2457867,5	14	08	51,262	-0,603	+01	50
25	M	115	2457868,5	14	12	47,810	-0,610	+02	00
26	M	116	2457869,5	14	16	44,360	-0,616	+02	10
27	J	117	2457870,5	14	20	40,912	-0,619	+02	20
28	V	118	2457871,5	14	24	37,467	-0,619	+02	29
29	S	119	2457872,5	14	28	34,026	-0,615	+02	37
30	D	120	2457873,5	14	32	30,587	-0,610	+02	45

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.

$$\begin{aligned} \text{tiempo solar medio} &= \text{TU} + \text{longitud}_{E,ste} \\ \text{tiempo solar verdadero} &= \text{tiempo solar medio} + \text{ecuación de tiempo} \end{aligned}$$

## Mayo 2017

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.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>s</i>
1	L	121	2457874,5	14	36	27,148	–0,604	+02	53
2	M	122	2457875,5	14	40	23,708	–0,600	+03	00
3	M	123	2457876,5	14	44	20,265	–0,598	+03	06
4	J	124	2457877,5	14	48	16,820	–0,599	+03	12
5	V	125	2457878,5	14	52	13,372	–0,602	+03	17
6	S	126	2457879,5	14	56	09,922	–0,607	+03	22
7	D	127	2457880,5	15	00	06,471	–0,614	+03	26
8	L	128	2457881,5	15	04	03,020	–0,620	+03	30
9	M	129	2457882,5	15	07	59,571	–0,625	+03	33
10	M	130	2457883,5	15	11	56,123	–0,628	+03	36
11	J	131	2457884,5	15	15	52,676	–0,630	+03	38
12	V	132	2457885,5	15	19	49,232	–0,629	+03	39
13	S	133	2457886,5	15	23	45,789	–0,627	+03	40
14	D	134	2457887,5	15	27	42,348	–0,624	+03	41
15	L	135	2457888,5	15	31	38,907	–0,620	+03	40
16	M	136	2457889,5	15	35	35,466	–0,617	+03	40
17	M	137	2457890,5	15	39	32,024	–0,614	+03	38
18	J	138	2457891,5	15	43	28,581	–0,613	+03	36
19	V	139	2457892,5	15	47	25,136	–0,613	+03	34
20	S	140	2457893,5	15	51	21,688	–0,616	+03	31
21	D	141	2457894,5	15	55	18,239	–0,620	+03	27
22	L	142	2457895,5	15	59	14,790	–0,625	+03	23
23	M	143	2457896,5	16	03	11,341	–0,630	+03	18
24	M	144	2457897,5	16	07	07,894	–0,632	+03	13
25	J	145	2457898,5	16	11	04,450	–0,631	+03	07
26	V	146	2457899,5	16	15	01,010	–0,627	+03	00
27	S	147	2457900,5	16	18	57,573	–0,619	+02	54
28	D	148	2457901,5	16	22	54,137	–0,610	+02	46
29	L	149	2457902,5	16	26	50,700	–0,602	+02	39
30	M	150	2457903,5	16	30	47,261	–0,597	+02	30
31	M	151	2457904,5	16	34	43,819	–0,594	+02	22

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.

$$\text{tiempo sidéreo medio} = \text{tiempo sidéreo verdadero} - \text{Ec.Equin.}$$

## Junio 2017

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.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>		<i>s</i>	<i>m</i>
1	J	152	2457905,5	16	38	40,374	–0,595	+02	13
2	V	153	2457906,5	16	42	36,926	–0,598	+02	04
3	S	154	2457907,5	16	46	33,478	–0,602	+01	54
4	D	155	2457908,5	16	50	30,029	–0,606	+01	44
5	L	156	2457909,5	16	54	26,581	–0,610	+01	34
6	M	157	2457910,5	16	58	23,134	–0,612	+01	23
7	M	158	2457911,5	17	02	19,689	–0,612	+01	12
8	J	159	2457912,5	17	06	16,246	–0,610	+01	01
9	V	160	2457913,5	17	10	12,805	–0,607	+00	49
10	S	161	2457914,5	17	14	09,365	–0,602	+00	37
11	D	162	2457915,5	17	18	05,926	–0,597	+00	25
12	L	163	2457916,5	17	22	02,487	–0,591	+00	13
13	M	164	2457917,5	17	25	59,046	–0,587	+00	01
14	M	165	2457918,5	17	29	55,605	–0,584	–00	12
15	J	166	2457919,5	17	33	52,162	–0,582	–00	24
16	V	167	2457920,5	17	37	48,716	–0,583	–00	37
17	S	168	2457921,5	17	41	45,269	–0,586	–00	50
18	D	169	2457922,5	17	45	41,820	–0,590	–01	03
19	L	170	2457923,5	17	49	38,372	–0,593	–01	16
20	M	171	2457924,5	17	53	34,925	–0,596	–01	29
21	M	172	2457925,5	17	57	31,481	–0,595	–01	42
22	J	173	2457926,5	18	01	28,040	–0,592	–01	56
23	V	174	2457927,5	18	05	24,603	–0,584	–02	09
24	S	175	2457928,5	18	09	21,167	–0,575	–02	22
25	D	176	2457929,5	18	13	17,732	–0,565	–02	35
26	L	177	2457930,5	18	17	14,295	–0,558	–02	47
27	M	178	2457931,5	18	21	10,855	–0,553	–03	00
28	M	179	2457932,5	18	25	07,412	–0,552	–03	13
29	J	180	2457933,5	18	29	03,966	–0,553	–03	25
30	V	181	2457934,5	18	33	00,518	–0,557	–03	37

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:

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

siendo *DJ* el día juliano considerado. (El error medio es <0,02<sup>s</sup> y el error máximo es de 0,05<sup>s</sup>.)

## Julio 2017

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.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>s</i>
1	S	182	2457935,5	18	36	57,069	–0,561	–03	49
2	D	183	2457936,5	18	40	53,621	–0,564	–04	00
3	L	184	2457937,5	18	44	50,174	–0,567	–04	11
4	M	185	2457938,5	18	48	46,729	–0,567	–04	22
5	M	186	2457939,5	18	52	43,285	–0,566	–04	33
6	J	187	2457940,5	18	56	39,843	–0,563	–04	43
7	V	188	2457941,5	19	00	36,403	–0,559	–04	53
8	S	189	2457942,5	19	04	32,964	–0,554	–05	02
9	D	190	2457943,5	19	08	29,524	–0,549	–05	11
10	L	191	2457944,5	19	12	26,084	–0,544	–05	20
11	M	192	2457945,5	19	16	22,642	–0,541	–05	28
12	M	193	2457946,5	19	20	19,199	–0,540	–05	36
13	J	194	2457947,5	19	24	15,753	–0,541	–05	43
14	V	195	2457948,5	19	28	12,306	–0,544	–05	50
15	S	196	2457949,5	19	32	08,857	–0,548	–05	56
16	D	197	2457950,5	19	36	05,408	–0,553	–06	02
17	L	198	2457951,5	19	40	01,959	–0,557	–06	07
18	M	199	2457952,5	19	43	58,513	–0,558	–06	12
19	M	200	2457953,5	19	47	55,069	–0,557	–06	17
20	J	201	2457954,5	19	51	51,629	–0,553	–06	20
21	V	202	2457955,5	19	55	48,192	–0,545	–06	24
22	S	203	2457956,5	19	59	44,755	–0,537	–06	26
23	D	204	2457957,5	20	03	41,318	–0,530	–06	29
24	L	205	2457958,5	20	07	37,878	–0,525	–06	30
25	M	206	2457959,5	20	11	34,435	–0,524	–06	31
26	M	207	2457960,5	20	15	30,988	–0,526	–06	32
27	J	208	2457961,5	20	19	27,539	–0,530	–06	31
28	V	209	2457962,5	20	23	24,089	–0,535	–06	31
29	S	210	2457963,5	20	27	20,639	–0,541	–06	29
30	D	211	2457964,5	20	31	17,190	–0,545	–06	27
31	L	212	2457965,5	20	35	13,743	–0,548	–06	24

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

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

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

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

## Agosto 2017

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.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>		<i>s</i>	<i>m</i>
1	M	213	2457966,5	20	39	10,297	-0,549	-06	21
2	M	214	2457967,5	20	43	06,853	-0,549	-06	17
3	J	215	2457968,5	20	47	03,410	-0,547	-06	13
4	V	216	2457969,5	20	50	59,969	-0,544	-06	07
5	S	217	2457970,5	20	54	56,527	-0,540	-06	02
6	D	218	2457971,5	20	58	53,086	-0,538	-05	55
7	L	219	2457972,5	21	02	49,643	-0,536	-05	48
8	M	220	2457973,5	21	06	46,198	-0,536	-05	40
9	M	221	2457974,5	21	10	42,751	-0,539	-05	32
10	J	222	2457975,5	21	14	39,301	-0,543	-05	24
11	V	223	2457976,5	21	18	35,851	-0,549	-05	14
12	S	224	2457977,5	21	22	32,399	-0,556	-05	04
13	D	225	2457978,5	21	26	28,948	-0,563	-04	54
14	L	226	2457979,5	21	30	25,499	-0,567	-04	43
15	M	227	2457980,5	21	34	22,052	-0,569	-04	31
16	M	228	2457981,5	21	38	18,609	-0,568	-04	19
17	J	229	2457982,5	21	42	15,168	-0,565	-04	07
18	V	230	2457983,5	21	46	11,728	-0,559	-03	54
19	S	231	2457984,5	21	50	08,289	-0,554	-03	40
20	D	232	2457985,5	21	54	04,847	-0,551	-03	26
21	L	233	2457986,5	21	58	01,403	-0,551	-03	12
22	M	234	2457987,5	22	01	57,955	-0,554	-02	57
23	M	235	2457988,5	22	05	54,505	-0,559	-02	42
24	J	236	2457989,5	22	09	51,053	-0,567	-02	26
25	V	237	2457990,5	22	13	47,600	-0,575	-02	10
26	S	238	2457991,5	22	17	44,148	-0,582	-01	53
27	D	239	2457992,5	22	21	40,698	-0,588	-01	36
28	L	240	2457993,5	22	25	37,249	-0,592	-01	19
29	M	241	2457994,5	22	29	33,803	-0,594	-01	01
30	M	242	2457995,5	22	33	30,358	-0,594	-00	43
31	J	243	2457996,5	22	37	26,914	-0,594	-00	24

Duración media de distintos tipos de años:

Año juliano:	365 <sup>d</sup> 25000
Año gregoriano:	365 <sup>d</sup> 24250
Año trópico:	365 <sup>d</sup> 24219
Año sidéreo:	365 <sup>d</sup> 25636
Año anomalístico:	365 <sup>d</sup> 25964
Año eclíptico:	346 <sup>d</sup> 62005

## Setiembre 2017

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.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>		<i>s</i>	<i>m</i>
1	V	244	2457997,5	22	41	23,470	–0,593	–00	05
2	S	245	2457998,5	22	45	20,026	–0,592	+00	14
3	D	246	2457999,5	22	49	16,582	–0,592	+00	33
4	L	247	2458000,5	22	53	13,135	–0,593	+00	53
5	M	248	2458001,5	22	57	09,687	–0,597	+01	13
6	M	249	2458002,5	23	01	06,237	–0,603	+01	33
7	J	250	2458003,5	23	05	02,784	–0,611	+01	54
8	V	251	2458004,5	23	08	59,331	–0,620	+02	14
9	S	252	2458005,5	23	12	55,878	–0,628	+02	35
10	D	253	2458006,5	23	16	52,426	–0,635	+02	56
11	L	254	2458007,5	23	20	48,977	–0,639	+03	17
12	M	255	2458008,5	23	24	45,531	–0,641	+03	38
13	M	256	2458009,5	23	28	42,088	–0,639	+04	00
14	J	257	2458010,5	23	32	38,646	–0,636	+04	21
15	V	258	2458011,5	23	36	35,205	–0,633	+04	42
16	S	259	2458012,5	23	40	31,762	–0,631	+05	04
17	D	260	2458013,5	23	44	28,317	–0,632	+05	25
18	L	261	2458014,5	23	48	24,869	–0,635	+05	46
19	M	262	2458015,5	23	52	21,418	–0,641	+06	08
20	M	263	2458016,5	23	56	17,965	–0,650	+06	29
21	J	264	2458017,5	00	00	14,511	–0,659	+06	50
22	V	265	2458018,5	00	04	11,058	–0,667	+07	11
23	S	266	2458019,5	00	08	07,606	–0,675	+07	32
24	D	267	2458020,5	00	12	04,156	–0,681	+07	53
25	L	268	2458021,5	00	16	00,707	–0,684	+08	14
26	M	269	2458022,5	00	19	57,261	–0,686	+08	35
27	M	270	2458023,5	00	23	53,816	–0,686	+08	55
28	J	271	2458024,5	00	27	50,372	–0,686	+09	15
29	V	272	2458025,5	00	31	46,927	–0,686	+09	35
30	S	273	2458026,5	00	35	43,483	–0,686	+09	55

Año juliano:

$$1 \text{ año} = 365^{\text{d}}25 = 8766^{\text{h}} = 525960^{\text{m}} = 31557600^{\text{s}}$$

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 2017

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.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>		<i>s</i>	<i>m</i>
1	D	274	2458027,5	00	39	40,037	-0,687	+10	15
2	L	275	2458028,5	00	43	36,589	-0,691	+10	34
3	M	276	2458029,5	00	47	33,139	-0,696	+10	53
4	M	277	2458030,5	00	51	29,687	-0,703	+11	12
5	J	278	2458031,5	00	55	26,233	-0,712	+11	30
6	V	279	2458032,5	00	59	22,780	-0,721	+11	48
7	S	280	2458033,5	01	03	19,328	-0,728	+12	06
8	D	281	2458034,5	01	07	15,878	-0,733	+12	23
9	L	282	2458035,5	01	11	12,432	-0,735	+12	40
10	M	283	2458036,5	01	15	08,988	-0,734	+12	56
11	M	284	2458037,5	01	19	05,547	-0,730	+13	12
12	J	285	2458038,5	01	23	02,106	-0,726	+13	27
13	V	286	2458039,5	01	26	58,665	-0,723	+13	42
14	S	287	2458040,5	01	30	55,221	-0,723	+13	56
15	D	288	2458041,5	01	34	51,774	-0,725	+14	10
16	L	289	2458042,5	01	38	48,325	-0,730	+14	23
17	M	290	2458043,5	01	42	44,873	-0,737	+14	35
18	M	291	2458044,5	01	46	41,420	-0,745	+14	47
19	J	292	2458045,5	01	50	37,968	-0,753	+14	59
20	V	293	2458046,5	01	54	34,516	-0,760	+15	09
21	S	294	2458047,5	01	58	31,067	-0,765	+15	19
22	D	295	2458048,5	02	02	27,619	-0,768	+15	29
23	L	296	2458049,5	02	06	24,173	-0,769	+15	38
24	M	297	2458050,5	02	10	20,729	-0,768	+15	46
25	M	298	2458051,5	02	14	17,286	-0,766	+15	53
26	J	299	2458052,5	02	18	13,844	-0,764	+16	00
27	V	300	2458053,5	02	22	10,401	-0,763	+16	05
28	S	301	2458054,5	02	26	06,957	-0,762	+16	11
29	D	302	2458055,5	02	30	03,511	-0,763	+16	15
30	L	303	2458056,5	02	34	00,064	-0,766	+16	19
31	M	304	2458057,5	02	37	56,615	-0,770	+16	22

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

## Noviembre 2017

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.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>		<i>s</i>	<i>m</i>
1	M	305	2458058,5	02	41	53,164	–0,777	+16	24
2	J	306	2458059,5	02	45	49,712	–0,783	+16	25
3	V	307	2458060,5	02	49	46,261	–0,790	+16	26
4	S	308	2458061,5	02	53	42,813	–0,794	+16	26
5	D	309	2458062,5	02	57	39,368	–0,794	+16	25
6	L	310	2458063,5	03	01	35,926	–0,791	+16	23
7	M	311	2458064,5	03	05	32,487	–0,785	+16	20
8	M	312	2458065,5	03	09	29,049	–0,778	+16	17
9	J	313	2458066,5	03	13	25,611	–0,772	+16	12
10	V	314	2458067,5	03	17	22,171	–0,768	+16	07
11	S	315	2458068,5	03	21	18,727	–0,767	+16	01
12	D	316	2458069,5	03	25	15,281	–0,768	+15	54
13	L	317	2458070,5	03	29	11,832	–0,772	+15	46
14	M	318	2458071,5	03	33	08,382	–0,778	+15	37
15	M	319	2458072,5	03	37	04,932	–0,783	+15	28
16	J	320	2458073,5	03	41	01,483	–0,788	+15	17
17	V	321	2458074,5	03	44	58,035	–0,791	+15	06
18	S	322	2458075,5	03	48	54,590	–0,792	+14	54
19	D	323	2458076,5	03	52	51,146	–0,791	+14	41
20	L	324	2458077,5	03	56	47,704	–0,788	+14	27
21	M	325	2458078,5	04	00	44,264	–0,784	+14	12
22	M	326	2458079,5	04	04	40,824	–0,779	+13	57
23	J	327	2458080,5	04	08	37,384	–0,775	+13	41
24	V	328	2458081,5	04	12	33,943	–0,771	+13	24
25	S	329	2458082,5	04	16	30,501	–0,769	+13	06
26	D	330	2458083,5	04	20	27,056	–0,768	+12	47
27	L	331	2458084,5	04	24	23,610	–0,770	+12	28
28	M	332	2458085,5	04	28	20,162	–0,773	+12	08
29	M	333	2458086,5	04	32	16,714	–0,777	+11	48
30	J	334	2458087,5	04	36	13,265	–0,781	+11	27

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

$$595^s \text{sen}(199^\circ + 1^\circ 9713 d) + 441^s \text{sen}(176^\circ + 0^\circ 9856 d)$$

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

## Diciembre 2017

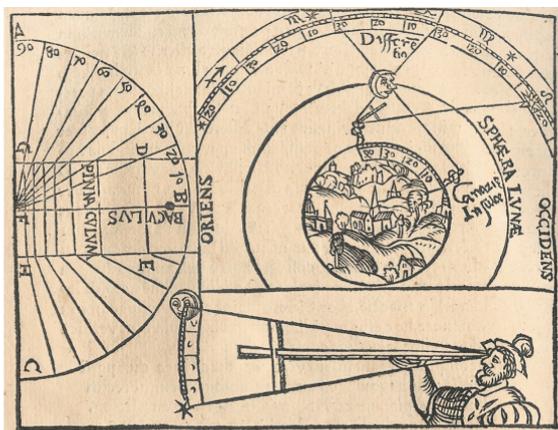
Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver. - med.)	Ecuación de tiempo (v. - m.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>		<i>m</i>	<i>s</i>
1	V	335	2458088,5	04	40	09,818	-0,784	+11	05
2	S	336	2458089,5	04	44	06,373	-0,783	+10	42
3	D	337	2458090,5	04	48	02,933	-0,779	+10	19
4	L	338	2458091,5	04	51	59,496	-0,772	+09	55
5	M	339	2458092,5	04	55	56,061	-0,762	+09	31
6	M	340	2458093,5	04	59	52,626	-0,752	+09	06
7	J	341	2458094,5	05	03	49,189	-0,744	+08	41
8	V	342	2458095,5	05	07	45,750	-0,739	+08	15
9	S	343	2458096,5	05	11	42,307	-0,738	+07	48
10	D	344	2458097,5	05	15	38,861	-0,739	+07	22
11	L	345	2458098,5	05	19	35,413	-0,742	+06	54
12	M	346	2458099,5	05	23	31,965	-0,745	+06	26
13	M	347	2458100,5	05	27	28,518	-0,748	+05	58
14	J	348	2458101,5	05	31	25,071	-0,750	+05	30
15	V	349	2458102,5	05	35	21,627	-0,749	+05	01
16	S	350	2458103,5	05	39	18,185	-0,747	+04	32
17	D	351	2458104,5	05	43	14,744	-0,743	+04	03
18	L	352	2458105,5	05	47	11,305	-0,738	+03	33
19	M	353	2458106,5	05	51	07,867	-0,731	+03	04
20	M	354	2458107,5	05	55	04,428	-0,725	+02	34
21	J	355	2458108,5	05	59	00,989	-0,720	+02	04
22	V	356	2458109,5	06	02	57,548	-0,716	+01	34
23	S	357	2458110,5	06	06	54,106	-0,714	+01	04
24	D	358	2458111,5	06	10	50,661	-0,714	+00	34
25	L	359	2458112,5	06	14	47,215	-0,715	+00	05
26	M	360	2458113,5	06	18	43,767	-0,718	-00	25
27	M	361	2458114,5	06	22	40,319	-0,721	-00	55
28	J	362	2458115,5	06	26	36,872	-0,724	-01	24
29	V	363	2458116,5	06	30	33,427	-0,725	-01	53
30	S	364	2458117,5	06	34	29,985	-0,722	-02	22
31	D	365	2458118,5	06	38	26,547	-0,716	-02	51

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  
Manchas solares

## Unidades prácticas

$\mathcal{R}_{\odot}$	= 695 660 km	= 6,957 $10^{10}$ cm
$\mathcal{L}_{\odot}$	= 3,828 $10^{26}$ W	= 3,828 $10^{33}$ erg s <sup>-1</sup>
$\mathcal{M}_{\odot}$	= 1,988547 $10^{30}$ kg	= 1,989 $10^{33}$ g
$\mathcal{GM}_{\odot}$	= 1,327 1244 $10^{20}$ m <sup>3</sup> s <sup>-2</sup>	= 39,47693 UA <sup>3</sup> años <sup>-2</sup>

## Datos solares

### Elementos medios de la órbita para 2017

Longitud media	$L_{\odot} = 279^{\circ}858490 + 0^{\circ}98564736 d$
Anomalía media	$M_{\odot} = 356^{\circ}627843 + 0^{\circ}98560028 d$
Longitud media del perigeo	$\varpi_{\odot} = 283^{\circ}230647 + 0^{\circ}00004708 d$
Excentricidad promedio	$e_{\odot} = 0,01670175$
Oblicuidad media de la eclíptica	$\varepsilon = 23^{\circ}437081 - 0^{\circ}00000036 d$

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

### Longitud verdadera (error $< 30''$ )

$$\begin{aligned} \odot &= L_{\odot} + 1^{\circ}914 \sin(M_{\odot}) + 0^{\circ}020 \sin(2 M_{\odot}) \\ &= 279^{\circ}854 + 0^{\circ}98565 d + 1^{\circ}914 \sin(0^{\circ}9856 d - 3^{\circ}3) \\ &\quad + 0^{\circ}020 \sin(2^{\circ}d - 12^{\circ}) \end{aligned}$$

### Duración de los años

año trópico:	365 <sup>d</sup> 242 189	365 <sup>d</sup> 05 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> ;09	(equin.–equin.)
año sidéreo:	365 <sup>d</sup> 256 363	365 <sup>d</sup> 06 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> 9 <sup>s</sup> ;7	(estrella–estrella)
año anomalístico:	365 <sup>d</sup> 259 636	365 <sup>d</sup> 06 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup> ;5	(nodo–nodo)

### Distancia media

Semidiámetro a 1 ua	15'59"63	959"63
Distancia media	1,000001018 ua	149 598 000 km
Distancia media en tiempo luz	$\tau_A = 499;004784$	$\simeq 8^m19^s0$
Paralaje horizontal ecuatorial a la distancia media		8"794 148

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

### Datos físicos

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

*Núcleo:*

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

*Generación de energía:*

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

**Rotación**

Velocidad angular ( $^{\circ}$ /día)	$\omega = 14,713 - 2,396 \text{ sen}^2 \phi_{\odot} - 1,787 \text{ sen}^4 \phi_{\odot}$
Velocidad superficial en el ecuador solar ( $\phi_{\odot} = 0^{\circ}$ )	$2,1 \text{ km s}^{-1}$
Periodo de rotación sidéreo en el ecuador solar	$24^{\text{d}} 11^{\text{h}} 14^{\text{m}}$
" " sidéreo (a $\phi_{\odot} = 26^{\circ}$ )	$25^{\text{d}} 09^{\text{h}} 07^{\text{m}}$
" " sinódico (a $\phi_{\odot} = 26^{\circ}$ )	$27^{\text{d}} 06^{\text{h}} 36^{\text{m}}$
Inclinación del ecuador sobre la eclíptica	$7^{\circ} 15'$
Longitud del nodo ascendente del ecuador solar	$76^{\circ} 0'$
Orientación del Polo Norte solar	$\alpha_{PN} = 286^{\circ} 16'$ $\delta_{PN} = 63^{\circ} 90'$

**Luminosidad**

Tipo estelar	G2 v
Temperatura efectiva	$T_{eff} = 5772 \text{ K}$
Magnitudes absolutas	$M_{bol} = 4,74$ $M_U = 5,67$ $M_V = 4,83$ $M_B = 5,48$
Temperatura equivalente de su emisión a longitudes de onda ( $\lambda$ ) radio:	$T(\lambda < 2 \text{ cm}) \simeq 10^4 \text{ K}$ $T(\lambda > 2 \text{ m}) \simeq 10^6 \text{ K}$

*Flujo fuera de la atmósfera terrestre:*

Magnitudes aparentes	$m_{bol} = -26,832$	$m_U = -25,96$
	$V = m_V = -26,75$	$B = m_B = -26,09$
Constante solar	$1361 \text{ W m}^{-2}$	$1,95 \text{ cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$

**Fotosfera solar**

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

**Campo magnético solar**

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

**Viento solar**

pérdida de masa	~ $10^9 \text{ kg s}^{-1}$ ~ $10^{-14} \mathcal{M}_{\odot}/\text{año}$
velocidad del viento a 1 UA del Sol	~ 450 $\text{km s}^{-1}$
tiempo en alcanzar la Tierra	~ 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:	$\alpha_{1900} = 271^\circ$	$\delta_{1900} = +30^\circ$
	$V_{LSR} = 19,5 \text{ km s}^{-1} = 0,01126 \text{ UA/día}$	
Según Mihalas y Binney:	$\alpha_{1900} = 267^\circ$	$\delta_{1900} = +28^\circ$
	$V_{LSR} = 16,5 \text{ km s}^{-1} = 0,00953 \text{ UA/día}$	
Convenio radioastronómico:	$\alpha_{1900} = 270^\circ$	$\delta_{1900} = +30^\circ$
	$V_{LSR} = 20,0 \text{ km s}^{-1} = 0,01155 \text{ UA/día}$	

*Movimiento del LSR respecto de la Galaxia:*

Distancia al centro galáctico	~8,5 kpc ~ 28 000 años luz
Velocidad de traslación alrededor de la galaxia	220 $\text{km s}^{-1}$
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	$p = 5028''796195$
Constante de nutación	$N = 9''2052331$
Constante de aberración	$k = 20''49551$
Oblicuidad de la eclíptica	$\epsilon_0 = 23^\circ 26' 21'' 406$ $= 23^\circ 4392794$ $= 84382''406$

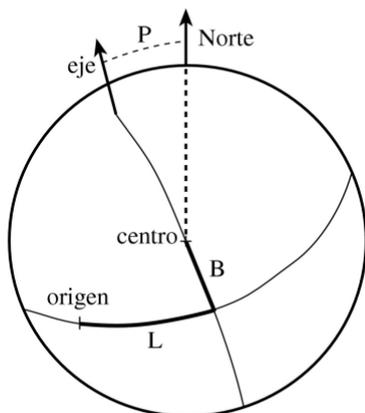
## Efemérides del Sol para 2017

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*). Asimismo, 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<sup>h</sup> 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<sup>h</sup> 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<sup>h</sup> 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<sup>m</sup> (al ser la longitud de Madrid de -15<sup>m</sup>); y
- (3) si tenemos un tiempo negativo, se suman 24<sup>h</sup>.

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:

$$P \simeq -23,5 \cos \odot - 7,2 \cos(\odot - 76^\circ)$$

$$B \simeq 7,2 \sin(\odot - 76^\circ)$$

$$L \simeq \odot + 81^\circ + 14,1844(2451545 - DJ)$$

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

La latitud heliográfica  $B$  toma sus valores mínimo y máximo ( $\pm 7,25$ ) 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 ( $\pm 26,3$ ) 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 2017

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU		a 0 <sup>h</sup> de TU		
	Orto <i>h m</i>	Culmin. <i>h m s</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>	Declinac. <i>° ' "</i>	P <i>°</i>	B <i>°</i>	L <i>°</i>
1 D	7 38	12 18 26	16 59	18 46 47,2	-22 59 56	02,0	-3,0	123,5
2 L	7 38	12 18 54	17 00	18 51 12,0	-22 54 47	01,5	-3,2	110,4
3 M	7 38	12 19 22	17 01	18 55 36,4	-22 49 10	01,0	-3,2	97,3
4 M	7 38	12 19 49	17 02	19 00 00,4	-22 43 06	00,5	-3,4	84,0
5 J	7 38	12 20 16	17 03	19 04 24,1	-22 36 35	00,0	-3,5	70,9
6 V	7 38	12 20 42	17 04	19 08 47,2	-22 29 37	-00,5	-3,6	57,7
7 S	7 38	12 21 08	17 05	19 13 09,9	-22 22 12	-00,9	-3,7	44,6
8 D	7 38	12 21 33	17 06	19 17 32,0	-22 14 21	-01,3	-3,7	31,3
9 L	7 38	12 21 58	17 07	19 21 53,6	-22 06 04	-01,8	-3,9	18,2
10 M	7 37	12 22 22	17 08	19 26 14,7	-21 57 21	-02,4	-4,0	5,0
11 M	7 37	12 22 46	17 09	19 30 35,2	-21 48 12	-02,9	-4,2	351,8
12 J	7 37	12 23 09	17 10	19 34 55,1	-21 38 38	-03,2	-4,3	338,7
13 V	7 37	12 23 31	17 11	19 39 14,4	-21 28 38	-03,7	-4,4	325,6
14 S	7 36	12 23 53	17 12	19 43 33,0	-21 18 14	-04,3	-4,5	312,3
15 D	7 36	12 24 14	17 13	19 47 51,0	-21 07 25	-04,8	-4,5	299,2
16 L	7 35	12 24 35	17 14	19 52 08,4	-20 56 12	-05,2	-4,7	286,1
17 M	7 35	12 24 55	17 15	19 56 25,1	-20 44 35	-05,7	-4,8	272,8
18 M	7 34	12 25 14	17 16	20 00 41,0	-20 32 34	-06,0	-4,9	259,7
19 J	7 34	12 25 32	17 18	20 04 56,3	-20 20 10	-06,5	-5,0	246,6
20 V	7 33	12 25 50	17 19	20 09 10,9	-20 07 23	-07,0	-5,0	233,4
21 S	7 33	12 26 07	17 20	20 13 24,7	-19 54 13	-07,5	-5,0	220,1
22 D	7 32	12 26 23	17 21	20 17 37,9	-19 40 40	-08,0	-5,2	207,1
23 L	7 31	12 26 38	17 22	20 21 50,2	-19 26 46	-08,4	-5,3	193,9
24 M	7 31	12 26 53	17 23	20 26 01,8	-19 12 30	-08,8	-5,4	180,6
25 M	7 30	12 27 07	17 25	20 30 12,6	-18 57 53	-09,3	-5,5	167,6
26 J	7 29	12 27 20	17 26	20 34 22,7	-18 42 56	-09,6	-5,5	154,4
27 V	7 28	12 27 32	17 27	20 38 31,9	-18 27 37	-10,1	-5,7	141,1
28 S	7 28	12 27 43	17 28	20 42 40,3	-18 11 59	-10,6	-5,7	128,1
29 D	7 27	12 27 54	17 29	20 46 48,0	-17 56 01	-11,0	-5,8	114,9
30 L	7 26	12 28 04	17 31	20 50 54,8	-17 39 44	-11,4	-5,9	101,7
31 M	7 25	12 28 13	17 32	20 55 00,8	-17 23 07	-11,8	-6,0	88,5

## SOL Febrero 2017

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU		a 0 <sup>h</sup> de TU		
	Orto <i>h m</i>	Culmin. <i>h m s</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>	Declinac. <i>° ' "</i>	P <i>°</i>	B <i>°</i>	L <i>°</i>
1 M	7 24	12 28 21	17 33	20 59 05,9	-17 06 13	-12,1	-6,0	75,4
2 J	7 23	12 28 28	17 34	21 03 10,2	-16 49 00	-12,6	-6,0	62,2
3 V	7 22	12 28 35	17 36	21 07 13,7	-16 31 30	-13,0	-6,2	49,1
4 S	7 21	12 28 41	17 37	21 11 16,4	-16 13 43	-13,4	-6,2	35,9
5 D	7 20	12 28 45	17 38	21 15 18,2	-15 55 38	-13,8	-6,3	22,7
6 L	7 19	12 28 49	17 39	21 19 19,2	-15 37 18	-14,1	-6,4	9,6
7 M	7 18	12 28 53	17 40	21 23 19,3	-15 18 41	-14,6	-6,4	356,3
8 M	7 17	12 28 55	17 42	21 27 18,7	-14 59 49	-15,0	-6,5	343,2
9 J	7 15	12 28 57	17 43	21 31 17,3	-14 40 42	-15,3	-6,5	330,1
10 V	7 14	12 28 57	17 44	21 35 15,0	-14 21 20	-15,6	-6,5	316,8
11 S	7 13	12 28 57	17 45	21 39 12,0	-14 01 44	-16,1	-6,5	303,7
12 D	7 12	12 28 57	17 47	21 43 08,2	-13 41 54	-16,3	-6,7	290,6
13 L	7 11	12 28 55	17 48	21 47 03,7	-13 21 50	-16,8	-6,7	277,3
14 M	7 09	12 28 53	17 49	21 50 58,4	-13 01 33	-17,1	-6,8	264,2
15 M	7 08	12 28 50	17 50	21 54 52,4	-12 41 04	-17,3	-6,8	251,1
16 J	7 07	12 28 46	17 51	21 58 45,7	-12 20 22	-17,8	-6,9	237,9
17 V	7 05	12 28 42	17 52	22 02 38,3	-11 59 28	-18,1	-6,9	224,6
18 S	7 04	12 28 37	17 54	22 06 30,2	-11 38 23	-18,3	-7,0	211,5
19 D	7 03	12 28 32	17 55	22 10 21,4	-11 17 06	-18,7	-7,0	198,4
20 L	7 01	12 28 25	17 56	22 14 12,0	-10 55 39	-19,0	-7,0	185,1
21 M	7 00	12 28 18	17 57	22 18 02,0	-10 34 02	-19,3	-7,0	172,0
22 M	6 59	12 28 11	17 58	22 21 51,3	-10 12 15	-19,6	-7,0	158,9
23 J	6 57	12 28 03	18 00	22 25 40,0	-09 50 18	-19,8	-7,0	145,6
24 V	6 56	12 27 54	18 01	22 29 28,1	-09 28 12	-20,2	-7,0	132,5
25 S	6 54	12 27 45	18 02	22 33 15,7	-09 05 58	-20,5	-7,2	119,4
26 D	6 53	12 27 35	18 03	22 37 02,6	-08 43 36	-20,8	-7,2	106,2
27 L	6 51	12 27 24	18 04	22 40 49,0	-08 21 05	-21,0	-7,2	93,0
28 M	6 50	12 27 13	18 05	22 44 34,9	-07 58 28	-21,3	-7,2	79,8

## SOL Marzo 2017

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			a 0 <sup>h</sup> de TU		
	Orto <i>h m</i>	Culmin. <i>h m s</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>	Declinac. <i>° ' "</i>	P <i>°</i>	B <i>°</i>	L <i>°</i>	
1 M	6 48	12 27 02	18 06	22 48 20,2	-07 35 43	-21,6	-7,2	66,7	
2 J	6 47	12 26 50	18 07	22 52 05,0	-07 12 52	-21,8	-7,2	53,5	
3 V	6 45	12 26 37	18 09	22 55 49,3	-06 49 55	-22,0	-7,2	40,2	
4 S	6 44	12 26 24	18 10	22 59 33,1	-06 26 52	-22,3	-7,2	27,2	
5 D	6 42	12 26 11	18 11	23 03 16,4	-06 03 44	-22,5	-7,3	14,0	
6 L	6 41	12 25 57	18 12	23 06 59,3	-05 40 31	-22,7	-7,3	0,8	
7 M	6 39	12 25 43	18 13	23 10 41,8	-05 17 13	-22,8	-7,3	347,6	
8 M	6 37	12 25 28	18 14	23 14 23,8	-04 53 51	-23,2	-7,3	334,5	
9 J	6 36	12 25 13	18 15	23 18 05,5	-04 30 26	-23,3	-7,2	321,3	
10 V	6 34	12 24 57	18 16	23 21 46,8	-04 06 57	-23,6	-7,2	308,1	
11 S	6 33	12 24 42	18 17	23 25 27,7	-03 43 25	-23,7	-7,2	294,8	
12 D	6 31	12 24 25	18 18	23 29 08,3	-03 19 50	-23,8	-7,2	281,7	
13 L	6 29	12 24 09	18 19	23 32 48,6	-02 56 13	-24,1	-7,2	268,6	
14 M	6 28	12 23 52	18 21	23 36 28,6	-02 32 34	-24,3	-7,2	255,4	
15 M	6 26	12 23 36	18 22	23 40 08,4	-02 08 54	-24,3	-7,2	242,1	
16 J	6 25	12 23 18	18 23	23 43 48,0	-01 45 13	-24,6	-7,2	229,0	
17 V	6 23	12 23 01	18 24	23 47 27,4	-01 21 30	-24,7	-7,0	215,8	
18 S	6 21	12 22 44	18 25	23 51 06,6	-00 57 47	-24,8	-7,0	202,6	
19 D	6 20	12 22 26	18 26	23 54 45,6	-00 34 04	-25,0	-7,0	189,5	
20 L	6 18	12 22 08	18 27	23 58 24,5	-00 10 21	-25,2	-7,0	176,3	
21 M	6 16	12 21 51	18 28	00 02 03,3	+00 13 22	-25,3	-7,0	163,1	
22 M	6 15	12 21 33	18 29	00 05 41,9	+00 37 03	-25,3	-7,0	149,9	
23 J	6 13	12 21 15	18 30	00 09 20,6	+01 00 43	-25,5	-7,0	136,6	
24 V	6 12	12 20 57	18 31	00 12 59,1	+01 24 22	-25,6	-6,9	123,5	
25 S	6 10	12 20 39	18 32	00 16 37,6	+01 47 58	-25,7	-6,9	110,4	
26 D	6 08	12 20 21	18 33	00 20 16,1	+02 11 33	-25,8	-6,8	97,2	
27 L	6 07	12 20 03	18 34	00 23 54,6	+02 35 04	-25,8	-6,8	84,0	
28 M	6 05	12 19 45	18 35	00 27 33,1	+02 58 32	-25,8	-6,7	70,8	
29 M	6 03	12 19 27	18 36	00 31 11,7	+03 21 57	-26,0	-6,7	57,6	
30 J	6 02	12 19 09	18 37	00 34 50,3	+03 45 18	-26,1	-6,7	44,4	
31 V	6 00	12 18 51	18 38	00 38 28,9	+04 08 35	-26,1	-6,5	31,2	

Inicio de la primavera el día 20 a las 10<sup>h</sup>29<sup>m</sup> de TU.

## SOL Abril 2017

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU		a 0 <sup>h</sup> de TU		
	Orto <i>h m</i>	Culmin. <i>h m s</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>	Declinac. <i>° ' "</i>	P <i>°</i>	B <i>°</i>	L <i>°</i>
1 S	5 58	12 18 33	18 39	00 42 07,6	+04 31 47	-26,2	-6,5	18,0
2 D	5 57	12 18 15	18 40	00 45 46,5	+04 54 54	-26,2	-6,5	4,9
3 L	5 55	12 17 58	18 41	00 49 25,4	+05 17 56	-26,2	-6,4	351,7
4 M	5 54	12 17 40	18 42	00 53 04,4	+05 40 52	-26,2	-6,4	338,5
5 M	5 52	12 17 23	18 44	00 56 43,6	+06 03 42	-26,3	-6,3	325,3
6 J	5 50	12 17 06	18 45	01 00 23,0	+06 26 26	-26,3	-6,3	312,1
7 V	5 49	12 16 49	18 46	01 04 02,5	+06 49 03	-26,3	-6,2	298,8
8 S	5 47	12 16 32	18 47	01 07 42,3	+07 11 33	-26,3	-6,0	285,7
9 D	5 46	12 16 16	18 48	01 11 22,2	+07 33 55	-26,3	-6,0	272,5
10 L	5 44	12 16 00	18 49	01 15 02,5	+07 56 10	-26,2	-6,0	259,3
11 M	5 42	12 15 44	18 50	01 18 42,9	+08 18 17	-26,2	-5,9	246,1
12 M	5 41	12 15 28	18 51	01 22 23,7	+08 40 15	-26,2	-5,8	232,9
13 J	5 39	12 15 13	18 52	01 26 04,8	+09 02 05	-26,1	-5,8	219,6
14 V	5 38	12 14 58	18 53	01 29 46,2	+09 23 46	-26,1	-5,7	206,5
15 S	5 36	12 14 43	18 54	01 33 28,0	+09 45 17	-26,0	-5,5	193,3
16 D	5 35	12 14 29	18 55	01 37 10,1	+10 06 39	-26,0	-5,5	180,1
17 L	5 33	12 14 15	18 56	01 40 52,6	+10 27 51	-25,8	-5,5	166,9
18 M	5 32	12 14 02	18 57	01 44 35,5	+10 48 52	-25,8	-5,4	153,6
19 M	5 30	12 13 49	18 58	01 48 18,8	+11 09 43	-25,7	-5,3	140,4
20 J	5 29	12 13 36	18 59	01 52 02,5	+11 30 23	-25,6	-5,2	127,2
21 V	5 27	12 13 24	19 00	01 55 46,7	+11 50 51	-25,5	-5,0	114,0
22 S	5 26	12 13 12	19 01	01 59 31,3	+12 11 08	-25,3	-5,0	100,8
23 D	5 25	12 13 01	19 02	02 03 16,4	+12 31 13	-25,3	-4,9	87,5
24 L	5 23	12 12 50	19 03	02 07 02,0	+12 51 06	-25,2	-4,8	74,4
25 M	5 22	12 12 40	19 04	02 10 48,0	+13 10 46	-25,0	-4,8	61,2
26 M	5 20	12 12 30	19 05	02 14 34,6	+13 30 13	-24,8	-4,7	48,0
27 J	5 19	12 12 21	19 06	02 18 21,6	+13 49 27	-24,8	-4,5	34,7
28 V	5 18	12 12 12	19 07	02 22 09,2	+14 08 27	-24,6	-4,5	21,6
29 S	5 17	12 12 04	19 08	02 25 57,2	+14 27 13	-24,3	-4,4	8,3
30 D	5 15	12 11 56	19 09	02 29 45,8	+14 45 45	-24,3	-4,3	355,1

## SOL Mayo 2017

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			a 0 <sup>h</sup> de TU		
	Orto <i>h m</i>	Culmin. <i>h m s</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>	Declinac. <i>° ' "</i>	P <i>°</i>	B <i>°</i>	L <i>°</i>	
1 L	5 14	12 11 49	19 10	02 33 34,8	+15 04 02	-24,1	-4,2	341,8	
2 M	5 13	12 11 42	19 11	02 37 24,4	+15 22 05	-23,8	-4,0	328,7	
3 M	5 11	12 11 36	19 12	02 41 14,5	+15 39 51	-23,7	-4,0	315,5	
4 J	5 10	12 11 31	19 13	02 45 05,2	+15 57 23	-23,5	-3,9	302,3	
5 V	5 09	12 11 25	19 14	02 48 56,3	+16 14 38	-23,3	-3,7	289,0	
6 S	5 08	12 11 21	19 15	02 52 48,0	+16 31 37	-23,1	-3,7	275,8	
7 D	5 07	12 11 17	19 16	02 56 40,3	+16 48 19	-22,8	-3,6	262,6	
8 L	5 06	12 11 13	19 17	03 00 33,1	+17 04 44	-22,7	-3,4	249,4	
9 M	5 05	12 11 11	19 18	03 04 26,5	+17 20 53	-22,5	-3,2	236,1	
10 M	5 03	12 11 08	19 19	03 08 20,4	+17 36 44	-22,2	-3,2	222,9	
11 J	5 02	12 11 06	19 20	03 12 14,9	+17 52 17	-22,0	-3,1	209,6	
12 V	5 01	12 11 05	19 21	03 16 10,0	+18 07 32	-21,7	-3,0	196,5	
13 S	5 00	12 11 05	19 22	03 20 05,6	+18 22 29	-21,5	-2,9	183,3	
14 D	4 59	12 11 05	19 23	03 24 01,9	+18 37 07	-21,2	-2,7	170,0	
15 L	4 58	12 11 05	19 24	03 27 58,7	+18 51 26	-20,8	-2,7	156,8	
16 M	4 57	12 11 06	19 25	03 31 56,1	+19 05 27	-20,6	-2,6	143,6	
17 M	4 57	12 11 08	19 26	03 35 54,1	+19 19 08	-20,3	-2,4	130,4	
18 J	4 56	12 11 10	19 27	03 39 52,6	+19 32 29	-20,1	-2,2	117,0	
19 V	4 55	12 11 13	19 28	03 43 51,7	+19 45 31	-19,8	-2,2	103,9	
20 S	4 54	12 11 17	19 29	03 47 51,4	+19 58 12	-19,5	-2,1	90,7	
21 D	4 53	12 11 21	19 30	03 51 51,6	+20 10 33	-19,2	-2,0	77,4	
22 L	4 53	12 11 25	19 31	03 55 52,4	+20 22 34	-18,8	-1,8	64,2	
23 M	4 52	12 11 30	19 32	03 59 53,8	+20 34 13	-18,5	-1,7	51,0	
24 M	4 51	12 11 36	19 33	04 03 55,6	+20 45 31	-18,2	-1,6	37,7	
25 J	4 50	12 11 42	19 33	04 07 58,0	+20 56 28	-17,8	-1,5	24,5	
26 V	4 50	12 11 48	19 34	04 12 00,9	+21 07 04	-17,5	-1,3	11,3	
27 S	4 49	12 11 55	19 35	04 16 04,3	+21 17 17	-17,2	-1,3	358,1	
28 D	4 49	12 12 03	19 36	04 20 08,1	+21 27 08	-16,8	-1,2	344,8	
29 L	4 48	12 12 11	19 37	04 24 12,4	+21 36 37	-16,5	-1,0	331,6	
30 M	4 48	12 12 19	19 37	04 28 17,1	+21 45 44	-16,1	-0,9	318,3	
31 M	4 47	12 12 28	19 38	04 32 22,2	+21 54 28	-15,6	-0,8	305,1	

## SOL Junio 2017

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			a 0 <sup>h</sup> de TU		
	Orto <i>h m</i>	Culmin. <i>h m s</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>	Declinac. <i>° ' "</i>	P <i>°</i>	B <i>°</i>	L <i>°</i>	
1 J	4 47	12 12 37	19 39	04 36 27,7	+22 02 49	-15,4	-0,6	291,8	
2 V	4 46	12 12 47	19 40	04 40 33,6	+22 10 47	-15,0	-0,6	278,7	
3 S	4 46	12 12 56	19 40	04 44 39,8	+22 18 21	-14,6	-0,4	265,3	
4 D	4 46	12 13 07	19 41	04 48 46,4	+22 25 32	-14,1	-0,3	252,1	
5 L	4 45	12 13 17	19 42	04 52 53,3	+22 32 20	-13,8	-0,2	239,0	
6 M	4 45	12 13 28	19 42	04 57 00,5	+22 38 43	-13,4	-0,1	225,6	
7 M	4 45	12 13 39	19 43	05 01 08,0	+22 44 43	-13,1	+0,1	212,5	
8 J	4 45	12 13 50	19 43	05 05 15,8	+22 50 19	-12,6	+0,2	199,3	
9 V	4 44	12 14 02	19 44	05 09 23,9	+22 55 31	-12,1	+0,3	186,0	
10 S	4 44	12 14 14	19 44	05 13 32,2	+23 00 19	-11,8	+0,4	172,8	
11 D	4 44	12 14 26	19 45	05 17 40,7	+23 04 42	-11,4	+0,5	159,6	
12 L	4 44	12 14 38	19 45	05 21 49,5	+23 08 41	-11,0	+0,6	146,3	
13 M	4 44	12 14 51	19 46	05 25 58,4	+23 12 15	-10,6	+0,8	133,1	
14 M	4 44	12 15 03	19 46	05 30 07,5	+23 15 25	-10,1	+0,9	119,8	
15 J	4 44	12 15 16	19 47	05 34 16,8	+23 18 11	-09,6	+1,0	106,5	
16 V	4 44	12 15 29	19 47	05 38 26,1	+23 20 31	-09,3	+1,1	93,4	
17 S	4 44	12 15 42	19 47	05 42 35,6	+23 22 27	-08,9	+1,3	80,0	
18 D	4 44	12 15 55	19 48	05 46 45,2	+23 23 59	-08,4	+1,3	66,9	
19 L	4 44	12 16 08	19 48	05 50 54,8	+23 25 05	-08,0	+1,5	53,7	
20 M	4 45	12 16 21	19 48	05 55 04,5	+23 25 47	-07,5	+1,6	40,4	
21 M	4 45	12 16 35	19 48	05 59 14,2	+23 26 04	-07,0	+1,7	27,2	
22 J	4 45	12 16 48	19 49	06 03 23,9	+23 25 56	-06,7	+1,8	14,0	
23 V	4 45	12 17 01	19 49	06 07 33,5	+23 25 23	-06,2	+2,0	0,6	
24 S	4 46	12 17 14	19 49	06 11 43,1	+23 24 26	-05,8	+2,1	347,5	
25 D	4 46	12 17 27	19 49	06 15 52,6	+23 23 04	-05,3	+2,2	334,2	
26 L	4 46	12 17 39	19 49	06 20 02,0	+23 21 17	-04,9	+2,2	321,0	
27 M	4 47	12 17 52	19 49	06 24 11,2	+23 19 05	-04,4	+2,4	307,8	
28 M	4 47	12 18 04	19 49	06 28 20,2	+23 16 29	-04,0	+2,5	294,5	
29 J	4 47	12 18 16	19 49	06 32 29,0	+23 13 29	-03,5	+2,7	281,3	
30 V	4 48	12 18 28	19 49	06 36 37,6	+23 10 04	-03,1	+2,7	268,1	

Inicio del verano el día 21 a las 4<sup>h</sup>24<sup>m</sup> de TU.

## SOL Julio 2017

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			a 0 <sup>h</sup> de TU		
	Orto <i>h m</i>	Culmin. <i>h m s</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>	Declinac. <i>° ' "</i>	P <i>°</i>	B <i>°</i>	L <i>°</i>	
1 S	4 48	12 18 40	19 49	06 40 45,9	+23 06 15	-02,6	+2,9	254,8	
2 D	4 49	12 18 51	19 49	06 44 53,9	+23 02 01	-02,2	+3,0	241,6	
3 L	4 49	12 19 02	19 48	06 49 01,7	+22 57 24	-01,7	+3,1	228,4	
4 M	4 50	12 19 13	19 48	06 53 09,1	+22 52 22	-01,3	+3,2	215,1	
5 M	4 51	12 19 23	19 48	06 57 16,2	+22 46 56	-00,8	+3,2	201,9	
6 J	4 51	12 19 33	19 48	07 01 22,9	+22 41 07	-00,4	+3,4	188,6	
7 V	4 52	12 19 43	19 47	07 05 29,3	+22 34 54	00,1	+3,5	175,4	
8 S	4 52	12 19 52	19 47	07 09 35,3	+22 28 18	00,6	+3,6	162,1	
9 D	4 53	12 20 01	19 47	07 13 40,9	+22 21 18	01,0	+3,7	148,9	
10 L	4 54	12 20 09	19 46	07 17 46,0	+22 13 55	01,5	+3,7	135,6	
11 M	4 54	12 20 17	19 46	07 21 50,8	+22 06 09	01,8	+3,9	122,5	
12 M	4 55	12 20 25	19 45	07 25 55,1	+21 58 01	02,4	+4,0	109,2	
13 J	4 56	12 20 32	19 45	07 29 58,9	+21 49 30	02,7	+4,0	96,0	
14 V	4 57	12 20 38	19 44	07 34 02,3	+21 40 36	03,2	+4,2	82,8	
15 S	4 57	12 20 45	19 44	07 38 05,2	+21 31 20	03,7	+4,3	69,5	
16 D	4 58	12 20 50	19 43	07 42 07,6	+21 21 43	04,0	+4,4	56,2	
17 L	4 59	12 20 55	19 42	07 46 09,6	+21 11 43	04,5	+4,5	43,1	
18 M	5 00	12 21 00	19 42	07 50 11,0	+21 01 22	05,0	+4,5	29,8	
19 M	5 01	12 21 04	19 41	07 54 11,9	+20 50 39	05,4	+4,7	16,6	
20 J	5 01	12 21 08	19 40	07 58 12,3	+20 39 36	05,9	+4,8	3,4	
21 V	5 02	12 21 11	19 40	08 02 12,2	+20 28 11	06,3	+4,9	350,1	
22 S	5 03	12 21 13	19 39	08 06 11,5	+20 16 26	06,7	+5,0	336,8	
23 D	5 04	12 21 15	19 38	08 10 10,2	+20 04 20	07,2	+5,0	323,7	
24 L	5 05	12 21 16	19 37	08 14 08,4	+19 51 55	07,5	+5,2	310,5	
25 M	5 06	12 21 17	19 36	08 18 05,9	+19 39 10	08,0	+5,2	297,2	
26 M	5 07	12 21 17	19 35	08 22 02,9	+19 26 05	08,4	+5,3	284,0	
27 J	5 08	12 21 16	19 34	08 25 59,2	+19 12 40	08,8	+5,4	270,8	
28 V	5 08	12 21 15	19 33	08 29 54,9	+18 58 57	09,3	+5,5	257,5	
29 S	5 09	12 21 13	19 32	08 33 50,0	+18 44 55	09,6	+5,5	244,3	
30 D	5 10	12 21 11	19 31	08 37 44,5	+18 30 35	10,1	+5,5	231,1	
31 L	5 11	12 21 08	19 30	08 41 38,4	+18 15 56	10,5	+5,7	217,9	

## SOL Agosto 2017

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			a 0 <sup>h</sup> de TU		
	Orto <i>h m</i>	Culmin. <i>h m s</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>	Declinac. <i>° ' "</i>	P <i>°</i>	B <i>°</i>	L <i>°</i>	
1 M	5 12	12 21 04	19 29	08 45 31,6	+18 00 60	10,9	+5,8	204,6	
2 M	5 13	12 21 00	19 28	08 49 24,2	+17 45 45	11,3	+5,9	191,4	
3 J	5 14	12 20 55	19 27	08 53 16,2	+17 30 14	11,6	+5,9	178,1	
4 V	5 15	12 20 50	19 26	08 57 07,5	+17 14 26	12,0	+6,0	165,0	
5 S	5 16	12 20 44	19 25	09 00 58,3	+16 58 20	12,4	+6,0	151,6	
6 D	5 17	12 20 37	19 24	09 04 48,4	+16 41 59	12,8	+6,0	138,5	
7 L	5 18	12 20 30	19 22	09 08 38,0	+16 25 21	13,1	+6,2	125,3	
8 M	5 19	12 20 22	19 21	09 12 26,9	+16 08 28	13,6	+6,3	112,0	
9 M	5 20	12 20 13	19 20	09 16 15,3	+15 51 19	13,9	+6,3	98,8	
10 J	5 21	12 20 04	19 19	09 20 03,1	+15 33 54	14,3	+6,4	85,5	
11 V	5 22	12 19 54	19 17	09 23 50,3	+15 16 15	14,6	+6,4	72,4	
12 S	5 23	12 19 44	19 16	09 27 36,9	+14 58 21	15,0	+6,5	59,2	
13 D	5 24	12 19 34	19 15	09 31 23,1	+14 40 13	15,3	+6,5	46,0	
14 L	5 25	12 19 22	19 13	09 35 08,6	+14 21 51	15,6	+6,5	32,7	
15 M	5 26	12 19 11	19 12	09 38 53,7	+14 03 15	16,0	+6,5	19,5	
16 M	5 27	12 18 58	19 11	09 42 38,3	+13 44 25	16,3	+6,7	6,3	
17 J	5 28	12 18 46	19 09	09 46 22,3	+13 25 22	16,7	+6,7	353,1	
18 V	5 29	12 18 32	19 08	09 50 05,9	+13 06 07	17,0	+6,8	339,8	
19 S	5 30	12 18 19	19 06	09 53 49,0	+12 46 38	17,3	+6,8	326,7	
20 D	5 31	12 18 04	19 05	09 57 31,6	+12 26 58	17,7	+6,9	313,3	
21 L	5 31	12 17 50	19 03	10 01 13,7	+12 07 06	18,0	+6,9	300,2	
22 M	5 32	12 17 35	19 02	10 04 55,4	+11 47 02	18,3	+6,9	287,0	
23 M	5 33	12 17 19	19 01	10 08 36,6	+11 26 48	18,6	+7,0	273,8	
24 J	5 34	12 17 03	18 59	10 12 17,4	+11 06 22	18,8	+7,0	260,6	
25 V	5 35	12 16 47	18 57	10 15 57,7	+10 45 46	19,2	+7,0	247,4	
26 S	5 36	12 16 30	18 56	10 19 37,6	+10 24 59	19,5	+7,0	234,1	
27 D	5 37	12 16 13	18 54	10 23 17,1	+10 04 03	19,8	+7,0	220,9	
28 L	5 38	12 15 55	18 53	10 26 56,3	+09 42 57	20,0	+7,0	207,6	
29 M	5 39	12 15 37	18 51	10 30 35,0	+09 21 42	20,3	+7,0	194,5	
30 M	5 40	12 15 19	18 50	10 34 13,4	+09 00 19	20,6	+7,2	181,3	
31 J	5 41	12 15 00	18 48	10 37 51,4	+08 38 46	20,8	+7,2	168,1	

## SOL Setiembre 2017

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU		a 0 <sup>h</sup> de TU		
	Orto h m	Culmin. h m s	Ocaso h m	Asc. recta h m s	Declinac. ° ' "	P °	B °	L °
1 V	5 42	12 14 41	18 47	10 41 29,1	+08 17 06	21,1	+7,2	154,9
2 S	5 43	12 14 22	18 45	10 45 06,5	+07 55 17	21,3	+7,2	141,6
3 D	5 44	12 14 02	18 43	10 48 43,6	+07 33 21	21,6	+7,2	128,5
4 L	5 45	12 13 42	18 42	10 52 20,4	+07 11 18	21,8	+7,2	115,3
5 M	5 46	12 13 22	18 40	10 55 56,9	+06 49 07	22,1	+7,2	102,0
6 M	5 47	12 13 02	18 38	10 59 33,2	+06 26 50	22,3	+7,2	88,9
7 J	5 48	12 12 41	18 37	11 03 09,3	+06 04 27	22,5	+7,3	75,5
8 V	5 49	12 12 20	18 35	11 06 45,2	+05 41 58	22,7	+7,3	62,4
9 S	5 50	12 12 00	18 34	11 10 21,0	+05 19 23	22,8	+7,3	49,2
10 D	5 51	12 11 39	18 32	11 13 56,6	+04 56 42	23,1	+7,3	36,0
11 L	5 52	12 11 17	18 30	11 17 32,1	+04 33 57	23,3	+7,2	22,8
12 M	5 53	12 10 56	18 29	11 21 07,5	+04 11 06	23,5	+7,2	9,6
13 M	5 54	12 10 35	18 27	11 24 42,8	+03 48 11	23,7	+7,2	356,3
14 J	5 55	12 10 14	18 25	11 28 18,1	+03 25 12	23,8	+7,2	343,2
15 V	5 56	12 09 52	18 24	11 31 53,3	+03 02 09	24,1	+7,2	330,0
16 S	5 57	12 09 31	18 22	11 35 28,5	+02 39 03	24,2	+7,2	316,8
17 D	5 57	12 09 10	18 20	11 39 03,7	+02 15 53	24,3	+7,2	303,6
18 L	5 58	12 08 48	18 18	11 42 38,9	+01 52 41	24,5	+7,2	290,3
19 M	5 59	12 08 27	18 17	11 46 14,1	+01 29 26	24,7	+7,0	277,2
20 M	6 00	12 08 06	18 15	11 49 49,4	+01 06 09	24,8	+7,0	264,0
21 J	6 01	12 07 45	18 13	11 53 24,7	+00 42 50	25,0	+7,0	250,8
22 V	6 02	12 07 23	18 12	11 57 00,2	+00 19 30	25,1	+7,0	237,6
23 S	6 03	12 07 03	18 10	12 00 35,7	-00 03 51	25,2	+7,0	224,4
24 D	6 04	12 06 42	18 08	12 04 11,3	-00 27 13	25,3	+7,0	211,1
25 L	6 05	12 06 21	18 07	12 07 47,1	-00 50 35	25,5	+7,0	198,0
26 M	6 06	12 06 00	18 05	12 11 23,0	-01 13 58	25,6	+6,9	184,8
27 M	6 07	12 05 40	18 03	12 14 59,1	-01 37 19	25,6	+6,9	171,6
28 J	6 08	12 05 20	18 02	12 18 35,4	-02 00 41	25,7	+6,9	158,4
29 V	6 09	12 05 00	18 00	12 22 11,9	-02 24 01	25,8	+6,8	145,1
30 S	6 10	12 04 40	17 58	12 25 48,6	-02 47 19	25,8	+6,8	132,0

Inicio del otoño el día 22 a las 20<sup>h</sup> 2<sup>m</sup> de TU.

## SOL Octubre 2017

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			a 0 <sup>h</sup> de TU		
	Orto <i>h m</i>	Culmin. <i>h m s</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>	Declinac. <i>° ' "</i>	P <i>°</i>	B <i>°</i>	L <i>°</i>	
1 D	6 11	12 04 21	17 57	12 29 25,6	-03 10 36	26,0	+6,7	118,8	
2 L	6 12	12 04 02	17 55	12 33 02,8	-03 33 51	26,0	+6,7	105,5	
3 M	6 13	12 03 43	17 54	12 36 40,3	-03 57 03	26,1	+6,5	92,4	
4 M	6 14	12 03 24	17 52	12 40 18,2	-04 20 12	26,1	+6,5	79,2	
5 J	6 15	12 03 06	17 50	12 43 56,4	-04 43 18	26,2	+6,5	66,0	
6 V	6 16	12 02 48	17 49	12 47 34,9	-05 06 21	26,2	+6,5	52,9	
7 S	6 17	12 02 31	17 47	12 51 13,9	-05 29 20	26,2	+6,4	39,7	
8 D	6 18	12 02 14	17 46	12 54 53,2	-05 52 14	26,3	+6,3	26,5	
9 L	6 19	12 01 57	17 44	12 58 33,0	-06 15 05	26,3	+6,3	13,3	
10 M	6 20	12 01 41	17 42	13 02 13,3	-06 37 50	26,3	+6,2	0,1	
11 M	6 21	12 01 26	17 41	13 05 54,0	-07 00 30	26,3	+6,2	346,8	
12 J	6 22	12 01 11	17 39	13 09 35,3	-07 23 04	26,3	+6,0	333,7	
13 V	6 24	12 00 56	17 38	13 13 17,0	-07 45 33	26,2	+6,0	320,5	
14 S	6 25	12 00 42	17 36	13 16 59,4	-08 07 55	26,2	+6,0	307,3	
15 D	6 26	12 00 29	17 35	13 20 42,2	-08 30 10	26,2	+5,9	294,1	
16 L	6 27	12 00 16	17 33	13 24 25,7	-08 52 19	26,1	+5,8	280,8	
17 M	6 28	12 00 04	17 32	13 28 09,7	-09 14 20	26,1	+5,7	267,7	
18 M	6 29	11 59 52	17 30	13 31 54,3	-09 36 13	26,0	+5,5	254,6	
19 J	6 30	11 59 41	17 29	13 35 39,6	-09 57 57	26,0	+5,5	241,4	
20 V	6 31	11 59 31	17 27	13 39 25,4	-10 19 33	25,8	+5,5	228,1	
21 S	6 32	11 59 21	17 26	13 43 11,9	-10 41 00	25,8	+5,4	215,0	
22 D	6 33	11 59 12	17 25	13 46 59,1	-11 02 18	25,7	+5,3	201,8	
23 L	6 34	11 59 04	17 23	13 50 47,0	-11 23 25	25,7	+5,2	188,6	
24 M	6 36	11 58 56	17 22	13 54 35,5	-11 44 22	25,6	+5,0	175,4	
25 M	6 37	11 58 49	17 20	13 58 24,7	-12 05 09	25,3	+5,0	162,1	
26 J	6 38	11 58 43	17 19	14 02 14,6	-12 25 44	25,3	+5,0	149,0	
27 V	6 39	11 58 37	17 18	14 06 05,2	-12 46 08	25,2	+4,9	135,9	
28 S	6 40	11 58 32	17 17	14 09 56,6	-13 06 20	25,1	+4,8	122,7	
29 D	6 41	11 58 28	17 15	14 13 48,7	-13 26 19	24,8	+4,7	109,5	
30 L	6 42	11 58 25	17 14	14 17 41,5	-13 46 06	24,8	+4,5	96,3	
31 M	6 43	11 58 22	17 13	14 21 35,1	-14 05 39	24,6	+4,5	83,0	

## SOL Noviembre 2017

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU		a 0 <sup>h</sup> de TU		
	Orto <i>h m</i>	Culmin. <i>h m s</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>	Declinac. <i>° ' "</i>	P <i>°</i>	B <i>°</i>	L <i>°</i>
1 M	6 45	11 58 20	17 12	14 25 29,5	-14 24 59	24,5	+4,4	69,9
2 J	6 46	11 58 19	17 10	14 29 24,6	-14 44 05	24,3	+4,3	56,7
3 V	6 47	11 58 19	17 09	14 33 20,6	-15 02 56	24,1	+4,2	43,5
4 S	6 48	11 58 20	17 08	14 37 17,3	-15 21 33	23,8	+4,0	30,3
5 D	6 49	11 58 21	17 07	14 41 14,9	-15 39 55	23,7	+4,0	17,2
6 L	6 50	11 58 24	17 06	14 45 13,3	-15 58 01	23,5	+3,9	4,0
7 M	6 52	11 58 27	17 05	14 49 12,6	-16 15 51	23,3	+3,7	350,8
8 M	6 53	11 58 31	17 04	14 53 12,7	-16 33 25	23,1	+3,6	337,6
9 J	6 54	11 58 36	17 03	14 57 13,7	-16 50 42	22,8	+3,5	324,3
10 V	6 55	11 58 41	17 02	15 01 15,5	-17 07 42	22,6	+3,4	311,3
11 S	6 56	11 58 48	17 01	15 05 18,2	-17 24 25	22,3	+3,2	298,1
12 D	6 57	11 58 55	17 00	15 09 21,8	-17 40 50	22,1	+3,2	284,8
13 L	6 59	11 59 04	16 59	15 13 26,2	-17 56 56	21,8	+3,1	271,7
14 M	7 00	11 59 13	16 58	15 17 31,5	-18 12 44	21,6	+3,0	258,5
15 M	7 01	11 59 23	16 57	15 21 37,7	-18 28 13	21,3	+2,9	245,3
16 J	7 02	11 59 34	16 57	15 25 44,7	-18 43 23	21,1	+2,7	232,1
17 V	7 03	11 59 45	16 56	15 29 52,6	-18 58 12	20,8	+2,6	219,0
18 S	7 04	11 59 58	16 55	15 34 01,3	-19 12 41	20,5	+2,5	205,8
19 D	7 06	12 00 11	16 54	15 38 10,8	-19 26 50	20,2	+2,4	192,6
20 L	7 07	12 00 26	16 54	15 42 21,2	-19 40 38	19,8	+2,2	179,4
21 M	7 08	12 00 41	16 53	15 46 32,4	-19 54 04	19,6	+2,1	166,1
22 M	7 09	12 00 57	16 53	15 50 44,4	-20 07 08	19,2	+2,0	153,1
23 J	7 10	12 01 13	16 52	15 54 57,1	-20 19 51	18,8	+1,8	139,9
24 V	7 11	12 01 30	16 52	15 59 10,6	-20 32 11	18,6	+1,8	126,7
25 S	7 12	12 01 49	16 51	16 03 24,9	-20 44 08	18,2	+1,6	113,5
26 D	7 13	12 02 07	16 51	16 07 39,9	-20 55 41	17,8	+1,5	100,3
27 L	7 14	12 02 27	16 50	16 11 55,6	-21 06 52	17,5	+1,3	87,2
28 M	7 15	12 02 47	16 50	16 16 12,1	-21 17 38	17,2	+1,3	74,0
29 M	7 17	12 03 08	16 49	16 20 29,2	-21 28 00	16,8	+1,1	60,7
30 J	7 18	12 03 30	16 49	16 24 47,0	-21 37 58	16,3	+1,0	47,6

## SOL Diciembre 2017

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			a 0 <sup>h</sup> de TU		
	Orto <i>h m</i>	Culmin. <i>h m s</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>	Declinac. <i>° ' "</i>	P <i>°</i>	B <i>°</i>	L <i>°</i>	
1 V	7 19	12 03 52	16 49	16 29 05,4	-21 47 31	16,0	+0,9	34,4	
2 S	7 20	12 04 15	16 49	16 33 24,5	-21 56 39	15,6	+0,8	21,3	
3 D	7 21	12 04 38	16 48	16 37 44,2	-22 05 21	15,3	+0,6	8,1	
4 L	7 22	12 05 02	16 48	16 42 04,5	-22 13 38	14,9	+0,5	354,8	
5 M	7 22	12 05 27	16 48	16 46 25,3	-22 21 29	14,5	+0,4	341,7	
6 M	7 23	12 05 52	16 48	16 50 46,8	-22 28 54	14,0	+0,3	328,5	
7 J	7 24	12 06 18	16 48	16 55 08,7	-22 35 53	13,6	+0,1	315,3	
8 V	7 25	12 06 44	16 48	16 59 31,2	-22 42 26	13,1	+0,0	302,2	
9 S	7 26	12 07 10	16 48	17 03 54,2	-22 48 31	12,8	-0,1	289,0	
10 D	7 27	12 07 38	16 48	17 08 17,7	-22 54 10	12,4	-0,3	275,8	
11 L	7 28	12 08 05	16 48	17 12 41,6	-22 59 22	11,9	-0,4	262,7	
12 M	7 29	12 08 33	16 48	17 17 05,8	-23 04 06	11,5	-0,5	249,5	
13 M	7 29	12 09 01	16 49	17 21 30,5	-23 08 24	11,0	-0,6	236,3	
14 J	7 30	12 09 30	16 49	17 25 55,5	-23 12 13	10,6	-0,8	223,1	
15 V	7 31	12 09 59	16 49	17 30 20,8	-23 15 35	10,1	-0,9	210,0	
16 S	7 31	12 10 28	16 49	17 34 46,4	-23 18 29	09,6	-1,0	196,8	
17 D	7 32	12 10 57	16 50	17 39 12,3	-23 20 55	09,1	-1,2	183,6	
18 L	7 33	12 11 27	16 50	17 43 38,3	-23 22 53	08,8	-1,3	170,4	
19 M	7 33	12 11 57	16 51	17 48 04,5	-23 24 23	08,3	-1,3	157,3	
20 M	7 34	12 12 27	16 51	17 52 30,8	-23 25 25	07,8	-1,5	144,1	
21 J	7 34	12 12 56	16 52	17 56 57,2	-23 25 59	07,4	-1,7	130,9	
22 V	7 35	12 13 26	16 52	18 01 23,7	-23 26 04	06,9	-1,8	117,7	
23 S	7 35	12 13 56	16 53	18 05 50,1	-23 25 41	06,4	-1,8	104,5	
24 D	7 36	12 14 26	16 53	18 10 16,6	-23 24 50	05,9	-2,0	91,4	
25 L	7 36	12 14 56	16 54	18 14 42,9	-23 23 31	05,5	-2,2	78,2	
26 M	7 36	12 15 26	16 54	18 19 09,2	-23 21 43	05,0	-2,2	65,0	
27 M	7 37	12 15 55	16 55	18 23 35,3	-23 19 27	04,5	-2,4	51,9	
28 J	7 37	12 16 24	16 56	18 28 01,3	-23 16 44	04,0	-2,5	38,7	
29 V	7 37	12 16 53	16 57	18 32 27,1	-23 13 32	03,5	-2,6	25,5	
30 S	7 38	12 17 22	16 57	18 36 52,6	-23 09 52	03,1	-2,7	12,4	
31 D	7 38	12 17 51	16 58	18 41 17,9	-23 05 44	02,6	-2,9	359,2	

Inicio del invierno el día 21 a las 16<sup>h</sup>28<sup>m</sup> 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:

$$R \simeq 1,000 - 0,017 \cos(0,986d - 3^\circ)$$

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:

$$\text{semidiámetro } s = \frac{0,269}{R} = \frac{960''}{R}$$

$$\text{movim. diario } \simeq \frac{59,1}{R^2}$$

$$\text{paralaje } p = \frac{8,794}{R}$$

$$\text{tiempo luz } \tau = 499^s R \simeq 499^s - 8^s \cos(0,986d)$$

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

$$\text{paso del semidiámetro } \simeq \frac{66,6}{R} [1 + 0,043 \cos(2d + 15^\circ)]$$

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

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

La longitud y latitud eclípticas del Sol viene dadas por:

$$\lambda_{\odot} \simeq \odot \simeq 279^\circ + 0,9857 d + 1,9 \text{ sen}(0,9856 d - 4^\circ)$$

$$\beta_{\odot} \simeq 0^\circ$$

Las coordenadas rectangulares ecuatoriales del Sol viene dadas por:

$$x = R \cos \odot$$

$$y = 0,917 R \text{ sen } \odot$$

$$z = 0,398 R \text{ sen } \odot$$

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

$$\tan \alpha_{\odot} = y/x \quad (\alpha_{\odot} \text{ en el mismo cuadrante que } \odot)$$

$$\text{sen } \delta_{\odot} = z/R$$

## SOL 2017

Fecha	distancia R (UA)	semidiá- metro, s	movimiento diario ("/día)	paralaje horizontal	paso semidiám. por meridiano
Ene 1	0,98334	16'17"	61	8"94	70 <sup>s</sup> 6
Ene 11	0,98342	16'17"	61	8"94	70 <sup>s</sup> 0
Ene 21	0,98409	16'17"	61	8"94	69 <sup>s</sup> 1
Ene 31	0,98524	16'16"	61	8"93	68 <sup>s</sup> 0
Feb 10	0,98676	16'14"	61	8"91	66 <sup>s</sup> 8
Feb 20	0,98876	16'12"	60	8"89	65 <sup>s</sup> 8
Mar 2	0,99108	16'10"	60	8"87	65 <sup>s</sup> 0
Mar 12	0,99359	16'07"	60	8"85	64 <sup>s</sup> 4
Mar 22	0,99638	16'05"	60	8"83	64 <sup>s</sup> 1
Abr 1	0,99924	16'02"	59	8"80	64 <sup>s</sup> 1
Abr 11	1,00206	15'59"	59	8"78	64 <sup>s</sup> 4
Abr 21	1,00489	15'56"	59	8"75	65 <sup>s</sup> 0
May 1	1,00754	15'54"	58	8"73	65 <sup>s</sup> 7
May 11	1,00991	15'52"	58	8"71	66 <sup>s</sup> 5
May 21	1,01209	15'50"	58	8"69	67 <sup>s</sup> 3
May 31	1,01386	15'48"	58	8"67	67 <sup>s</sup> 9
Jun 10	1,01519	15'47"	57	8"66	68 <sup>s</sup> 4
Jun 20	1,01618	15'46"	57	8"65	68 <sup>s</sup> 5
Jun 30	1,01664	15'45"	57	8"65	68 <sup>s</sup> 4
Jul 10	1,01660	15'45"	57	8"65	67 <sup>s</sup> 9
Jul 20	1,01618	15'46"	57	8"65	67 <sup>s</sup> 2
Jul 30	1,01522	15'47"	57	8"66	66 <sup>s</sup> 4
Ago 9	1,01381	15'48"	57	8"67	65 <sup>s</sup> 5
Ago 19	1,01209	15'50"	58	8"69	64 <sup>s</sup> 7
Ago 29	1,00994	15'52"	58	8"71	64 <sup>s</sup> 1
Set 8	1,00749	15'54"	58	8"73	63 <sup>s</sup> 8
Set 18	1,00490	15'56"	59	8"75	63 <sup>s</sup> 6
Set 28	1,00207	15'59"	59	8"78	63 <sup>s</sup> 8
Oct 8	0,99918	16'02"	59	8"80	64 <sup>s</sup> 3
Oct 18	0,99639	16'05"	60	8"83	65 <sup>s</sup> 1
Oct 28	0,99361	16'07"	60	8"85	66 <sup>s</sup> 0
Nov 7	0,99102	16'10"	60	8"87	67 <sup>s</sup> 2
Nov 17	0,98878	16'12"	60	8"89	68 <sup>s</sup> 3
Nov 27	0,98678	16'14"	61	8"91	69 <sup>s</sup> 4
Dic 7	0,98519	16'16"	61	8"93	70 <sup>s</sup> 3
Dic 17	0,98412	16'17"	61	8"94	70 <sup>s</sup> 7
Dic 27	0,98345	16'17"	61	8"94	70 <sup>s</sup> 8

Estos valores se refieren a las 0<sup>h</sup> de Tiempo Universal.  
1 ua (unidad astronómica) = 149 597 871 km

## Ortos y ocasos del Sol

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

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

La corrección en latitud depende de la diferencia de latitudes y de la declinación del Sol, o sea de la época del año. Puede encontrarse, para varios paralelos, en la página 146. El paralelo  $28^\circ$  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 2 de febrero en Teruel. En las dos tablas siguientes se encuentra que las correcciones a aplicar son de  $-10^m$  en longitud y de  $0^m$  en latitud (para la latitud de  $40^\circ 5'$ ).

$$\begin{aligned}\text{orto} &= 7^h23^m + (-10^m) + (0^m) = 7^h13^m \text{ TU} \\ \text{ocaso} &= 17^h34^m + (-10^m) - (0^m) = 17^h24^m \text{ TU}\end{aligned}$$

A continuación debe aplicarse la corrección al horario oficial, de  $+1^h$  en este caso pues corresponde al horario de invierno en la península

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

Para un lugar de longitud  $\lambda_E$ :

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

ocaso = ocaso en Madrid  $- 15^m - \lambda_E -$  corrección por latitud

*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  $\lambda_E = -1^h 1^m 39^s$ , en horario de verano:

orto =  $5^h 58^m - 15^m - (-1^h 2^m) + 6^m = 6^h 51^m$  TU =  $7^h 51^m$  TO

ocaso =  $18^h 39^m - 15^m - (-1^h 2^m) - 6^m = 19^h 20^m$  TU =  $20^h 20^m$  TO

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

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

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

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

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

ocaso = ocaso en Madrid  $-15^m - \lambda_E -$  corrección por latitud

Los instantes de orto y ocaso del Sol para un lugar dado de latitud  $\phi$  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:

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

- (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:  $19^{\text{s}} h(\text{m})/D(\text{km})$ . El adelanto en el ocaso se calcula análogamente. En Canarias, usar  $16^{\text{s}}$  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 ( $\text{acimut}=0^\circ$ ) y es positivo hacia el Oeste. Utilizando desarrollos antes explicados, el acimut,  $a$ , del ocaso viene dado por:

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

$$a \simeq \arccos(-0,008 - 0,452 \text{ sen } \odot), \quad \text{en Canarias.}$$

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  $40^\circ$ , el Sol sale  $30^\circ$  al sur de la dirección Este y se pone  $30^\circ$  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					Fecha	
		28°	32°	36°	40°	44°		
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	-24	-26	-28	Nov	22
Ene	25	-21	-22	-23	-24	-26	Nov	17
Ene	30	-20	-20	-21	-22	-24	Nov	12
Feb	4	-18	-19	-19	-21	-22	Nov	7
Feb	9	-16	-17	-18	-18	-20	Nov	2
Feb	14	-14	-15	-15	-16	-17	Oct	28
Feb	19	-12	-13	-13	-14	-15	Oct	22
Feb	24	-10	-11	-11	-12	-12	Oct	17
Mar	1	-8	-8	-9	-9	-10	Oct	12
Mar	6	-6	-6	-6	-7	-7	Oct	7
Mar	11	-4	-4	-4	-4	-4	Oct	2
Mar	16	-1	-1	-1	-1	-1	Set	27
Mar	21	1	1	1	1	1	Set	22
Mar	26	3	3	3	4	4	Set	17
Mar	31	5	6	6	6	7	Set	12
Abr	5	7	8	8	9	9	Set	7
Abr	10	10	10	11	11	12	Set	2
Abr	15	12	12	13	14	15	Ago	28
Abr	20	14	14	15	16	17	Ago	23
Abr	25	16	16	17	18	19	Ago	18
Abr	30	17	18	19	20	22	Ago	12
May	5	19	20	21	22	24	Ago	7
May	10	21	22	23	24	26	Ago	2
May	15	22	23	24	26	28	Jul	28
May	20	23	24	26	27	29	Jul	23
May	25	24	26	27	29	31	Jul	18
May	30	25	27	28	30	32	Jul	13
Jun	4	26	27	29	31	33	Jul	8
Jun	9	27	28	30	31	34	Jul	3
Jun	14	27	28	30	32	34	Jun	28
Jun	19	27	29	30	32	35	Jun	23

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

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

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

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

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

## Crepúsculos

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

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

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

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

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

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

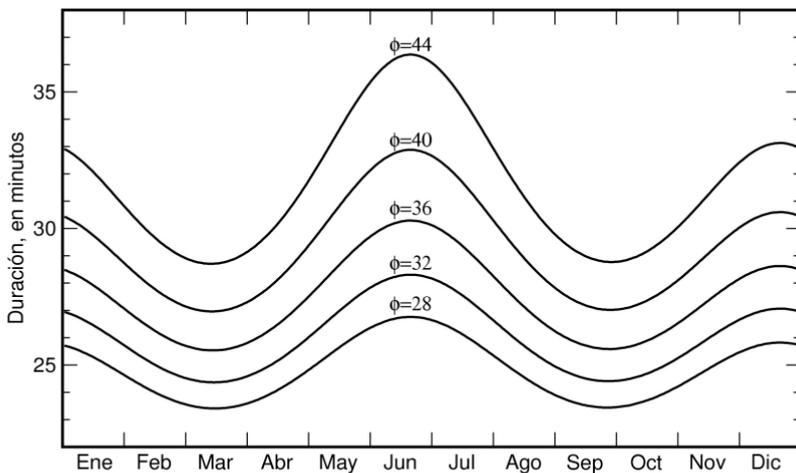
Duración, en minutos, del crepúsculo astronómico el día 15 del mes

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

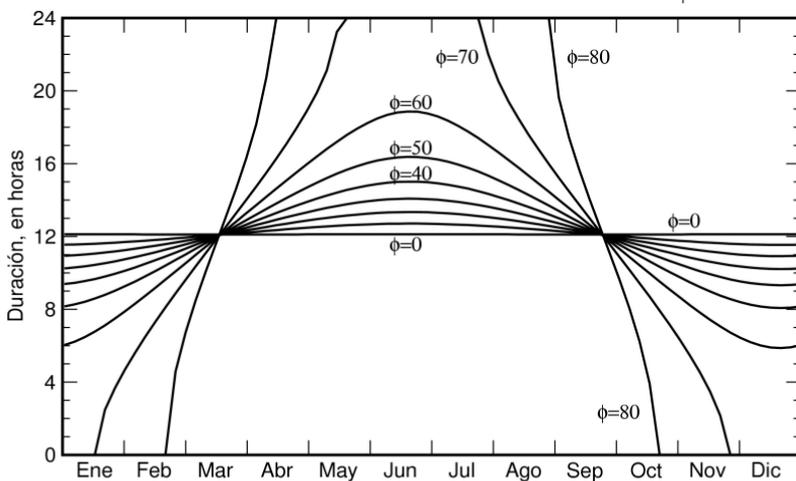
La duración aproximada del crepúsculo civil puede ser calculada mediante la siguiente fórmula, en la que  $\phi$  es la latitud del lugar y  $\delta_\odot$  es la declinación del Sol para el día considerado:

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

Duración del crepúsculo civil en función de la latitud  $\phi$



Duración del día en función de la latitud  $\phi$



## 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 ( $\phi$ ) y la declinación del Sol ( $\delta_{\odot}$ ) supera los  $90^{\circ}$ .

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 $\phi$ ( $^{\circ}$ )	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 2017:

- 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: 7 de diciembre
- Día de mayor duración: 21 de junio (15<sup>h</sup>3<sup>m</sup>)
- Día de menor duración: 21 de diciembre (9<sup>h</sup>17<sup>m</sup>)

## 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  $\lambda_E$ , el instante de paso será:

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

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  $\lambda_E(\text{hms})$ , el instante de culminación del Sol viene dado por:

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

*Ejemplo:* al mediodía del día 1 de abril la Ecuación de Tiempo es  $-3^{\text{m}}48^{\text{s}}$ , luego el Sol pasará por el meridiano de Madrid a las:

$$12^{\text{h}} - (-3^{\text{m}}48^{\text{s}}) - (-14^{\text{m}}45^{\text{s}}) = 12^{\text{h}}18^{\text{m}}33^{\text{s}} \text{ TU}$$

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:

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

## 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  $27^{\text{d}}2753$ , correspondiente a una latitud heliográfica de  $26^\circ$ . 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  $0^{\text{h}}$  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 2017

NRC	mes	día	hora	NRC	mes	día	hora	NRC	mes	día	hora
2186	Ene	10	9	2191	May	26	20	2196	Oct	10	0
2187	Feb	6	17	2192	Jun	23	1	2197	Nov	6	7
2188	Mar	6	1	2193	Jul	20	6	2198	Dic	3	15
2189	Abr	2	9	2194	Ago	16	11	2199	Dic	30	23
2190	Abr	29	15	2195	Set	12	17	2200	Ene	27	7

La primera rotación que se iniciará en 2017 es la número 2186, lo cual tendrá lugar el día 10 de enero a las 9<sup>h</sup>:2 TU. La primera rotación en 2018 será la número 2200, iniciándose el 27 de enero a las 6<sup>h</sup>:7 TU.

## Manchas solares

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

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

#### Número relativo de manchas solares en los últimos 20 años

año	manchas	año	manchas	año	manchas	año	manchas
1997	31	2002	160	2007	13	2012	90
1998	86	2003	103	2008	4	2013	95
1999	140	2004	66	2009	6	2014	107
2000	170	2005	45	2010	26	2015	72
2001	168	2006	26	2011	73	2016	40

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

# LUNA

Datos lunares

Coordenadas topocéntricas de la Luna

Efemérides diarias de la Luna

Ortos y ocasos de la Luna

Paso de la Luna por el meridiano

Distancia, semidiámetro y paralaje horizontal

Fases de la Luna

Perigeos y apogeos

## Unidades prácticas

$\mathcal{R}_{\text{L}}$	= 1 738,14 km	= 0,2725 $\mathcal{R}_{\oplus}$
$\mathcal{M}_{\text{L}}$	= 7,3463 $10^{22}$ kg	= 0,0123 $\mathcal{M}_{\oplus}$
$G\mathcal{M}_{\text{L}}$	= 4,902 8001 $10^{12}$ m <sup>3</sup> s <sup>-2</sup>	= 0,0123000371 G $\mathcal{M}_{\oplus}$

## Datos lunares

### Elementos medios de la órbita para 2017

Longitud media	$L_{\text{q}} = 303^{\circ}984\,362 + 13^{\circ}176\,396\,46\,d$
Anomalía media	$M_{\text{q}} = 248^{\circ}982\,308 + 13^{\circ}064\,993\,03\,d$
Longitud del perigeo medio	$\varpi_{\text{q}} = 55^{\circ}002\,051 + 0^{\circ}111\,403\,42\,d$
Long. media del nodo ascendente	$\Omega_{\text{q}} = 156^{\circ}281\,093 - 0^{\circ}052\,953\,74\,d$
Elongación media referida al Sol	$D_{\text{q}} = 24^{\circ}125\,875 + 12^{\circ}190\,749\,09\,d$

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

### Coordenadas eclípticas verdaderas

Desarrollos aproximados de longitud eclíptica, latitud eclíptica y paralaje:

$$\begin{aligned}\lambda_{\text{q}} &= L_{\text{q}} + 377' \sin M_{\text{q}} + 76' \sin(2 D_{\text{q}} - M_{\text{q}}) + 40' \sin(2 D_{\text{q}}) + 13' \sin(2 M_{\text{q}}) \\ \beta_{\text{q}} &= 309' \sin(\lambda_{\text{q}} - \Omega_{\text{q}}) \\ \pi_{\text{q}} &= 57' + 3' \cos M_{\text{q}}\end{aligned}$$

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

$$\text{semidiámetro} = 0,2725 \pi_{\text{q}}, \quad \text{distancia geocéntrica} = \frac{1}{\sin \pi_{\text{q}}} R_{\oplus}$$

### Distancia

Distancia media	384400 km	60,268 $R_{\oplus}$
	en tiempo luz	1;28222
Distancias extremas:	mínima	356375 km = 55,874 $R_{\oplus}$
	máxima	406720 km = 63,768 $R_{\oplus}$
Semidiámetro medio:	geocéntrico	15'32"6
	topocéntrico (cénit)	15'48"3
Paralaje ecuatorial horizontal media		3422"608 = 57'02"608

### Otros datos orbitales

Excentricidad	$e_{\text{q}} = 0,054900489$	
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:	$1^{\circ}54242 = 1^{\circ}32'32"7$	

Movimiento sidéreo medio diario	13° 176358
Intervalo medio entre tránsitos o pasos por el meridiano	24 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup>
Velocidad orbital media	1,023 km s <sup>-1</sup> = 3683 km h <sup>-1</sup>
Aumento de la distancia a la Tierra	~4 m/siglo

### Traslación y rotación

Duración media de los meses:

mes sinódico (luna nueva)	29 <sup>d</sup> 5305884	29 <sup>d</sup> 12 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 02 <sup>s</sup> ;8
mes sidéreo (estrella a estrella)	27 <sup>d</sup> 3216616	27 <sup>d</sup> 07 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup> ;6
mes anomalístico (perigeo)	27 <sup>d</sup> 5545501	27 <sup>d</sup> 13 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> ;1
mes trópico (equinoccio)	27 <sup>d</sup> 3215823	27 <sup>d</sup> 07 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 04 <sup>s</sup> ;7
mes draconítico (nodo)	27 <sup>d</sup> 212220	27 <sup>d</sup> 05 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup> ;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 <sup>d</sup> 62005
periodo Saros = 223 meses sinódicos = 19 años eclípticos	
	= 6585,32 días = 18,03001 años trópicos

*Libraciones:*

Desplazamiento máximo:	en longitud: 7°9 (periodo=mes anomalístico)
	en latitud: 6°8 (periodo=mes draconítico)
	diurna: 1°0

Desplazamiento medio:

libración óptica en longitud:	6°15
libración óptica en latitud:	6°69
libración física en longitud:	0°025
libración física en latitud:	0°04

### Datos físicos

en unidades terrestres

Radio ecuatorial	$\mathcal{R}_{\perp} = 1738,14 \text{ km}$	$0,2725 \mathcal{R}_{\oplus}$
Radio medio	1737,42 km	
Superficie	$3,788 \cdot 10^7 \text{ km}^2$	0,0743
Volumen	$2,199 \cdot 10^{10} \text{ km}^3$	0,0203



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

$$x = r \cos \delta_{\text{g}} \cos \alpha_{\text{g}} - \cos \phi \cos \theta$$

$$y = r \cos \delta_{\text{g}} \operatorname{sen} \alpha_{\text{g}} - \cos \phi \operatorname{sen} \theta$$

$$z = r \operatorname{sen} \delta_{\text{g}} - \operatorname{sen} \phi$$

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  $\alpha_t$  y  $\delta_t$  y el semidiámetro  $s_t$  vienen dados por:

$$\alpha_t = \arctan(y/x) \quad (\text{aprox. mismo cuadrante que } \alpha_{\text{g}})$$

$$\delta_t = \arcsen(z/r_t)$$

$$s_t = \frac{937'}{r_t}$$

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

$$\alpha_t = \alpha_{\text{g}} - \frac{57^{\circ}30'}{r} \frac{\cos \phi \operatorname{sen}(\theta - \alpha_{\text{g}})}{\cos \delta_{\text{g}}}$$

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

## Efemérides de la Luna para 2017

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<sup>h</sup> 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<sup>er</sup> grado dada la complejidad del movimiento de la Luna (ver el apartado **Interpolación** en la sección *TABLAS*). Con una interpolación de 4<sup>to</sup> grado los errores pueden llegar a ser de algunos segundos de arco en ambas coordenadas y con una interpolación de 3<sup>er</sup> 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 ( $1 \mathcal{R}_{\oplus} = 6378,14 \text{ km}$ ). En este caso una interpolación de 3<sup>er</sup> grado bastará para obtener la distancia con una precisión de unos 2 km ( $0,0003 \mathcal{R}_{\oplus}$ ).

## Valores extremos en los siglos XX y XXI

Intervalos menor y mayor entre lunas nuevas consecutivas: 29<sup>d</sup>274 y 29<sup>d</sup>829

Intervalos menor y mayor entre perigeos sucesivos: 24<sup>d</sup>65 y 28<sup>d</sup>54

Intervalos menor y mayor entre dos apogeos sucesivos: 26<sup>d</sup>98 y 27<sup>d</sup>90

Valores extremos entre los que varía el perigeo lunar:

356 375 y 370 350 km

Valores extremos entre los que varía el apogeo lunar:

404 050 y 406 712 km

## LUNA Enero 2017

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU					
	Orto <i>h m</i>	Culm. <i>h m</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>	Declinación <i>° ' "</i>		Distan. $\mathcal{R}_{\oplus}$		
1 D	9 36	14 56	20 21	20 54 56,3	-15 20 11	61,3530			
2 L	10 13	15 45	21 23	21 46 31,3	-12 28 41	60,8142			
3 M	10 48	16 34	22 27	22 37 41,1	-08 57 59	60,2485			
4 M	11 21	17 22	23 32	23 28 41,3	-04 57 21	59,6609			
5 J	11 55	18 12	** **	00 20 00,2	-00 37 33	59,0621			
6 V	12 30	19 03	0 38	01 12 14,9	+03 49 10	58,4720			
7 S	13 07	19 57	1 46	02 06 04,9	+08 08 48	57,9225			
8 D	13 49	20 53	2 55	03 02 03,9	+12 05 29	57,4555			
9 L	14 36	21 52	4 05	04 00 28,4	+15 21 54	57,1191			
10 M	15 30	22 52	5 13	05 01 05,3	+17 41 10	56,9606			
11 M	16 29	23 53	6 17	06 03 05,1	+18 49 57	57,0162			
12 J	17 33	** **	7 15	07 05 08,9	+18 42 01	57,3026			
13 V	18 38	0 52	8 06	08 05 50,6	+17 20 10	57,8106			
14 S	19 44	1 48	8 50	09 04 03,3	+14 55 16	58,5058			
15 D	20 49	2 41	9 29	09 59 14,5	+11 42 55	59,3323			
16 L	21 51	3 31	10 04	10 51 26,0	+07 59 40	60,2210			
17 M	22 51	4 17	10 36	11 41 03,6	+04 00 28	61,1004			
18 M	23 49	5 02	11 06	12 28 46,0	-00 02 23	61,9034			
19 J	** **	5 46	11 36	13 15 16,7	-03 59 05	62,5745			
20 V	0 46	6 29	12 06	14 01 18,5	-07 41 37	63,0736			
21 S	1 43	7 13	12 38	14 47 31,0	-11 03 05	63,3771			
22 D	2 38	7 58	13 13	15 34 27,1	-13 56 56	63,4787			
23 L	3 33	8 44	13 52	16 22 31,6	-16 16 35	63,3872			
24 M	4 26	9 31	14 35	17 11 57,5	-17 55 28	63,1250			
25 M	5 18	10 20	15 22	18 02 44,3	-18 47 23	62,7246			
26 J	6 07	11 10	16 15	18 54 37,7	-18 47 20	62,2248			
27 V	6 52	12 01	17 12	19 47 13,1	-17 52 31	61,6666			
28 S	7 35	12 51	18 12	20 40 01,8	-16 03 16	61,0886			
29 D	8 13	13 41	19 15	21 32 39,6	-13 23 25	60,5236			
30 L	8 50	14 31	20 19	22 24 53,9	-10 00 10	59,9949			
31 M	9 24	15 20	21 24	23 16 46,5	-06 03 27	59,5162			

Cuarto creciente	05 <sup>d</sup> 19 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup>
Luna llena	12 <sup>d</sup> 11 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	19 <sup>d</sup> 22 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup>
Luna nueva	28 <sup>d</sup> 00 <sup>h</sup> 07 <sup>m</sup>

Perigeo	10 <sup>d</sup> 06 <sup>h</sup>
Apogeo	22 <sup>d</sup> 00 <sup>h</sup>

## LUNA Febrero 2017

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			Distan. $\mathcal{R}_{\oplus}$
	Orto <i>h m</i>	Culm. <i>h m</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>	Declinación <i>° ' "</i>		
1 M	9 58	16 10	22 30	00 08 33,6	-01 45 12	59,0931	
2 J	10 33	17 01	23 37	01 00 42,3	+02 41 21	58,7253	
3 V	11 09	17 53	** **	01 53 45,5	+07 01 59	58,4115	
4 S	11 48	18 46	0 45	02 48 15,0	+11 01 53	58,1540	
5 D	12 31	19 42	1 53	03 44 32,9	+14 25 53	57,9612	
6 L	13 20	20 40	2 59	04 42 42,3	+16 59 23	57,8493	
7 M	14 15	21 39	4 03	05 42 20,0	+18 30 05	57,8399	
8 M	15 15	22 37	5 02	06 42 36,0	+18 50 13	57,9551	
9 J	16 19	23 33	5 55	07 42 24,0	+17 58 33	58,2121	
10 V	17 24	** **	6 42	08 40 40,8	+16 00 58	58,6172	
11 S	18 29	0 27	7 23	09 36 42,5	+13 09 06	59,1599	
12 D	19 33	1 19	8 00	10 30 12,4	+09 37 48	59,8136	
13 L	20 35	2 07	8 33	11 21 18,3	+05 42 25	60,5360	
14 M	21 35	2 54	9 05	12 10 24,5	+01 36 59	61,2744	
15 M	22 34	3 39	9 35	12 58 04,8	-02 26 35	61,9719	
16 J	23 31	4 23	10 06	13 44 55,6	-06 18 28	62,5740	
17 V	** **	5 07	10 37	14 31 32,9	-09 50 37	63,0330	
18 S	0 27	5 51	11 11	15 18 29,0	-12 56 07	63,3131	
19 D	1 22	6 37	11 48	16 06 10,6	-15 28 39	63,3926	
20 L	2 16	7 23	12 29	16 54 56,5	-17 22 15	63,2659	
21 M	3 08	8 11	13 14	17 44 55,2	-18 31 13	62,9437	
22 M	3 58	9 00	14 04	18 36 04,4	-18 50 30	62,4514	
23 J	4 45	9 51	14 59	19 28 11,1	-18 16 24	61,8286	
24 V	5 29	10 41	15 58	20 20 55,7	-16 47 23	61,1250	
25 S	6 09	11 32	17 00	21 13 57,3	-14 24 58	60,3955	
26 D	6 47	12 23	18 05	22 07 00,5	-11 14 08	59,6954	
27 L	7 23	13 14	19 12	22 59 59,5	-07 23 32	59,0736	
28 M	7 58	14 05	20 19	23 53 00,6	-03 04 60	58,5672	

Cuarto creciente	04 <sup>d</sup> 04 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup>
Luna llena	11 <sup>d</sup> 00 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	18 <sup>d</sup> 19 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup>
Luna nueva	26 <sup>d</sup> 14 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup>

Perigeo	6 <sup>d</sup> 14 <sup>h</sup>
Apogeo	18 <sup>d</sup> 21 <sup>h</sup>

## LUNA Marzo 2017

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			Distan. $\mathcal{R}_{\oplus}$
	Orto <i>h m</i>	Culm. <i>h m</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>	Declinación <i>° ' "</i>		
1 M	8 33	14 56	21 28	00 46 20,0	+01 27 06	58,1974	
2 J	9 10	15 49	22 37	01 40 20,3	+05 56 48	57,9694	
3 V	9 48	16 43	23 45	02 35 24,0	+10 07 30	57,8739	
4 S	10 31	17 38	** **	03 31 46,9	+13 43 08	57,8934	
5 D	11 18	18 35	0 52	04 29 29,7	+16 29 13	58,0071	
6 L	12 10	19 32	1 56	05 28 13,4	+18 14 22	58,1971	
7 M	13 07	20 29	2 56	06 27 19,2	+18 51 38	58,4516	
8 M	14 08	21 25	3 49	07 25 56,5	+18 19 39	58,7654	
9 J	15 11	22 18	4 37	08 23 16,1	+16 42 44	59,1391	
10 V	16 15	23 10	5 19	09 18 42,5	+14 10 05	59,5737	
11 S	17 18	23 58	5 57	10 12 00,4	+10 53 60	60,0674	
12 D	18 20	** **	6 31	11 03 13,9	+07 08 07	60,6116	
13 L	19 21	0 46	7 03	11 52 41,3	+03 05 57	61,1883	
14 M	20 21	1 31	7 34	12 40 49,2	-01 00 01	61,7695	
15 M	21 19	2 16	8 04	13 28 07,9	-04 58 49	62,3202	
16 J	22 16	3 00	8 36	14 15 07,1	-08 40 59	62,8001	
17 V	23 12	3 45	9 09	15 02 14,2	-11 58 25	63,1681	
18 S	** **	4 30	9 44	15 49 51,6	-14 44 08	63,3879	
19 D	0 07	5 16	10 23	16 38 15,9	-16 51 60	63,4299	
20 L	0 59	6 03	11 06	17 27 35,9	-18 16 38	63,2765	
21 M	1 50	6 51	11 53	18 17 53,0	-18 53 27	62,9240	
22 M	2 37	7 40	12 45	19 09 01,0	-18 38 58	62,3843	
23 J	3 22	8 30	13 42	20 00 49,1	-17 31 09	61,6863	
24 V	4 03	9 20	14 42	20 53 05,7	-15 30 03	60,8740	
25 S	4 42	10 11	15 46	21 45 42,3	-12 38 20	60,0060	
26 D	5 18	11 01	16 52	22 38 37,1	-09 01 52	59,1494	
27 L	5 54	11 53	18 00	23 31 57,1	-04 49 60	58,3737	
28 M	6 29	12 45	19 10	00 25 57,0	-00 15 44	57,7419	
29 M	7 06	13 39	20 21	01 20 55,9	+04 24 41	57,3016	
30 J	7 45	14 34	21 32	02 17 12,0	+08 52 44	57,0788	
31 V	8 27	15 31	22 42	03 14 54,8	+12 49 18	57,0743	

Cuarto creciente	05 <sup>d</sup> 11 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup>
Luna llena	12 <sup>d</sup> 14 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	20 <sup>d</sup> 15 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup>
Luna nueva	28 <sup>d</sup> 02 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup>

Perigeo	3 <sup>d</sup> 07 <sup>h</sup>
Apogeo	18 <sup>d</sup> 17 <sup>h</sup>
Perigeo	30 <sup>d</sup> 12 <sup>h</sup>

## LUNA Abril 2017

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU				
	Orto <i>h m</i>	Culm. <i>h m</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>	Declinación <i>° ′ ″</i>			Distan. $R_{\oplus}$
1 S	9 14	16 29	23 49	04 13 57,4	+15 56 53	57,2662		
2 D	10 05	17 27	** **	05 13 51,4	+18 01 53	57,6169		
3 L	11 01	18 25	0 52	06 13 50,0	+18 56 33	58,0815		
4 M	12 01	19 21	1 47	07 12 57,8	+18 39 49	58,6170		
5 M	13 03	20 15	2 36	08 10 25,8	+17 16 41	59,1869		
6 J	14 06	21 06	3 20	09 05 43,4	+14 56 42	59,7655		
7 V	15 09	21 54	3 58	09 58 41,8	+11 51 50	60,3367		
8 S	16 10	22 41	4 32	10 49 31,6	+08 14 49	60,8914		
9 D	17 11	23 26	5 04	11 38 36,1	+04 18 09	61,4245		
10 L	18 10	** **	5 35	12 26 24,8	+00 13 32	61,9304		
11 M	19 09	0 11	6 05	13 13 29,1	-03 48 16	62,4000		
12 M	20 07	0 55	6 35	14 00 18,8	-07 37 28	62,8191		
13 J	21 03	1 40	7 07	14 47 19,3	-11 05 11	63,1681		
14 V	21 59	2 25	7 42	15 34 50,5	-14 03 29	63,4221		
15 S	22 52	3 10	8 19	16 23 05,0	-16 25 25	63,5547		
16 D	23 43	3 57	9 00	17 12 07,7	-18 05 08	63,5404		
17 L	** **	4 45	9 46	18 01 55,9	-18 57 56	63,3581		
18 M	0 32	5 33	10 35	18 52 21,5	-19 00 36	62,9955		
19 M	1 17	6 21	11 29	19 43 13,6	-18 11 23	62,4518		
20 J	1 58	7 10	12 27	20 34 22,9	-16 30 18	61,7409		
21 V	2 37	7 59	13 27	21 25 45,5	-13 59 14	60,8935		
22 S	3 14	8 49	14 31	22 17 25,5	-10 42 13	59,9579		
23 D	3 49	9 39	15 37	23 09 36,3	-06 45 52	58,9979		
24 L	4 24	10 30	16 46	00 02 39,4	-02 19 56	58,0883		
25 M	4 59	11 24	17 57	00 57 01,6	+02 22 08	57,3082		
26 M	5 37	12 19	19 10	01 53 09,2	+07 03 07	56,7286		
27 J	6 18	13 16	20 23	02 51 19,4	+11 22 46	56,4021		
28 V	7 04	14 16	21 34	03 51 30,1	+15 00 00	56,3538		
29 S	7 55	15 16	22 41	04 53 10,6	+17 36 11	56,5752		
30 D	8 52	16 17	23 42	05 55 21,2	+18 58 49	57,0305		

Cuarto creciente	03 <sup>d</sup> 18 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup>
Luna llena	11 <sup>d</sup> 06 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	19 <sup>d</sup> 09 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup>
Luna nueva	26 <sup>d</sup> 12 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup>

Apogeo	15 <sup>d</sup> 10 <sup>h</sup>
Perigeo	27 <sup>d</sup> 16 <sup>h</sup>

## LUNA Mayo 2017

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU						
	Orto <i>h m</i>	Culm. <i>h m</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>			Declinación <i>° ' "</i>			Distan. $R_{\oplus}$
1 L	9 52	17 15	** **	06 56	46,6	+19 04 01	57,6624			
2 M	10 55	18 11	0 35	07 56	17,1	+17 56 24	58,4061			
3 M	11 59	19 03	1 21	08 53	08,1	+15 46 44	59,1989			
4 J	13 02	19 53	2 00	09 47	05,9	+12 48 46	59,9874			
5 V	14 04	20 40	2 36	10 38	23,7	+09 16 29	60,7331			
6 S	15 04	21 25	3 08	11 27	31,0	+05 22 49	61,4102			
7 D	16 04	22 09	3 38	12 15	05,2	+01 19 15	62,0052			
8 L	17 02	22 53	4 08	13 01	45,0	-02 44 01	62,5130			
9 M	17 59	23 37	4 37	13 48	06,1	-06 37 40	62,9324			
10 M	18 56	** **	5 09	14 34	39,3	-10 13 03	63,2636			
11 J	19 52	0 21	5 42	15 21	47,8	-13 21 59	63,5040			
12 V	20 47	1 07	6 18	16 09	45,7	-15 56 55	63,6473			
13 S	21 39	1 53	6 57	16 58	37,2	-17 51 09	63,6834			
14 D	22 28	2 40	7 41	17 48	16,4	-18 59 18	63,5990			
15 L	23 14	3 28	8 29	18 38	29,7	-19 17 38	63,3797			
16 M	23 57	4 16	9 21	19 29	00,3	-18 44 24	63,0131			
17 M	** **	5 05	10 16	20 19	33,0	-17 19 50	62,4926			
18 J	0 36	5 53	11 14	21 09	59,8	-15 06 07	61,8211			
19 V	1 12	6 41	12 15	22 00	23,3	-12 07 07	61,0147			
20 S	1 47	7 29	13 19	22 50	57,9	-08 28 28	60,1054			
21 D	2 20	8 18	14 25	23 42	08,9	-04 17 45	59,1421			
22 L	2 54	9 09	15 33	00 34	30,3	+00 14 50	58,1903			
23 M	3 30	10 02	16 44	01 28	39,8	+04 55 45	57,3265			
24 M	4 08	10 58	17 57	02 25	11,7	+09 27 39	56,6310			
25 J	4 51	11 57	19 10	03 24	25,1	+13 29 53	56,1744			
26 V	5 40	12 58	20 21	04 26	10,2	+16 40 46	56,0057			
27 S	6 35	14 00	21 27	05 29	37,9	+18 41 41	56,1422			
28 D	7 36	15 02	22 26	06 33	23,6	+19 21 46	56,5651			
29 L	8 41	16 01	23 17	07 35	50,4	+18 40 45	57,2254			
30 M	9 47	16 57	** **	08 35	40,3	+16 47 58	58,0524			
31 M	10 52	17 49	0 00	09 32	13,6	+13 58 36	58,9690			

Cuarto creciente	03 <sup>d</sup> 02 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup>
Luna llena	10 <sup>d</sup> 21 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	19 <sup>d</sup> 00 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup>
Luna nueva	25 <sup>d</sup> 19 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup>

Apogeo	12 <sup>d</sup> 20 <sup>h</sup>
Perigeo	26 <sup>d</sup> 01 <sup>h</sup>

## LUNA Junio 2017

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			Distan. $\mathcal{R}_{\oplus}$
	Orto <i>h m</i>	Culm. <i>h m</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>	Declinación <i>° ' "</i>		
1 J	11 56	18 38	0 38	10 25 29,6	+10 29 19	59,9023	
2 V	12 58	19 24	1 11	11 15 55,3	+06 35 26	60,7908	
3 S	13 58	20 08	1 42	12 04 11,9	+02 29 55	61,5894	
4 D	14 56	20 52	2 12	12 51 04,6	-01 36 31	62,2698	
5 L	15 54	21 36	2 41	13 37 17,4	-05 34 46	62,8177	
6 M	16 51	22 20	3 11	14 23 28,9	-09 16 38	63,2305	
7 M	17 47	23 04	3 44	15 10 10,0	-12 34 25	63,5124	
8 J	18 42	23 50	4 18	15 57 42,2	-15 20 41	63,6722	
9 V	19 35	** **	4 56	16 46 15,3	-17 28 23	63,7181	
10 S	20 26	0 38	5 39	17 35 46,4	-18 51 23	63,6567	
11 D	21 13	1 25	6 25	18 26 01,6	-19 25 05	63,4906	
12 L	21 57	2 14	7 16	19 16 39,1	-19 06 54	63,2193	
13 M	22 37	3 02	8 10	20 07 16,3	-17 56 43	62,8388	
14 M	23 14	3 50	9 07	20 57 36,2	-15 56 49	62,3458	
15 J	23 48	4 37	10 06	21 47 32,7	-13 11 29	61,7393	
16 V	** **	5 24	11 07	22 37 13,7	-09 46 40	61,0258	
17 S	0 21	6 12	12 11	23 27 00,5	-05 49 44	60,2220	
18 D	0 53	7 00	13 16	00 17 26,0	-01 29 34	59,3588	
19 L	1 27	7 50	14 23	01 09 11,1	+03 02 52	58,4823	
20 M	2 02	8 43	15 33	02 02 59,2	+07 33 51	57,6532	
21 M	2 41	9 39	16 45	02 59 28,0	+11 46 24	56,9421	
22 J	3 26	10 38	17 56	03 58 56,1	+15 20 43	56,4202	
23 V	4 17	11 39	19 05	05 01 08,0	+17 56 29	56,1481	
24 S	5 15	12 42	20 09	06 05 03,7	+19 17 01	56,1638	
25 D	6 19	13 44	21 05	07 09 07,6	+19 14 10	56,4732	
26 L	7 27	14 44	21 54	08 11 36,4	+17 50 54	57,0481	
27 M	8 35	15 39	22 35	09 11 13,2	+15 19 47	57,8319	
28 M	9 42	16 31	23 12	10 07 24,6	+11 58 28	58,7500	
29 J	10 46	17 20	23 45	11 00 17,4	+08 05 11	59,7224	
30 V	11 48	18 06	** **	11 50 24,5	+03 55 56	60,6747	

Cuarto creciente	01 <sup>d</sup> 12 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup>
Luna llena	09 <sup>d</sup> 13 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	17 <sup>d</sup> 11 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup>
Luna nueva	24 <sup>d</sup> 02 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup>

Apogeo	8 <sup>d</sup> 22 <sup>h</sup>
Perigeo	23 <sup>d</sup> 11 <sup>h</sup>

## LUNA Julio 2017

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU					
	Orto <i>h m</i>	Culm. <i>h m</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>			Declinación <i>° ' "</i>		
1 S	12 48	18 50	0 15	12 38	30,8		-00 16 25		61,5448
2 D	13 47	19 34	0 45	13 25	23,6		-04 21 35		62,2876
3 L	14 44	20 18	1 15	14 11	47,6		-08 11 11		62,8752
4 M	15 40	21 02	1 46	14 58	21,0		-11 37 49		63,2950
5 M	16 36	21 48	2 19	15 45	33,7		-14 34 33		63,5483
6 J	17 30	22 34	2 56	16 33	44,3		-16 54 41		63,6457
7 V	18 22	23 22	3 37	17 22	58,8		-18 31 56		63,6039
8 S	19 11	** **	4 22	18 13	09,6		-19 21 01		63,4423
9 D	19 56	0 11	5 11	19 03	57,5		-19 18 21		63,1796
10 L	20 38	0 59	6 05	19 54	57,6		-18 22 43		62,8316
11 M	21 16	1 48	7 01	20 45	45,7		-16 35 39		62,4098
12 M	21 51	2 36	8 00	21 36	06,1		-14 01 18		61,9217
13 J	22 24	3 23	9 01	22 25	56,3		-10 45 59		61,3717
14 V	22 56	4 10	10 03	23 15	27,9		-06 57 40		60,7642
15 S	23 28	4 57	11 06	00 05	06,2		-02 45 37		60,1070
16 D	** **	5 45	12 11	00 55	26,8		+01 39 37		59,4151
17 L	0 02	6 35	13 18	01 47	11,6		+06 05 53		58,7138
18 M	0 38	7 28	14 26	02 41	02,4		+10 19 01		58,0402
19 M	1 18	8 23	15 36	03 37	32,2		+14 02 36		57,4428
20 J	2 05	9 22	16 44	04 36	52,0		+16 58 43		56,9768
21 V	2 58	10 23	17 50	05 38	37,7		+18 50 12		56,6963
22 S	3 58	11 25	18 49	06 41	45,0		+19 24 32		56,6449
23 D	5 04	12 26	19 42	07 44	41,7		+18 37 39		56,8450
24 L	6 12	13 24	20 28	08 45	56,2		+16 35 37		57,2918
25 M	7 21	14 19	21 07	09 44	25,3		+13 32 40		57,9530
26 M	8 28	15 10	21 43	10 39	45,8		+09 47 06		58,7720
27 J	9 33	15 58	22 15	11 32	08,9		+05 37 14		59,6788
28 V	10 36	16 45	22 46	12 22	07,4		+01 18 55		60,5991
29 S	11 36	17 29	23 16	13 10	23,5		-02 55 05		61,4641
30 D	12 35	18 14	23 47	13 57	41,0		-06 54 47		62,2161
31 L	13 32	18 58	** **	14 44	40,7		-10 32 07		62,8135

Cuarto creciente	01 <sup>d</sup> 00 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup>
Luna llena	09 <sup>d</sup> 04 <sup>h</sup> 07 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	16 <sup>d</sup> 19 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup>
Luna nueva	23 <sup>d</sup> 09 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup>
Cuarto creciente	30 <sup>d</sup> 15 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup>

Apogeo	6 <sup>d</sup> 04 <sup>h</sup>
Perigeo	21 <sup>d</sup> 17 <sup>h</sup>

## LUNA Agosto 2017

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			Distan. $\mathcal{R}_{\oplus}$
	Orto <i>h m</i>	Culm. <i>h m</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>	Declinación <i>° ' "</i>		
1 M	14 28	19 44	0 20	15 31 56,9	-13 40 12	63,2305	
2 M	15 23	20 30	0 55	16 19 55,1	-16 12 46	63,4580	
3 J	16 16	21 17	1 34	17 08 49,8	-18 03 56	63,5014	
4 V	17 06	22 05	2 18	17 58 43,3	-19 08 24	63,3776	
5 S	17 53	22 54	3 05	18 49 25,1	-19 22 01	63,1118	
6 D	18 36	23 43	3 58	19 40 35,7	-18 42 29	62,7349	
7 L	19 16	** **	4 54	20 31 51,6	-17 09 58	62,2785	
8 M	19 53	0 32	5 53	21 22 52,8	-14 47 27	61,7721	
9 M	20 27	1 20	6 53	22 13 28,3	-11 40 40	61,2406	
10 J	21 00	2 08	7 56	23 03 40,1	-07 57 45	60,7026	
11 V	21 32	2 55	8 59	23 53 43,3	-03 48 37	60,1701	
12 S	22 04	3 44	10 04	00 44 04,2	+00 35 21	59,6506	
13 D	22 39	4 33	11 09	01 35 16,9	+05 01 35	59,1501	
14 L	23 17	5 24	12 16	02 27 58,0	+09 16 18	58,6761	
15 M	24 00	6 17	13 24	03 22 40,0	+13 04 39	58,2422	
16 M	** **	7 13	14 31	04 19 41,8	+16 10 58	57,8690	
17 J	0 49	8 11	15 36	05 18 58,1	+18 20 07	57,5850	
18 V	1 44	9 10	16 36	06 19 52,4	+19 19 43	57,4236	
19 S	2 46	10 10	17 30	07 21 19,9	+19 03 04	57,4163	
20 D	3 52	11 09	18 18	08 22 03,6	+17 31 16	57,5871	
21 L	5 00	12 04	19 01	09 20 57,5	+14 53 24	57,9447	
22 M	6 08	12 57	19 38	10 17 22,8	+11 24 19	58,4783	
23 M	7 14	13 48	20 12	11 11 11,5	+07 21 30	59,1564	
24 J	8 19	14 36	20 44	12 02 40,0	+03 02 01	59,9304	
25 V	9 21	15 22	21 15	12 52 18,6	-01 19 06	60,7410	
26 S	10 22	16 07	21 46	13 40 43,8	-05 29 31	61,5254	
27 D	11 21	16 52	22 18	14 28 31,9	-09 19 24	62,2241	
28 L	12 18	17 38	22 53	15 16 15,5	-12 40 50	62,7870	
29 M	13 14	18 24	23 31	16 04 21,0	-15 27 14	63,1773	
30 M	14 07	19 11	** **	16 53 06,4	-17 32 57	63,3731	
31 J	14 58	19 59	0 12	17 42 39,8	-18 52 60	63,3684	

Luna llena	07 <sup>d</sup> 18 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	15 <sup>d</sup> 01 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>
Luna nueva	21 <sup>d</sup> 18 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>
Cuarto creciente	29 <sup>d</sup> 08 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup>

Apogeo	2 <sup>d</sup> 18 <sup>h</sup>
Perigeo	18 <sup>d</sup> 13 <sup>h</sup>
Apogeo	30 <sup>d</sup> 11 <sup>h</sup>

## LUNA Setiembre 2017

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU					
	Orto <i>h m</i>	Culm. <i>h m</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>			Declinación <i>° ' "</i>		
1 V	15 47	20 47	0 58	18 32	59,2	-19 23 22	63,1724		
2 S	16 31	21 36	1 48	19 23	53,6	-19 01 19	62,8081		
3 D	17 13	22 25	2 43	20 15	06,8	-17 45 57	62,3097		
4 L	17 51	23 14	3 41	21 06	22,5	-15 38 45	61,7196		
5 M	18 26	** **	4 42	21 57	29,4	-12 43 50	61,0835		
6 M	19 00	0 02	5 45	22 48	25,5	-09 08 07	60,4464		
7 J	19 33	0 51	6 49	23 39	19,3	-05 01 05	59,8474		
8 V	20 06	1 40	7 54	00 30	29,4	-00 34 33	59,3164		
9 S	20 41	2 29	9 01	01 22	21,8	+03 57 51	58,8722		
10 D	21 18	3 20	10 09	02 15	25,3	+08 21 04	58,5215		
11 L	21 59	4 13	11 16	03 10	05,2	+12 19 19	58,2635		
12 M	22 45	5 08	12 24	04 06	36,2	+15 36 50	58,0918		
13 M	23 37	6 05	13 28	05 04	53,7	+17 59 16	58,0006		
14 J	** **	7 03	14 29	06 04	29,0	+19 15 15	57,9872		
15 V	0 36	8 01	15 24	07 04	31,5	+19 18 27	58,0552		
16 S	1 39	8 59	16 13	08 04	00,7	+18 08 53	58,2128		
17 D	2 44	9 54	16 56	09 02	02,5	+15 53 05	58,4699		
18 L	3 51	10 47	17 34	09 58	02,4	+12 42 45	58,8335		
19 M	4 57	11 38	18 09	10 51	50,3	+08 52 43	59,3033		
20 M	6 02	12 26	18 42	11 43	36,4	+04 38 48	59,8673		
21 J	7 06	13 13	19 13	12 33	44,2	+00 16 07	60,5009		
22 V	8 07	13 59	19 44	13 22	43,5	-04 01 46	61,1677		
23 S	9 08	14 45	20 16	14 11	04,8	-08 03 18	61,8223		
24 D	10 06	15 31	20 50	14 59	15,9	-11 38 53	62,4164		
25 L	11 03	16 17	21 26	15 47	38,9	-14 40 42	62,9022		
26 M	11 58	17 04	22 06	16 36	29,3	-17 02 22	63,2383		
27 M	12 50	17 51	22 50	17 25	54,1	-18 38 51	63,3938		
28 J	13 40	18 39	23 38	18 15	52,9	-19 26 16	63,3499		
29 V	14 25	19 27	** **	19 06	18,5	-19 22 07	63,1036		
30 S	15 08	20 16	0 31	19 57	00,5	-18 25 17	62,6671		

Luna llena	06 <sup>d</sup> 07 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	13 <sup>d</sup> 06 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup>
Luna nueva	20 <sup>d</sup> 05 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>
Cuarto creciente	28 <sup>d</sup> 02 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup>

Perigeo	13 <sup>d</sup> 16 <sup>h</sup>
Apogeo	27 <sup>d</sup> 07 <sup>h</sup>

## LUNA Octubre 2017

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU					
	Orto <i>h m</i>	Culm. <i>h m</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>			Declinación <i>° ' "</i>		
1 D	15 47	21 04	1 27	20 47 48,8	-16 36 28	62,0688			
2 L	16 23	21 53	2 26	21 38 37,7	-13 58 20	61,3509			
3 M	16 57	22 41	3 28	22 29 28,7	-10 35 50	60,5672			
4 M	17 31	23 30	4 32	23 20 32,0	-06 36 30	59,7777			
5 J	18 04	** **	5 38	00 12 06,3	-02 10 40	59,0434			
6 V	18 39	0 21	6 46	01 04 35,9	+02 28 23	58,4188			
7 S	19 16	1 12	7 55	01 58 27,1	+07 04 46	57,9445			
8 D	19 56	2 06	9 05	02 54 01,6	+11 20 44	57,6434			
9 L	20 42	3 02	10 15	03 51 28,7	+14 58 05	57,5186			
10 M	21 33	4 00	11 22	04 50 36,9	+17 40 14	57,5554			
11 M	22 30	4 58	12 25	05 50 50,1	+19 14 35	57,7283			
12 J	23 31	5 57	13 21	06 51 12,0	+19 34 38	58,0060			
13 V	** **	6 54	14 12	07 50 40,5	+18 40 51	58,3597			
14 S	0 36	7 49	14 56	08 48 24,5	+16 40 05	58,7668			
15 D	1 41	8 42	15 34	09 43 55,6	+13 43 43	59,2129			
16 L	2 46	9 32	16 09	10 37 10,3	+10 05 27	59,6898			
17 M	3 50	10 20	16 42	11 28 24,4	+05 59 39	60,1938			
18 M	4 53	11 07	17 13	12 18 05,1	+01 40 15	60,7206			
19 J	5 55	11 53	17 43	13 06 44,4	-02 39 48	61,2617			
20 V	6 56	12 38	18 15	13 54 53,6	-06 48 43	61,8026			
21 S	7 55	13 24	18 48	14 42 59,8	-10 35 59	62,3200			
22 D	8 53	14 10	19 23	15 31 23,3	-13 52 32	62,7853			
23 L	9 49	14 57	20 01	16 20 16,3	-16 30 41	63,1641			
24 M	10 43	15 44	20 44	17 09 41,8	-18 24 24	63,4221			
25 M	11 33	16 32	21 30	17 59 34,7	-19 29 20	63,5268			
26 J	12 20	17 20	22 20	18 49 44,3	-19 42 52	63,4529			
27 V	13 03	18 07	23 14	19 39 57,9	-19 04 09	63,1857			
28 S	13 43	18 55	** **	20 30 05,5	-17 33 59	62,7239			
29 D	14 20	19 42	0 11	21 20 03,5	-15 14 44	62,0817			
30 L	14 54	20 30	1 11	22 09 57,5	-12 10 17	61,2903			
31 M	15 27	21 18	2 13	23 00 02,4	-08 26 16	60,3981			

Luna llena	05 <sup>d</sup> 18 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	12 <sup>d</sup> 12 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup>
Luna nueva	19 <sup>d</sup> 19 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup>
Cuarto creciente	27 <sup>d</sup> 22 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup>

Perigeo	9 <sup>d</sup> 06 <sup>h</sup>
Apogeo	25 <sup>d</sup> 03 <sup>h</sup>

## LUNA Noviembre 2017

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU					
	Orto <i>h m</i>	Culm. <i>h m</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>			Declinación <i>° ' "</i>		
1 M	16 00	22 08	3 17	23 50	42,7	-04 10 29	59,4677		
2 J	16 34	22 59	4 24	00 42	29,2	+00 26 29	58,5717		
3 V	17 10	23 52	5 33	01 35	55,9	+05 10 40	57,7855		
4 S	17 49	** **	6 45	02 31	32,8	+09 44 34	57,1768		
5 D	18 34	0 49	7 57	03 29	36,9	+13 48 04	56,7955		
6 L	19 24	1 47	9 08	04 30	00,1	+17 00 38	56,6660		
7 M	20 21	2 48	10 15	05 32	01,2	+19 04 53	56,7833		
8 M	21 22	3 49	11 16	06 34	28,6	+19 50 23	57,1168		
9 J	22 27	4 49	12 10	07 35	58,9	+19 15 52	57,6180		
10 V	23 33	5 46	12 57	08 35	21,8	+17 28 36	58,2311		
11 S	** **	6 39	13 37	09 31	58,3	+14 41 35	58,9022		
12 D	0 39	7 30	14 13	10 25	43,7	+11 10 08	59,5868		
13 L	1 43	8 18	14 45	11 16	58,7	+07 09 19	60,2529		
14 M	2 45	9 05	15 16	12 06	18,8	+02 52 53	60,8806		
15 M	3 47	9 50	15 46	12 54	24,2	-01 26 57	61,4597		
16 J	4 47	10 35	16 16	13 41	54,2	-05 39 10	61,9860		
17 V	5 46	11 20	16 48	14 29	22,6	-09 33 46	62,4570		
18 S	6 45	12 05	17 22	15 17	15,0	-13 01 29	62,8688		
19 D	7 42	12 52	17 59	16 05	47,1	-15 53 59	63,2127		
20 L	8 36	13 39	18 39	16 55	02,5	-18 04 06	63,4752		
21 M	9 28	14 27	19 24	17 44	53,7	-19 26 22	63,6368		
22 M	10 17	15 15	20 13	18 35	04,5	-19 57 15	63,6762		
23 J	11 01	16 02	21 05	19 25	14,7	-19 35 34	63,5711		
24 V	11 42	16 49	22 00	20 15	06,8	-18 22 14	63,3028		
25 S	12 19	17 36	22 57	21 04	31,0	-16 19 58	62,8602		
26 D	12 53	18 22	23 57	21 53	29,1	-13 32 56	62,2428		
27 L	13 25	19 09	** **	22 42	15,4	-10 06 23	61,4658		
28 M	13 57	19 56	0 59	23 31	15,9	-06 06 47	60,5604		
29 M	14 29	20 44	2 02	00 21	06,4	-01 42 13	59,5767		
30 J	15 03	21 36	3 09	01 12	29,1	+02 56 47	58,5823		

Luna llena	04 <sup>d</sup> 05 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	10 <sup>d</sup> 20 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup>
Luna nueva	18 <sup>d</sup> 11 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup>
Cuarto creciente	26 <sup>d</sup> 17 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup>

Perigeo	6 <sup>d</sup> 00 <sup>h</sup>
Apogeo	21 <sup>d</sup> 19 <sup>h</sup>

## LUNA Diciembre 2017

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU					
	Orto <i>h m</i>	Culm. <i>h m</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>			Declinación <i>° ' "</i>		
1 V	15 40	22 30	4 18	02 06 08,0	+07 36 15	57,6560			
2 S	16 21	23 28	5 30	03 02 39,8	+11 58 20	56,8818			
3 D	17 09	** **	6 43	04 02 20,9	+15 41 52	56,3348			
4 L	18 04	0 29	7 54	05 04 51,8	+18 25 04	56,0695			
5 M	19 05	1 32	9 01	06 09 07,1	+19 50 23	56,1089			
6 M	20 12	2 35	10 01	07 13 26,0	+19 49 26	56,4394			
7 J	21 20	3 36	10 53	08 16 03,5	+18 25 30	57,0159			
8 V	22 29	4 33	11 37	09 15 44,1	+15 51 31	57,7714			
9 S	23 35	5 26	12 15	10 11 58,7	+12 25 20	58,6306			
10 D	** **	6 16	12 49	11 04 58,1	+08 25 11	59,5216			
11 L	0 39	7 04	13 20	11 55 18,4	+04 07 11	60,3855			
12 M	1 41	7 49	13 50	12 43 46,3	-00 15 20	61,1778			
13 M	2 41	8 34	14 20	13 31 09,6	-04 31 23	61,8718			
14 J	3 40	9 18	14 51	14 18 11,4	-08 31 31	62,4544			
15 V	4 38	10 03	15 23	15 05 27,4	-12 07 15	62,9233			
16 S	5 35	10 49	15 59	15 53 22,2	-15 10 37	63,2821			
17 D	6 31	11 36	16 38	16 42 08,1	-17 34 21	63,5371			
18 L	7 24	12 23	17 21	17 31 43,1	-19 12 11	63,6926			
19 M	8 14	13 11	18 08	18 21 52,4	-19 59 32	63,7500			
20 M	9 00	13 59	18 59	19 12 12,7	-19 54 03	63,7050			
21 J	9 42	14 46	19 53	20 02 18,5	-18 55 57	63,5495			
22 V	10 20	15 33	20 50	20 51 50,0	-17 07 52	63,2720			
23 S	10 55	16 19	21 48	21 40 38,6	-14 34 21	62,8616			
24 D	11 27	17 04	22 47	22 28 50,0	-11 21 19	62,3113			
25 L	11 58	17 49	23 48	23 16 44,1	-07 35 32	61,6225			
26 M	12 29	18 36	** **	00 04 52,7	-03 24 36	60,8083			
27 M	13 00	19 24	0 51	00 53 57,8	+01 02 38	59,8983			
28 J	13 34	20 14	1 57	01 44 47,3	+05 35 25	58,9392			
29 V	14 11	21 09	3 05	02 38 10,0	+09 59 60	57,9954			
30 S	14 54	22 07	4 15	03 34 45,9	+13 59 06	57,1440			
31 D	15 44	23 08	5 27	04 34 51,2	+17 12 24	56,4664			

Luna llena	03 <sup>d</sup> 15 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	10 <sup>d</sup> 07 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup>
Luna nueva	18 <sup>d</sup> 06 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>
Cuarto creciente	26 <sup>d</sup> 09 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>

Perigeo	4 <sup>d</sup> 09 <sup>h</sup>
Apogeo	19 <sup>d</sup> 02 <sup>h</sup>

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

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

$\delta_{\parallel}$ (°)	Latitud, $\phi$										
	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<sup>h</sup> o +2<sup>h</sup> en la Península y Baleares, 0<sup>h</sup> o +1<sup>h</sup> 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 Teruel (latitud  $40^{\circ}5'$ ) el día 1 de febrero, en que su declinación media es de  $0^{\circ}$  y el horario oficial es el de invierno:

$$\begin{aligned}\text{orto} &= 9^{\text{h}}58^{\text{m}} - 10^{\text{m}} + (0^{\text{m}}) = 9^{\text{h}}48^{\text{m}} \text{ TU} = 10^{\text{h}}48^{\text{m}} \text{ TO} \\ \text{ocaso} &= 22^{\text{h}}30^{\text{m}} - 10^{\text{m}} - (0^{\text{m}}) = 22^{\text{h}}20^{\text{m}} \text{ TU} = 23^{\text{h}}20^{\text{m}} \text{ TO}\end{aligned}$$

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

En un lugar de longitud  $\lambda_E$  (positiva al Este de Greenwich):

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

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

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

## Paso de la Luna por el meridiano

Los pasos de la Luna por el meridiano (indicando el Sur) que figuran en las tablas mensuales se refieren al centro de la Luna (culminación) y el tiempo en Madrid. Para obtener el instante de paso del centro de la Luna por el meridiano en otro lugar, hay que corregir por la diferencia de longitudes y por el cambio de coordenadas de la Luna que haya tenido lugar entre dichos pasos por el meridiano. En una primera aproximación, si la longitud, expresada en *hms*, es  $\lambda_E$ , 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  $r_{\parallel}$  (expresada en radios terrestres), o bien del semidiámetro  $s_{\parallel}$  o de la paralaje  $\pi_{\parallel}$  (expresados en minutos de arco) mediante las expresiones:

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

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

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

$$s_{\text{q}} = 0,272493 \pi_{\text{q}}, \quad \sin \pi_{\text{q}} = \frac{1}{r_{\text{q}}(\text{en } \mathcal{R}_{\oplus})}$$

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

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

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

Se denomina paralaje ecuatorial horizontal  $\pi_0$  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  $s_0$  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  $180^\circ$  se denomina *luna llena* o *plenilunio* y cuando difieren en  $90^\circ$  o  $270^\circ$  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 2017

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	05 19 47	Ene	12 11 34	Ene	19 22 13
Ene	28 00 07	Feb	04 04 19	Feb	11 00 33	Feb	18 19 33
Feb	26 14 58	Mar	05 11 32	Mar	12 14 54	Mar	20 15 58
Mar	28 02 57	Abr	03 18 39	Abr	11 06 08	Abr	19 09 57
Abr	26 12 16	May	03 02 47	May	10 21 42	May	19 00 33
May	25 19 44	Jun	01 12 42	Jun	09 13 10	Jun	17 11 33
Jun	24 02 31	Jul	01 00 51	Jul	09 04 07	Jul	16 19 26
Jul	23 09 46	Jul	30 15 23	Ago	07 18 11	Ago	15 01 15
Ago	21 18 30	Ago	29 08 13	Set	06 07 03	Set	13 06 25
Set	20 05 30	Set	28 02 54	Oct	05 18 40	Oct	12 12 25
Oct	19 19 12	Oct	27 22 22	Nov	04 05 23	Nov	10 20 36
Nov	18 11 42	Nov	26 17 03	Dic	03 15 47	Dic	10 07 51
Dic	18 06 30	Dic	26 09 20				

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				Luna en el apogeo			
mes	fecha y hora		distancia km	mes	fecha y hora		distancia km
	día	h			día	h	
Ene	10	6	363 257	Ene	22	0	404 877
Feb	6	14	368 847	Feb	18	21	404 336
Mar	3	7	369 095	Mar	18	17	404 612
Mar	30	12	363 874	Abr	15	10	405 445
Abr	27	16	359 337	May	12	20	406 195
May	26	1	357 210	Jun	8	22	406 406
Jun	23	11	357 931	Jul	6	4	405 955
Jul	21	17	361 222	Ago	2	18	405 058
Ago	18	13	366 096	Ago	30	11	404 347
Set	13	16	369 823	Set	27	7	404 387
Oct	9	6	366 829	Oct	25	3	405 189
Nov	6	0	361 424	Nov	21	19	406 155
Dic	4	9	357 486	Dic	19	2	406 609

# 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:	$2,669 \cdot 10^{27} \text{ kg}$ $= 447 \mathcal{M}_{\oplus} = \mathcal{M}_{\odot}/745$
Número de satélites conocidos:	173
Masa total de los satélites:	$6,2 \cdot 10^{23} \text{ kg} = 0,10 \mathcal{M}_{\oplus}$
Coordenadas del polo norte del plano invariable del sistema solar:	$\alpha = 18^{\text{h}}15^{\text{m}}24^{\text{s}}, \delta = 66^{\circ}59'$ (época J2000.0)

### Unidades prácticas

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

La masa de la Tierra es:	$1 \mathcal{M}_{\oplus} = 5,9724 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
y la masa del Sol es:	$1 \mathcal{M}_{\odot} = 1,988547 \cdot 10^{30} \text{ kg} = 332946 \mathcal{M}_{\oplus}$
Const. gravitatoria geocén.:	$G\mathcal{M}_{\oplus} = 398\,600,4418 \text{ km}^3 \text{ s}^{-2}$
El radio de la Tierra es:	$1 \mathcal{R}_{\oplus} = 6378,1366 \text{ km}$ (ecuatorial)
La distancia Tierra-Sol es:	$1 \text{ ua} = 149\,597\,871 \text{ km} = 8,317 \text{ minutos luz}$
La velocidad de la luz es:	$c = 299\,792,458 \text{ km/s} = 173,145 \text{ ua/día}$
de donde se deduce que:	$1 \text{ ua/día} = 1731,457 \text{ km/s} = 6\,233\,245 \text{ km/h}$

La constante gravitatoria de Newton expresada en diversas unidades es:

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

## 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 86400 segundos.

Los elementos que caracterizan una órbita son:

- T** = instante de paso por el perihelio,
- a** = semieje mayor de la órbita,
- e** = excentricidad,
- $\omega$  = argumento del perihelio,
- $\Omega$  = 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:

$$q = a(1 - e) \text{ y } Q = a(1 + e)$$

El periodo de revolución, expresado en años, se calcula mediante:  $P = a^{3/2}$ . 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, $\Omega$	longitud del perihelio, $\omega$	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:  $\omega = \omega - \Omega$ .

**Distancias orbitales (J2000.0)**

Planeta	semieje mayor, $a$		excentri- cidad, $e$	distancias (ua)	
	ua	$10^6$ km		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	movimiento medio diario	velocidad orbital media	periodo sinódico
	$P$ (años)	$n$	$V$ (km/s)	medio (días)
Mercurio	0,240844	$4^{\circ}092377$	47,873	115,878
Venus	0,615183	$1^{\circ}602169$	35,021	583,921
Tierra	0,999979	$0^{\circ}985647$	29,786	
Marte	1,880711	$0^{\circ}524071$	24,131	779,936
Júpiter	11,856525	$0^{\circ}083129$	13,070	398,884
Saturno	29,423519	$0^{\circ}033498$	9,672	378,092
Urano	83,747407	$0^{\circ}011769$	6,835	369,656
Neptuno	163,723204	$0^{\circ}006020$	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**

Planeta	distancia a la Tierra ( $10^6$ km)		diámetro aparente desde la Tierra		diámetro medio del Sol visto
	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 <sup>d</sup> 15 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 5	0,0030	175,942	0°01
Venus	243 <sup>d</sup> 02 Retr.	0,0018	R 116,750	177°36
Tierra	23 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 04 <sup>s</sup> 099	0,4651	1,000	23°45
Marte	24 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> 663	0,2408	1,027	25°19
Júpiter	09 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup> 7	12,5720	0,414	3°13
Saturno	10 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> 4	10,0179	0,444	26°73
Urano	17 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 4 Retr.	2,5875	R 0,718	97°77
Neptuno	16 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup> 6	2,6829	0,671	28°32

**Parámetros de las coordenadas planetográficas**

Planeta	eje de rotación (J2000)		meridiano de referencia
	$\alpha_0$	$\delta_0$	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 <sub>1</sub> –0,48 senN

Siendo  $d = DJ - 2451545$  y  $T = d/36525$ . DJ es el día juliano.

En el caso de Neptuno:  $w_1 = 536,3128492 d$  y  $N = 357,85 + 52,316 T$ .

**Datos fotométricos**

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

La constante solar de la Tierra es:  $1361 \text{ W m}^{-2} = 1,95 \text{ cal min}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ .  
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

Planeta	Tamaño					
	radio ecuato. en $\mathcal{R}_{\oplus}$	diámetro ecuato. en km	diámetro polar en km	achata- miento, $f$	tamaño angular a 1 ua	volumen Tierra=1 ( $\approx 10^{12} \text{km}^3$ )
Mercurio	0,383	4 879,4	= ecuato.	$\sim 0$	6''73	0,0562
Venus	0,949	12 103,6	= ecuato.	$\sim 0$	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:  $f = 1 - D_{\text{polar}}/D_{\text{ecuato}}$ .

Planeta	Masa			
	masa, $M_{\text{P}}$ ( $M_{\oplus}$ )	densidad media ( $\text{g cm}^{-3}$ )	gravedad superf. ecu. ( $\text{m s}^{-2}$ )	constante gravit., $\text{GM}_{\text{P}}$ ( $10^{15} \text{m}^3 \text{s}^{-2}$ )
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

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

$J_2$  es el achatamiento dinámico del planeta,  $R_{\text{P}}$  y  $M_{\text{P}}$  son el radio ecuatorial y la masa del planeta respectivamente.

**Atmósfera**

Planeta	temperatura				presión (atm)	gases más abundantes (> 1%)
	superficial (°C)	nubes (°C)	equil. (°K)	efectiva (°K)		
Mercurio	-170 a 350		634	442,5	$\sim 10^{-15}$	O <sub>2</sub> , Na, H <sub>2</sub> , He
Venus	460	-33	464	231,7	92	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>
Tierra	15		394	254,3	1	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , (H <sub>2</sub> O)
Marte	-55		319	210,1	0,007	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , Ar
Júpiter		-144	173	110,0		H <sub>2</sub> , He
Saturno		-176	128	81,1		H <sub>2</sub> , He
Urano		-214	90	58,2		H <sub>2</sub> , He, CH <sub>4</sub>
Neptuno		-214	72	46,6		H <sub>2</sub> , He, CH <sub>4</sub>

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).

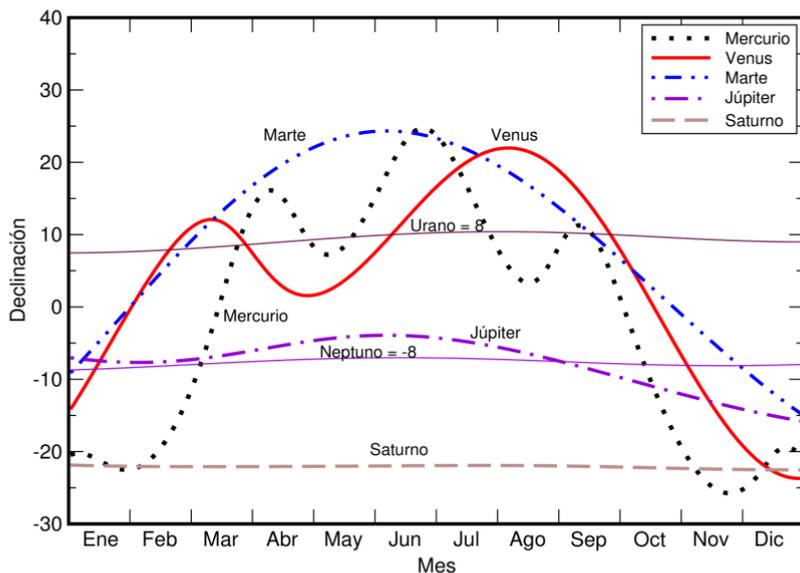
El momento dipolar magnético de la Tierra es:  $7,91 \cdot 10^{15}$  T m<sup>3</sup>.

**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.

2017



## 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<sup>h</sup> 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.

$\tau$  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:

$$D_{pol} = (1 - f)D_{ecu}$$

#### 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  $\approx 0,99$ .

**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 2017

Mes	día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			Distancia ua
		Orto <i>h m</i>	Culm. <i>h m</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>	Declinación <i>° ' "</i>		
Ene.	1	6 53	11 41	16 29	18 13 57	-20 21 13	0,6850	
	11	6 1	10 48	15 35	17 57 3	-20 45 49	0,8451	
	21	6 1	10 43	15 26	18 30 34	-22 9 6	1,0378	
Feb.	31	6 17	10 59	15 40	19 24 31	-22 23 33	1,1907	
	10	6 32	11 21	16 11	20 26 20	-20 42 2	1,2986	
Mar.	20	6 43	11 47	16 53	21 31 32	-16 49 48	1,3636	
	2	6 48	12 15	17 44	22 38 49	-10 43 6	1,3798	
Abr.	12	6 49	12 45	18 43	23 48 12	- 2 30 59	1,3238	
	22	6 46	13 14	19 43	0 56 39	+ 6 43 0	1,1564	
May.	1	6 33	13 25	20 19	1 49 4	+13 55 20	0,8988	
	11	6 2	13 0	19 59	2 5 42	+16 3 13	0,6740	
Jun.	21	5 18	12 3	18 48	1 48 50	+12 45 40	0,5719	
	1	4 39	11 9	17 39	1 32 51	+ 8 19 23	0,6014	
	11	4 12	10 40	17 8	1 42 2	+ 7 21 31	0,7156	
Jul.	21	3 56	10 34	17 13	2 14 36	+ 9 59 44	0,8728	
	31	3 51	10 47	17 44	3 5 55	+14 51 10	1,0508	
	10	4 0	11 19	18 39	4 16 27	+20 23 27	1,2220	
Ago.	20	4 35	12 10	19 47	5 46 22	+24 15 36	1,3207	
	30	5 31	13 5	20 38	7 20 28	+23 59 51	1,2884	
	10	6 28	13 44	20 59	8 39 40	+20 4 29	1,1694	
Set.	20	7 10	14 4	20 56	9 40 0	+14 29 19	1,0233	
	30	7 33	14 6	20 37	10 22 33	+ 8 48 42	0,8741	
	9	7 30	13 47	20 4	10 44 44	+ 4 29 6	0,7343	
Oct.	19	6 47	13 0	19 14	10 39 10	+ 3 31 12	0,6328	
	29	5 26	11 52	18 20	10 10 16	+ 7 15 13	0,6398	
	8	4 27	11 8	17 49	10 2 58	+11 6 17	0,8179	
Nov.	18	4 36	11 12	17 47	10 44 34	+ 9 29 0	1,0913	
	28	5 24	11 38	17 50	11 49 20	+ 3 9 14	1,3022	
	8	6 16	12 3	17 49	12 54 18	- 4 31 12	1,4038	
Dic.	18	7 3	12 25	17 46	13 55 59	-11 43 43	1,4253	
	28	7 47	12 46	17 45	14 56 21	-17 49 9	1,3884	
	7	8 26	13 7	17 48	15 56 48	-22 25 26	1,2992	
Ene.	17	8 57	13 27	17 56	16 55 57	-25 10 1	1,1544	
	27	9 7	13 34	18 2	17 44 28	-25 39 15	0,9508	
	7	8 24	12 59	17 34	17 51 37	-23 40 55	0,7337	
Feb.	17	6 40	11 29	16 19	17 1 21	-20 6 1	0,7012	
	27	5 53	10 44	15 35	16 52 24	-19 52 21	0,8913	

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<sup>h</sup> de TU. La distancia a la Tierra viene dada en unidades astronómicas:

$$1 \text{ ua} = 149\,597\,870\,700 \text{ m}$$



## VENUS 2017

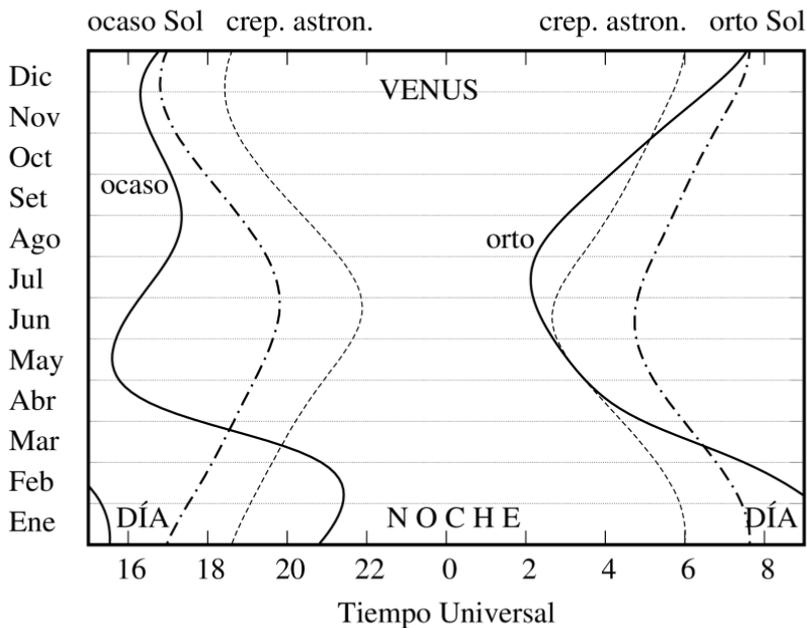
Mes	día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			Distancia ua
		Orto h m	Culm. h m	Ocaso h m	Asc. recta h m s	Declinación ° ' "		
Ene.	1	10 16	15 32	20 49	22 0 46	-13 41 51	0,7694	
	11	10 0	15 32	21 5	22 39 57	-9 9 12	0,6955	
	21	9 39	15 27	21 17	23 15 20	-4 24 22	0,6214	
Feb.	31	9 15	15 19	21 24	23 46 27	+0 18 26	0,5480	
	10	8 46	15 5	21 25	0 12 7	+4 43 19	0,4765	
Mar.	20	8 11	14 43	21 15	0 30 12	+8 30 9	0,4094	
	2	7 29	14 10	20 51	0 37 34	+11 10 54	0,3503	
Abr.	12	6 40	13 24	20 7	0 31 9	+12 4 31	0,3052	
	22	5 48	12 25	19 2	0 12 27	+10 35 11	0,2825	
May.	1	5 0	11 26	17 51	23 51 49	+7 15 33	0,2881	
	11	4 22	10 37	16 51	23 41 29	+3 54 26	0,3211	
Jun.	21	3 54	10 2	16 11	23 45 45	+1 56 32	0,3746	
	1	3 32	9 40	15 48	0 2 13	+1 37 48	0,4408	
Jul.	11	3 14	9 25	15 38	0 27 2	+2 40 31	0,5145	
	21	2 58	9 17	15 36	0 57 29	+4 42 10	0,5925	
Ago.	31	2 43	9 12	15 41	1 31 49	+7 21 51	0,6723	
	10	2 31	9 10	15 49	2 9 7	+10 21 19	0,7526	
Sep.	20	2 20	9 10	16 1	2 49 4	+13 24 53	0,8326	
	30	2 12	9 13	16 15	3 31 27	+16 17 56	0,9111	
Oct.	10	2 8	9 19	16 30	4 16 13	+18 46 50	0,9878	
	20	2 8	9 26	16 45	5 3 10	+20 39 21	1,0620	
Nov.	30	2 13	9 36	16 59	5 51 57	+21 44 52	1,1332	
	9	2 23	9 46	17 10	6 41 56	+21 55 28	1,2012	
Dic.	19	2 37	9 57	17 18	7 32 23	+21 7 3	1,2656	
	29	2 55	10 8	17 21	8 22 33	+19 19 44	1,3260	
Ene.	8	3 16	10 18	17 20	9 11 50	+16 37 42	1,3823	
	18	3 38	10 27	17 15	9 59 57	+13 8 20	1,4343	
Feb.	28	4 0	10 34	17 7	10 46 55	+9 1 16	1,4818	
	8	4 23	10 41	16 58	11 33 1	+4 27 29	1,5247	
Mar.	18	4 46	10 47	16 48	12 18 43	-0 21 32	1,5631	
	28	5 9	10 54	16 38	13 4 37	-5 13 45	1,5968	
Abr.	7	5 32	11 1	16 29	13 51 20	-9 56 35	1,6259	
	17	5 57	11 10	16 22	14 39 27	-14 17 11	1,6507	
May.	27	6 22	11 20	16 19	15 29 24	-18 2 14	1,6709	
	7	6 46	11 33	16 20	16 21 19	-20 58 36	1,6870	
Jun.	17	7 8	11 47	16 26	17 14 59	-22 54 38	1,6989	
	27	7 27	12 3	16 39	18 9 45	-23 41 40	1,7067	

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<sup>h</sup> de TU. La distancia a la Tierra viene dada en unidades astronómicas:

$$1 \text{ ua} = 149\,597\,870\,700 \text{ m}$$

**VENUS 2017**

Fecha	$\tau$ <i>min</i>	$D_{ecu}$ "	V	BS	a.fase °	fase	def.ilu. "	$L_P$ °	$B_P$ °	$P_{PN}$ °
Ene 1	6,40	21,69	-4,2	1,6	82,4	0,566	9,41	183,1	0,9	340,9
Ene 21	5,17	26,86	-4,4	1,7	94,1	0,464	14,38	233,2	-1,3	337,9
Feb 10	3,96	35,02	-4,5	1,8	109,6	0,332	23,39	279,5	-4,2	337,1
Mar 2	2,91	47,64	-4,5	1,7	133,0	0,159	40,06	317,4	-7,7	337,1
Mar 22	2,35	59,08	-4,0	0,1	165,9	0,015	58,20	341,1	-9,6	336,8
Abr 11	2,67	51,97	-4,3	1,4	144,8	0,091	47,22	1,0	-6,5	337,2
May 1	3,67	37,86	-4,4	1,8	117,5	0,269	27,67	34,5	-2,4	337,2
May 21	4,93	28,17	-4,3	1,7	99,6	0,416	16,44	78,0	0,1	337,7
Jun 10	6,26	22,17	-4,1	1,6	86,5	0,530	10,42	126,2	1,3	340,3
Jun 30	7,58	18,32	-4,0	1,5	75,8	0,623	6,91	176,7	1,6	345,6
Jul 20	8,83	15,71	-3,9	1,4	66,2	0,702	4,69	228,5	1,3	353,5
Ago 9	9,99	13,89	-3,9	1,3	57,3	0,770	3,20	281,2	0,7	3,0
Ago 29	11,03	12,59	-3,9	1,2	48,8	0,829	2,15	334,4	0,1	12,2
Set 18	11,93	11,64	-3,8	1,1	40,7	0,879	1,40	28,2	-0,3	19,1
Oct 8	12,68	10,95	-3,8	1,0	32,8	0,920	0,87	82,4	-0,4	22,5
Oct 28	13,28	10,45	-3,8	1,0	25,2	0,953	0,50	136,9	-0,3	22,2
Nov 17	13,73	10,11	-3,8	0,9	17,9	0,976	0,24	191,5	0,0	18,0
Dic 7	14,03	9,89	-3,8	0,9	10,9	0,991	0,09	246,3	0,5	10,3
Dic 27	14,19	9,78	-3,8	0,9	4,3	0,999	0,01	301,1	0,9	0,1



## MARTE 2017

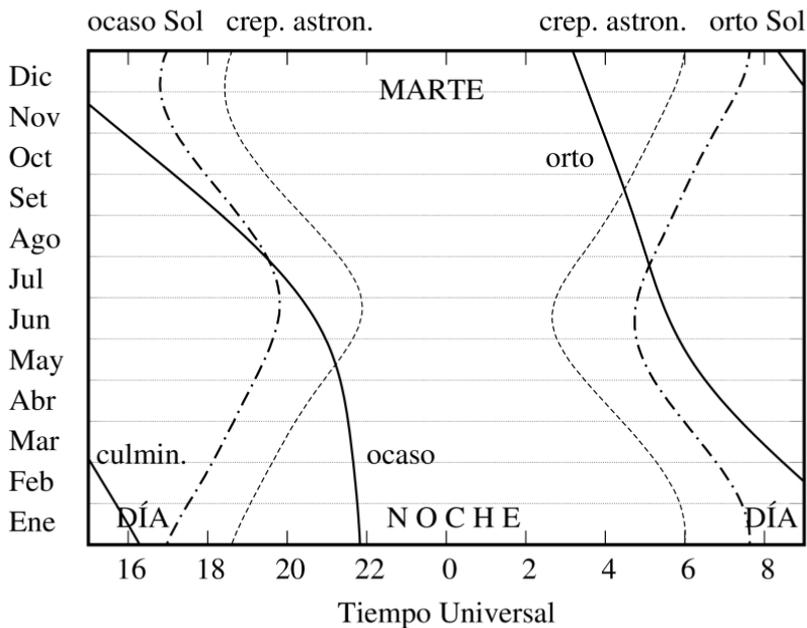
Mes	día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			Distancia ua
		Orto h m	Culm. h m	Ocaso h m	Asc. recta h m s	Declinación ° ' "		
Ene.	1	10 43	16 16	21 50	22 45 41	- 8 48 35	1,6405	
	11	10 21	16 5	21 49	23 13 31	- 5 45 31	1,7074	
	21	9 59	15 53	21 47	23 40 58	- 2 39 5	1,7748	
Feb.	31	9 36	15 41	21 46	0 8 11	+ 0 27 52	1,8425	
	10	9 13	15 28	21 44	0 35 16	+ 3 32 33	1,9098	
Mar.	20	8 50	15 16	21 42	1 2 20	+ 6 32 14	1,9766	
	2	8 28	15 4	21 40	1 29 30	+ 9 24 33	2,0426	
Abr.	12	8 6	14 52	21 37	1 56 52	+12 7 8	2,1071	
	22	7 45	14 40	21 35	2 24 30	+14 37 42	2,1699	
May.	1	7 25	14 28	21 32	2 52 29	+16 54 22	2,2307	
	11	7 6	14 17	21 29	3 20 49	+18 55 12	2,2888	
Jun.	21	6 49	14 7	21 25	3 49 29	+20 38 36	2,3440	
	1	6 32	13 56	21 20	4 18 28	+22 3 14	2,3959	
Jul.	11	6 17	13 46	21 15	4 47 40	+23 8 1	2,4440	
	21	6 4	13 36	21 8	5 16 59	+23 52 16	2,4882	
Ago.	31	5 52	13 26	20 59	5 46 19	+24 15 42	2,5279	
	10	5 42	13 16	20 49	6 15 30	+24 18 23	2,5628	
Sep.	20	5 33	13 5	20 37	6 44 23	+24 0 48	2,5928	
	30	5 25	12 54	20 23	7 12 54	+23 23 49	2,6174	
Oct.	10	5 17	12 43	20 8	7 40 53	+22 28 33	2,6364	
	20	5 10	12 31	19 51	8 8 18	+21 16 24	2,6497	
Nov.	30	5 4	12 18	19 32	8 35 7	+19 48 53	2,6569	
	9	4 57	12 5	19 12	9 1 18	+18 7 40	2,6578	
Dic.	19	4 51	11 51	18 50	9 26 52	+16 14 26	2,6524	
	29	4 44	11 36	18 28	9 51 52	+14 10 52	2,6403	
Ene.	8	4 37	11 21	18 5	10 16 21	+11 58 40	2,6217	
	18	4 30	11 6	17 41	10 40 24	+ 9 39 28	2,5964	
Feb.	28	4 23	10 50	17 17	11 4 6	+ 7 14 51	2,5643	
	8	4 16	10 34	16 53	11 27 31	+ 4 46 26	2,5256	
Mar.	18	4 8	10 18	16 28	11 50 46	+ 2 15 43	2,4804	
	28	4 0	10 2	16 3	12 13 56	- 0 15 46	2,4286	
Abr.	7	3 53	9 46	15 38	12 37 6	- 2 46 26	2,3707	
	17	3 45	9 30	15 14	13 0 21	- 5 14 53	2,3068	
May.	27	3 37	9 14	14 49	13 23 47	- 7 39 31	2,2372	
	7	3 30	8 58	14 26	13 47 26	- 9 58 47	2,1625	
Jun.	17	3 22	8 42	14 2	14 11 23	-12 11 13	2,0829	
	27	3 14	8 27	13 40	14 35 40	-14 15 17	1,9991	

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<sup>h</sup> de TU. La distancia a la Tierra viene dada en unidades astronómicas:

$$1 \text{ ua} = 149\,597\,870\,700 \text{ m}$$

MARTE 2017

Fecha	$\tau$ min	$D_{ecu}$ "	V	BS	a.fase °	fase	def.ilu. "	$L_P$ °	$B_P$ °	$P_{PN}$ °
Ene 1	13,64	5,71	0,9	4,3	36,6	0,901	0,56	201,4	-25,3	344,5
Ene 21	14,76	5,28	1,0	4,3	33,6	0,916	0,44	2,3	-26,4	335,9
Feb 10	15,88	4,90	1,2	4,3	30,4	0,931	0,34	163,4	-25,6	328,8
Mar 2	16,99	4,59	1,3	4,3	27,1	0,945	0,25	325,1	-22,9	323,9
Mar 22	18,05	4,32	1,4	4,3	23,6	0,958	0,18	127,9	-18,8	321,5
Abr 11	19,04	4,09	1,5	4,3	20,0	0,970	0,12	291,7	-13,7	321,7
May 1	19,93	3,91	1,6	4,3	16,4	0,980	0,08	96,5	-8,0	324,4
May 21	20,69	3,76	1,7	4,3	12,7	0,988	0,05	261,8	-2,1	329,1
Jun 10	21,31	3,66	1,7	4,2	9,0	0,994	0,02	67,5	3,9	335,2
Jun 30	21,77	3,58	1,7	4,2	5,2	0,998	0,01	233,3	9,6	342,4
Jul 20	22,04	3,54	1,7	4,2	1,5	1,000	0,00	38,8	14,7	350,3
Ago 9	22,10	3,52	1,7	4,2	2,6	0,999	0,00	204,0	19,1	358,4
Ago 29	21,96	3,55	1,8	4,3	6,4	0,997	0,01	8,8	22,5	6,6
Set 18	21,59	3,61	1,8	4,3	10,4	0,992	0,03	173,1	24,8	14,6
Oct 8	21,00	3,71	1,8	4,4	14,3	0,985	0,06	337,1	25,8	22,0
Oct 28	20,20	3,86	1,8	4,4	18,2	0,975	0,10	141,2	25,4	28,4
Nov 17	19,19	4,06	1,7	4,5	22,0	0,964	0,15	305,5	23,7	33,5
Dic 7	17,98	4,33	1,7	4,5	25,7	0,950	0,21	110,5	20,7	36,9
Dic 27	16,63	4,69	1,5	4,5	29,3	0,936	0,30	276,0	16,8	38,4



## JUPITER 2017

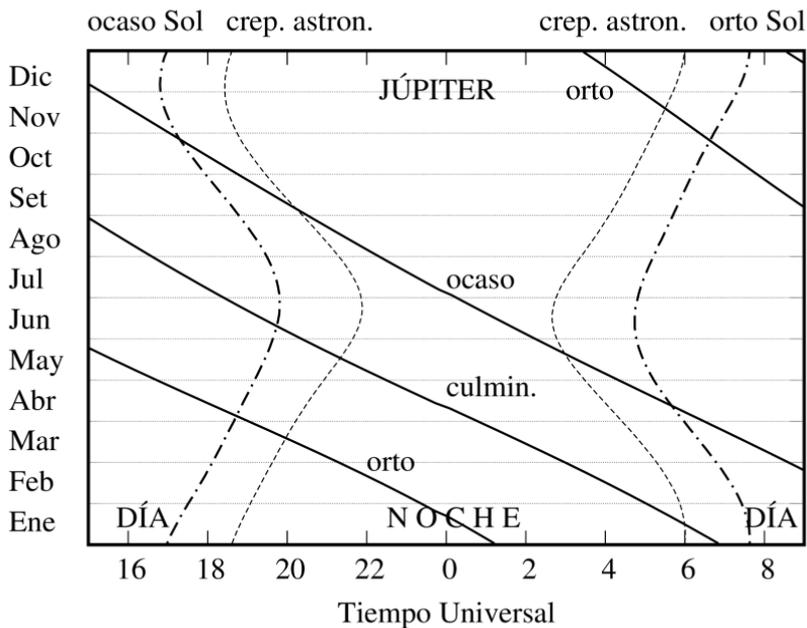
Mes	día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			Distancia ua
		Orto h m	Culm. h m	Ocaso h m	Asc. recta h m s	Declinación ° ' "		
Ene.	1	1 13	6 50	12 28	13 20 5	-7 3 36	5,5468	
	11	0 38	6 15	11 51	13 23 36	-7 22 12	5,3861	
	21	0 2	5 38	11 14	13 26 7	-7 34 27	5,2249	
Feb.	31	23 20	5 0	10 36	13 27 30	-7 39 59	5,0676	
	10	22 41	4 21	9 57	13 27 43	-7 38 34	4,9189	
Mar.	20	22 0	3 40	9 17	13 26 45	-7 30 17	4,7837	
	2	21 18	2 59	8 36	13 24 38	-7 15 28	4,6666	
Abr.	12	20 34	2 17	7 55	13 21 30	-6 54 54	4,5721	
	22	19 49	1 33	7 13	13 17 33	-6 29 46	4,5038	
May.	1	19 4	0 49	6 31	13 13 2	-6 1 40	4,4645	
	11	18 18	0 5	5 48	13 8 17	-5 32 33	4,4556	
Jun.	21	17 32	23 17	5 6	13 3 37	-5 4 28	4,4771	
	1	16 47	22 34	4 24	12 59 21	-4 39 20	4,5280	
Jul.	11	16 3	21 51	3 42	12 55 46	-4 18 53	4,6057	
	21	15 21	21 9	3 1	12 53 4	-4 4 20	4,7067	
Ago.	31	14 39	20 28	2 21	12 51 23	-3 56 29	4,8273	
	10	14 0	19 48	1 41	12 50 49	-3 55 40	4,9628	
Sep.	20	13 21	19 9	1 2	12 51 20	-4 1 51	5,1090	
	30	12 44	18 32	0 23	12 52 56	-4 14 46	5,2616	
Oct.	10	12 9	17 55	23 42	12 55 33	-4 33 54	5,4164	
	20	11 34	17 19	23 4	12 59 6	-4 58 38	5,5699	
Nov.	30	11 1	16 45	22 28	13 3 31	-5 28 22	5,7185	
	9	10 29	16 10	21 52	13 8 41	-6 2 21	5,8591	
Dic.	19	9 58	15 37	21 16	13 14 32	-6 39 55	5,9891	
	29	9 27	15 4	20 41	13 20 58	-7 20 25	6,1060	
Ene.	8	8 57	14 32	20 6	13 27 54	-8 3 10	6,2076	
	18	8 28	14 0	19 32	13 35 17	-8 47 31	6,2923	
Feb.	28	7 59	13 28	18 57	13 43 1	-9 32 55	6,3583	
	8	7 30	12 57	18 23	13 51 1	-10 18 43	6,4046	
Mar.	18	7 2	12 26	17 50	13 59 15	-11 4 24	6,4302	
	28	6 33	11 55	17 16	14 7 36	-11 49 25	6,4343	
Abr.	7	6 5	11 24	16 42	14 16 0	-12 33 14	6,4169	
	17	5 37	10 53	16 9	14 24 22	-13 15 24	6,3781	
May.	27	5 8	10 22	15 35	14 32 37	-13 55 26	6,3180	
	7	4 39	9 50	15 2	14 40 39	-14 32 55	6,2379	
Jun.	17	4 9	9 19	14 28	14 48 22	-15 7 29	6,1387	
	27	3 39	8 47	13 54	14 55 40	-15 38 45	6,0222	

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<sup>h</sup> de TU. La distancia a la Tierra viene dada en unidades astronómicas:

$$1 \text{ ua} = 149\,597\,870\,700 \text{ m}$$

**JUPITER 2017**

Fecha	$\tau$ <i>min</i>	$D_{ecu}$ "	V	BS	a.fase °	def.ilu. "	$L_P$ °	$B_P$ °	$P_{PN}$ °
Ene 1	46,13	35,54	-1,8	5,6	10,2	0,28	72,3	-3,2	23,6
Ene 21	43,45	37,73	-1,9	5,6	10,3	0,30	203,1	-3,3	23,3
Feb 10	40,91	40,08	-2,1	5,6	9,2	0,26	334,9	-3,5	23,2
Mar 2	38,81	42,25	-2,2	5,6	6,8	0,15	107,8	-3,5	23,4
Mar 22	37,46	43,77	-2,3	5,6	3,4	0,04	241,3	-3,5	23,7
Abr 11	37,06	44,25	-2,3	5,6	0,7	0,00	14,7	-3,4	24,1
May 1	37,66	43,54	-2,3	5,6	4,5	0,07	147,5	-3,3	24,4
May 21	39,14	41,89	-2,2	5,6	7,7	0,19	279,0	-3,2	24,6
Jun 10	41,27	39,72	-2,0	5,6	9,8	0,29	49,0	-3,1	24,7
Jun 30	43,76	37,47	-1,9	5,6	10,7	0,33	177,6	-3,0	24,6
Jul 20	46,32	35,39	-1,8	5,6	10,5	0,30	305,1	-3,0	24,4
Ago 9	48,73	33,65	-1,7	5,6	9,4	0,23	71,8	-3,0	24,0
Ago 29	50,78	32,29	-1,6	5,6	7,6	0,14	197,9	-3,0	23,5
Set 18	52,33	31,33	-1,5	5,6	5,3	0,07	323,9	-3,1	22,9
Oct 8	53,27	30,78	-1,5	5,6	2,6	0,02	89,9	-3,2	22,0
Oct 28	53,51	30,64	-1,5	5,6	0,3	0,00	216,2	-3,3	21,0
Nov 17	53,04	30,91	-1,5	5,6	3,0	0,02	342,8	-3,4	19,9
Dic 7	51,88	31,60	-1,6	5,6	5,6	0,08	110,1	-3,5	18,7
Dic 27	50,08	32,74	-1,6	5,6	7,9	0,16	238,1	-3,6	17,5



## SATURNO 2017

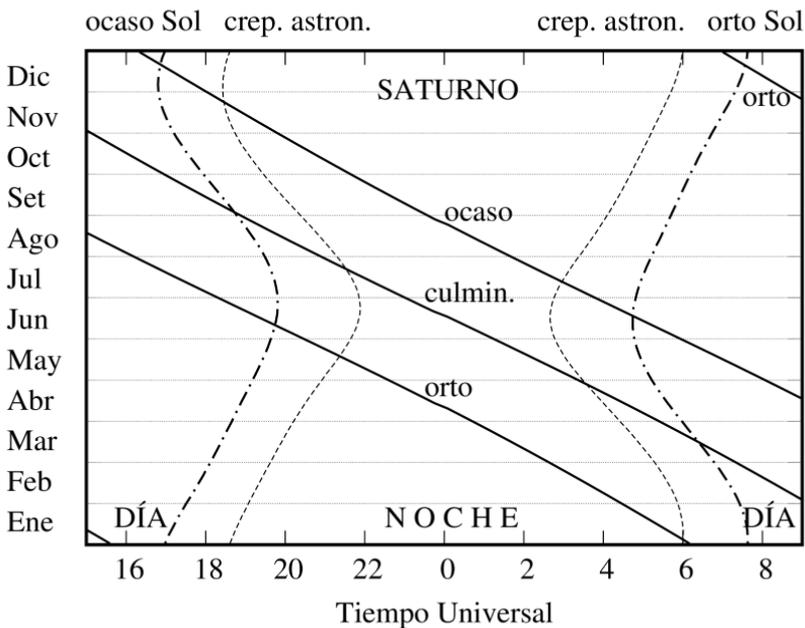
Mes	día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			Distancia ua
		Orto h m	Culm. h m	Ocaso h m	Asc. recta h m s	Declinación ° ' "		
Ene.	1	6 10	10 53	15 35	17 22 47	-21 52 25	10,9701	
	11	5 36	10 18	15 1	17 27 35	-21 56 34	10,9022	
	21	5 1	9 43	14 26	17 32 7	-21 59 49	10,8111	
	31	4 26	9 8	13 50	17 36 19	-22 2 14	10,6990	
Feb.	10	3 51	8 33	13 14	17 40 6	-22 3 54	10,5685	
	20	3 15	7 56	12 38	17 43 23	-22 4 54	10,4231	
Mar.	2	2 38	7 20	12 2	17 46 7	-22 5 21	10,2662	
	12	2 1	6 43	11 24	17 48 13	-22 5 23	10,1022	
	22	1 23	6 5	10 47	17 49 39	-22 5 7	9,9355	
Abr.	1	0 44	5 26	10 8	17 50 23	-22 4 38	9,7707	
	11	0 5	4 47	9 29	17 50 24	-22 4 0	9,6128	
	21	23 21	4 7	8 49	17 49 43	-22 3 18	9,4662	
May.	1	22 40	3 26	8 8	17 48 22	-22 2 31	9,3356	
	11	21 59	2 45	7 27	17 46 24	-22 1 40	9,2253	
	21	21 17	2 3	6 45	17 43 57	-22 0 45	9,1386	
	31	20 35	1 21	6 3	17 41 6	-21 59 45	9,0786	
Jun.	10	19 52	0 38	5 21	17 38 1	-21 58 42	9,0473	
	20	19 10	23 52	4 38	17 34 51	-21 57 38	9,0456	
	30	18 27	23 9	3 56	17 31 44	-21 56 38	9,0736	
Jul.	10	17 45	22 27	3 14	17 28 52	-21 55 50	9,1302	
	20	17 3	21 45	2 32	17 26 21	-21 55 20	9,2134	
	30	16 22	21 4	1 51	17 24 20	-21 55 17	9,3205	
Ago.	9	15 41	20 23	1 10	17 22 54	-21 55 47	9,4479	
	19	15 1	19 43	0 30	17 22 6	-21 56 54	9,5915	
	29	14 22	19 4	23 46	17 21 59	-21 58 40	9,7472	
Set.	8	13 43	18 25	23 7	17 22 34	-22 1 4	9,9101	
	18	13 5	17 47	22 29	17 23 50	-22 4 1	10,0759	
	28	12 28	17 10	21 52	17 25 47	-22 7 24	10,2401	
Oct.	8	11 52	16 33	21 15	17 28 20	-22 11 6	10,3981	
	18	11 16	15 57	20 38	17 31 28	-22 14 55	10,5461	
	28	10 41	15 21	20 2	17 35 6	-22 18 41	10,6803	
Nov.	7	10 6	14 46	19 27	17 39 10	-22 22 14	10,7974	
	17	9 31	14 11	18 52	17 43 37	-22 25 24	10,8945	
	27	8 56	13 37	18 17	17 48 21	-22 28 3	10,9693	
Dic.	7	8 22	13 2	17 43	17 53 17	-22 30 2	11,0199	
	17	7 48	12 28	17 8	17 58 21	-22 31 20	11,0453	
	27	7 14	11 54	16 34	18 3 28	-22 31 52	11,0445	

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<sup>h</sup> de TU. La distancia a la Tierra viene dada en unidades astronómicas:

$$1 \text{ ua} = 149\,597\,870\,700 \text{ m}$$

**SATURNO 2017**

Fecha	$\tau$ min	$D_{ecu}$ "	V	BS	a.fase °	def.ilu. "	$L_P$ °	$B_P$ °	$P_{PN}$ °
Ene 1	91,24	15,15	0,5	6,9	1,9	0,00	61,0	31,8	4,5
Ene 21	89,91	15,37	0,5	7,0	3,4	0,01	75,2	31,7	4,8
Feb 10	87,90	15,73	0,5	7,1	4,7	0,03	90,2	31,6	4,9
Mar 2	85,38	16,19	0,5	7,1	5,5	0,04	105,9	31,5	5,1
Mar 22	82,63	16,73	0,5	7,1	5,7	0,04	122,4	31,4	5,1
Abr 11	79,95	17,29	0,4	7,1	5,2	0,04	139,6	31,4	5,2
May 1	77,64	17,80	0,3	7,0	4,2	0,02	157,3	31,4	5,1
May 21	76,00	18,19	0,1	7,0	2,5	0,01	175,3	31,5	5,0
Jun 10	75,24	18,37	0,0	6,9	0,6	0,00	193,1	31,6	4,9
Jun 30	75,46	18,32	0,1	6,9	1,5	0,00	210,5	31,7	4,7
Jul 20	76,63	18,04	0,2	7,0	3,3	0,02	227,1	31,8	4,6
Ago 9	78,58	17,59	0,3	7,1	4,7	0,03	242,8	31,8	4,5
Ago 29	81,06	17,05	0,4	7,1	5,6	0,04	257,5	31,9	4,5
Set 18	83,80	16,49	0,5	7,1	5,7	0,04	271,4	32,0	4,6
Oct 8	86,48	15,98	0,5	7,1	5,3	0,03	284,6	32,0	4,7
Oct 28	88,83	15,56	0,5	7,0	4,3	0,02	297,4	32,0	4,8
Nov 17	90,61	15,25	0,5	7,0	2,9	0,01	310,0	31,9	5,0
Dic 7	91,65	15,08	0,5	6,9	1,3	0,00	322,8	31,8	5,2
Dic 27	91,85	15,05	0,5	6,9	0,5	0,00	335,9	31,6	5,4



## URANO 2017

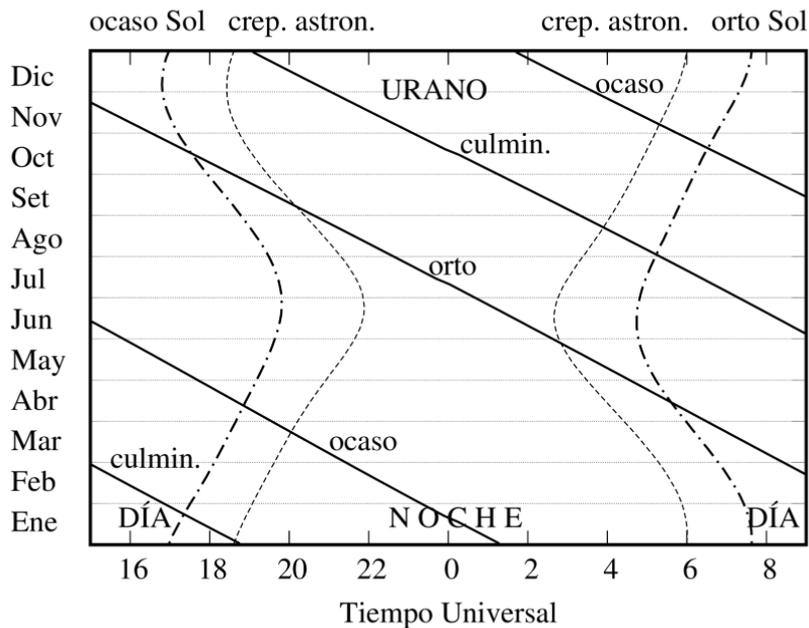
Mes	día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			Distancia ua
		Orto h m	Culm. h m	Ocaso h m	Asc. recta h m s	Declinación ° ' "		
Ene.	1	12 18	18 45	1 17	1 16 52	+ 7 28 9	19,7496	
	11	11 38	18 6	0 38	1 17 6	+ 7 29 59	19,9208	
	21	10 59	17 27	23 55	1 17 40	+ 7 33 44	20,0918	
	31	10 21	16 49	23 17	1 18 32	+ 7 39 19	20,2576	
Feb.	10	9 42	16 11	22 40	1 19 41	+ 7 46 36	20,4132	
	20	9 4	15 33	22 2	1 21 6	+ 7 55 22	20,5543	
Mar.	2	8 25	14 55	21 25	1 22 44	+ 8 5 25	20,6771	
	12	7 47	14 18	20 48	1 24 34	+ 8 16 30	20,7783	
	22	7 9	13 40	20 12	1 26 32	+ 8 28 21	20,8554	
Abr.	1	6 31	13 3	19 35	1 28 36	+ 8 40 44	20,9067	
	11	5 53	12 26	18 59	1 30 45	+ 8 53 21	20,9310	
	21	5 15	11 49	18 22	1 32 54	+ 9 5 58	20,9280	
May.	1	4 37	11 12	17 46	1 35 2	+ 9 18 20	20,8979	
	11	4 0	10 34	17 9	1 37 6	+ 9 30 12	20,8416	
	21	3 21	9 57	16 32	1 39 3	+ 9 41 21	20,7607	
	31	2 43	9 19	15 56	1 40 51	+ 9 51 34	20,6573	
Jun.	10	2 5	8 42	15 18	1 42 29	+10 0 39	20,5340	
	20	1 27	8 4	14 41	1 43 53	+10 8 26	20,3941	
	30	0 48	7 26	14 3	1 45 3	+10 14 47	20,2409	
Jul.	10	0 9	6 47	13 25	1 45 56	+10 19 33	20,0785	
	20	23 27	6 8	12 46	1 46 32	+10 22 40	19,9112	
	30	22 48	5 29	12 7	1 46 50	+10 24 3	19,7433	
Ago.	9	22 8	4 50	11 28	1 46 49	+10 23 42	19,5797	
	19	21 29	4 10	10 48	1 46 29	+10 21 39	19,4250	
	29	20 49	3 30	10 8	1 45 52	+10 17 58	19,2837	
Set.	8	20 9	2 50	9 28	1 44 59	+10 12 47	19,1603	
	18	19 29	2 10	8 47	1 43 51	+10 6 18	19,0586	
	28	18 49	1 29	8 6	1 42 32	+ 9 58 45	18,9822	
Oct.	8	18 9	0 48	7 24	1 41 5	+ 9 50 28	18,9337	
	18	17 28	0 8	6 43	1 39 33	+ 9 41 46	18,9148	
	28	16 48	23 23	6 2	1 38 1	+ 9 33 1	18,9267	
Nov.	7	16 8	22 42	5 20	1 36 32	+ 9 24 37	18,9689	
	17	15 27	22 1	4 39	1 35 10	+ 9 16 56	19,0402	
	27	14 47	21 21	3 58	1 33 58	+ 9 10 19	19,1385	
Dic.	7	14 7	20 40	3 18	1 33 1	+ 9 5 3	19,2604	
	17	13 27	20 1	2 38	1 32 20	+ 9 1 24	19,4020	
	27	12 48	19 21	1 58	1 31 57	+ 8 59 32	19,5587	

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<sup>h</sup> de TU. La distancia a la Tierra viene dada en unidades astronómicas:

$$1 \text{ ua} = 149\,597\,870\,700 \text{ m}$$

URANO 2017

Fecha	$\tau$ <i>min</i>	$D_{ecu}$ "	V	a.fase °	$L_P$ °	$B_P$ °	$P_{PN}$ °
Ene 1	164,25	3,57	5,8	2,8	32,2	33,7	256,7
Ene 21	167,10	3,51	5,8	2,8	334,5	33,9	256,8
Feb 10	169,77	3,45	5,9	2,5	276,8	34,4	256,9
Mar 2	171,97	3,41	5,9	1,9	219,4	35,2	257,1
Mar 22	173,45	3,38	5,9	1,1	162,3	36,2	257,3
Abr 11	174,08	3,37	5,9	0,2	105,5	37,4	257,6
May 1	173,80	3,37	5,9	0,8	49,1	38,5	257,9
May 21	172,66	3,39	5,9	1,6	352,9	39,6	258,2
Jun 10	170,78	3,43	5,9	2,3	296,9	40,5	258,5
Jun 30	168,34	3,48	5,8	2,8	241,1	41,1	258,7
Jul 20	165,60	3,54	5,8	2,9	185,3	41,5	258,8
Ago 9	162,84	3,60	5,8	2,8	129,5	41,6	258,8
Ago 29	160,38	3,65	5,7	2,3	73,5	41,3	258,7
Set 18	158,51	3,70	5,7	1,6	17,2	40,8	258,6
Oct 8	157,47	3,72	5,7	0,6	320,6	40,1	258,4
Oct 28	157,41	3,72	5,7	0,4	263,7	39,3	258,1
Nov 17	158,35	3,70	5,7	1,4	206,4	38,5	257,9
Dic 7	160,18	3,66	5,7	2,2	148,9	38,0	257,8
Dic 27	162,66	3,60	5,8	2,7	91,2	37,7	257,7



## NEPTUNO 2017

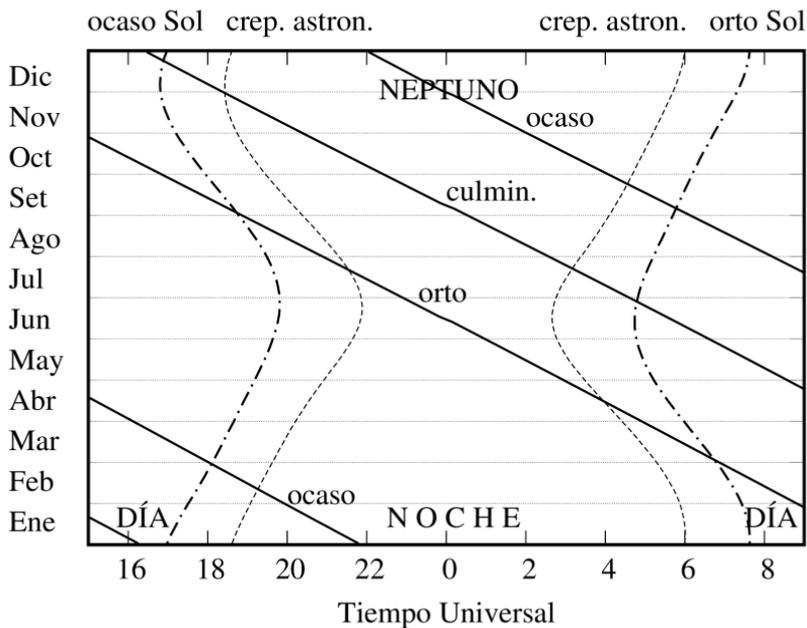
Mes	día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			Distancia ua
		Orto h m	Culm. h m	Ocaso h m	Asc. recta h m s	Declinación ° ' "		
Ene.	1	10 43	16 15	21 47	22 46 26	- 8 42 31	30,4465	
	11	10 4	15 37	21 9	22 47 22	- 8 36 41	30,5868	
	21	9 26	14 59	20 32	22 48 28	- 8 29 58	30,7078	
Feb.	31	8 47	14 21	19 54	22 49 41	- 8 22 29	30,8062	
	10	8 9	13 43	19 16	22 51 0	- 8 14 27	30,8789	
Mar.	20	7 30	13 5	18 39	22 52 23	- 8 6 3	30,9244	
	2	6 52	12 27	18 2	22 53 47	- 7 57 28	30,9414	
Abr.	12	6 13	11 49	17 24	22 55 12	- 7 48 54	30,9296	
	22	5 35	11 11	16 47	22 56 35	- 7 40 33	30,8897	
May.	1	4 57	10 33	16 9	22 57 55	- 7 32 37	30,8228	
	11	4 18	9 55	15 31	22 59 9	- 7 25 17	30,7310	
	21	3 39	9 17	14 54	23 0 16	- 7 18 41	30,6171	
Jun.	1	3 1	8 38	14 16	23 1 14	- 7 13 0	30,4841	
	11	2 22	8 0	13 37	23 2 3	- 7 8 20	30,3358	
	21	1 43	7 21	12 59	23 2 41	- 7 4 48	30,1764	
	31	1 4	6 42	12 20	23 3 7	- 7 2 29	30,0101	
Jul.	10	0 25	6 3	11 41	23 3 22	- 7 1 24	29,8417	
	20	23 42	5 24	11 2	23 3 24	- 7 1 35	29,6758	
	30	23 2	4 44	10 22	23 3 15	- 7 3 0	29,5170	
Ago.	10	22 23	4 5	9 42	23 2 54	- 7 5 35	29,3700	
	20	21 43	3 25	9 2	23 2 22	- 7 9 15	29,2390	
	30	21 3	2 45	8 22	23 1 41	- 7 13 51	29,1279	
Sep.	9	20 24	2 5	7 42	23 0 52	- 7 19 13	29,0402	
	19	19 44	1 24	7 1	22 59 56	- 7 25 10	28,9784	
	29	19 4	0 44	6 20	22 58 57	- 7 31 28	28,9448	
Oct.	8	18 24 *	0 4	5 40	22 57 56	- 7 37 53	28,9406	
	18	17 44	23 19	4 59	22 56 55	- 7 44 10	28,9659	
	28	17 4	22 39	4 18	22 55 57	- 7 50 6	29,0204	
Nov.	8	16 24	21 59	3 38	22 55 5	- 7 55 25	29,1025	
	18	15 44	21 19	2 57	22 54 19	- 7 59 57	29,2097	
	28	15 5	20 39	2 17	22 53 43	- 8 3 29	29,3391	
Dic.	7	14 25	19 59	1 37	22 53 17	- 8 5 54	29,4864	
	17	13 45	19 20	0 58	22 53 4	- 8 7 4	29,6473	
	27	13 6	18 40	0 19	22 53 2	- 8 6 57	29,8169	
Dic.	7	12 27	18 1	23 36	22 53 14	- 8 5 30	29,9898	
	17	11 48	17 22	22 57	22 53 39	- 8 2 46	30,1610	
	27	11 9	16 44	22 18	22 54 16	- 7 58 47	30,3251	

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:

$$1 \text{ ua} = 149\,597\,870\,700 \text{ m}$$

NEPTUNO 2017

Fecha	$\tau$ <i>min</i>	$D_{ecu}$ "	V	a.fase °	$L_P$ °	$B_P$ °	$P_{PN}$ °
Ene 1	253,22	2,24	7,9	1,6	256,8	-26,5	327,1
Ene 21	255,39	2,22	7,9	1,2	181,7	-26,4	326,8
Feb 10	256,81	2,21	8,0	0,6	106,7	-26,3	326,3
Mar 2	257,33	2,21	8,0	0,0	31,9	-26,1	325,9
Mar 22	256,90	2,21	8,0	0,6	317,6	-25,9	325,5
Abr 11	255,58	2,22	8,0	1,2	243,6	-25,8	325,1
May 1	253,53	2,24	7,9	1,6	170,0	-25,6	324,7
May 21	250,97	2,26	7,9	1,9	96,8	-25,6	324,5
Jun 10	248,19	2,29	7,9	1,9	23,9	-25,5	324,4
Jun 30	245,49	2,31	7,9	1,8	311,2	-25,5	324,4
Jul 20	243,17	2,34	7,8	1,4	238,6	-25,5	324,6
Ago 9	241,52	2,35	7,8	0,9	165,9	-25,6	324,8
Ago 29	240,73	2,36	7,8	0,2	93,0	-25,7	325,1
Set 18	240,90	2,36	7,8	0,4	19,8	-25,8	325,4
Oct 8	242,04	2,35	7,8	1,0	306,2	-25,9	325,7
Oct 28	244,01	2,33	7,8	1,5	232,1	-26,0	325,9
Nov 17	246,57	2,30	7,9	1,8	157,6	-26,1	326,0
Dic 7	249,42	2,28	7,9	1,9	82,7	-26,1	326,0
Dic 27	252,21	2,25	7,9	1,7	7,6	-26,0	325,9



## 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 2<sup>do</sup> 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  $\lambda$  es:

$$\text{orto} = \text{orto en Madrid} - 15^m - \lambda + \text{corrección por latitud}$$

$$\text{ocaso} = \text{ocaso en Madrid} - 15^m - \lambda - \text{corrección por latitud}$$

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**

$\delta$ (°)	Latitud, $\phi$											
	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  $\lambda_E$ :

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

## Fórmulas

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

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

Distancia al Sol :

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

Velocidad de traslación:

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

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  $\varpi$  para el año en curso vienen dados en la tabla siguiente:

Planeta	Longitud media L	Longitud del perihelio $\varpi$
Mercurio	101°58 + 4°09234 <i>d</i>	77°483
Venus	49°61 + 1°60213 <i>d</i>	131°476
Tierra+Luna	100°11 + 0°98561 <i>d</i>	102°953
Marte	9°17 + 0°52403 <i>d</i>	336°158
Júpiter	190°30 + 0°08311 <i>d</i>	14°234
Saturno	257°64 + 0°03347 <i>d</i>	94°009 - 0°00110 <i>d</i>
Urano	26°08 + 0°01151 <i>d</i>	172°922 + 0°00184 <i>d</i>
Neptuno	341°85 + 0°00578 <i>d</i>	52°610 - 0°03351 <i>d</i>

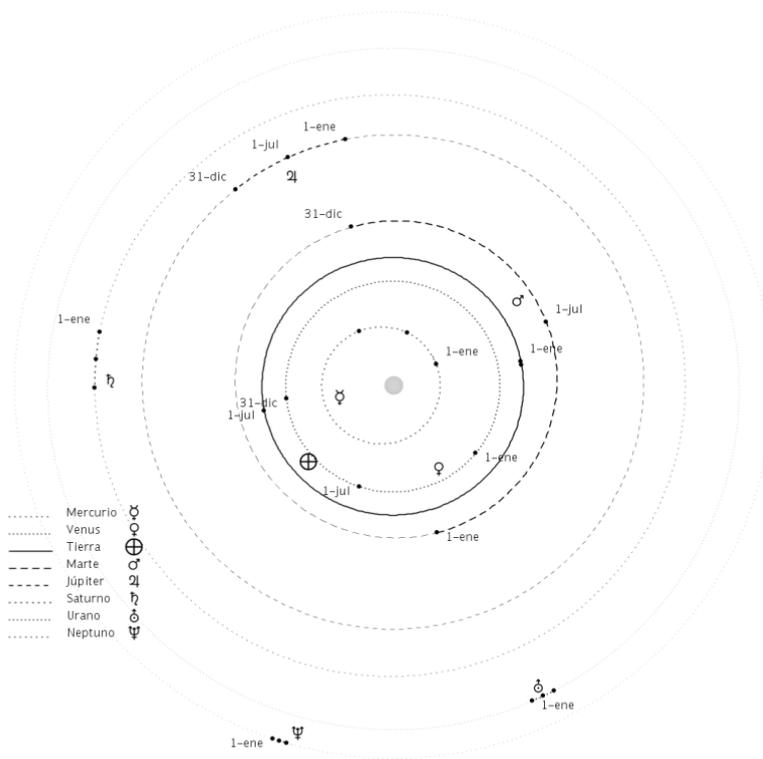
donde *d* es el día del año.

Diámetro aparente: (tamaño angular a 1 ua) / (distancia a la Tierra)

Paralaje ecuatorial horizontal: 8",794 / (distancia a la Tierra)

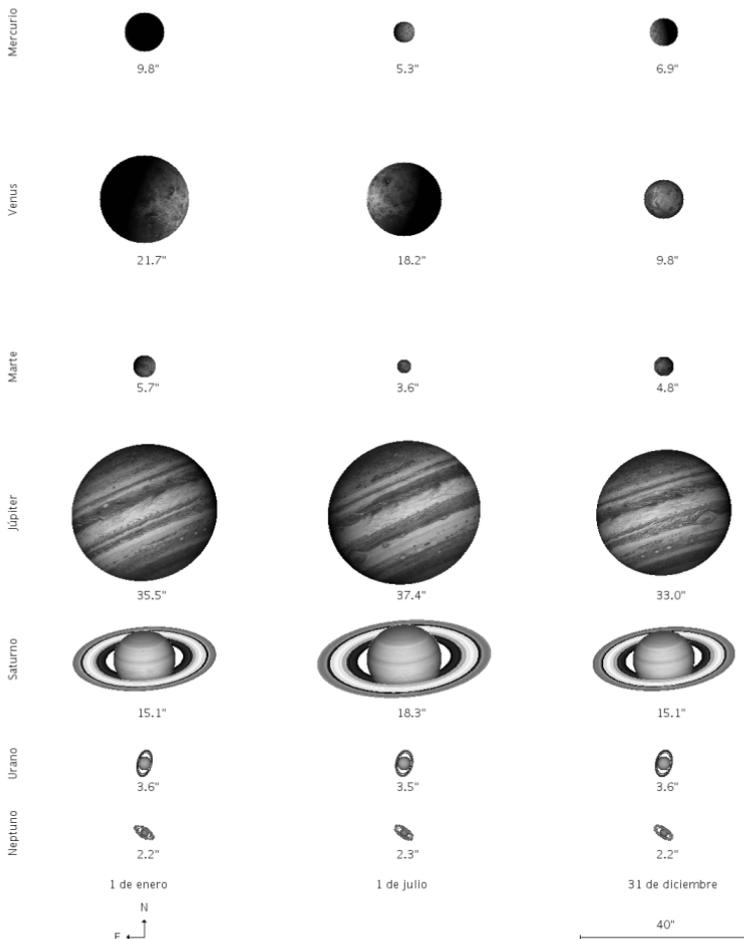
## Posición heliocéntrica de los planetas

Vista de las trayectorias heliocéntricas de los planetas a lo largo del año desde una longitud de  $0^\circ$ . Las distancias de los planetas al Sol se muestran en escala logarítmica.



## Orientaciones y tamaños de los planetas

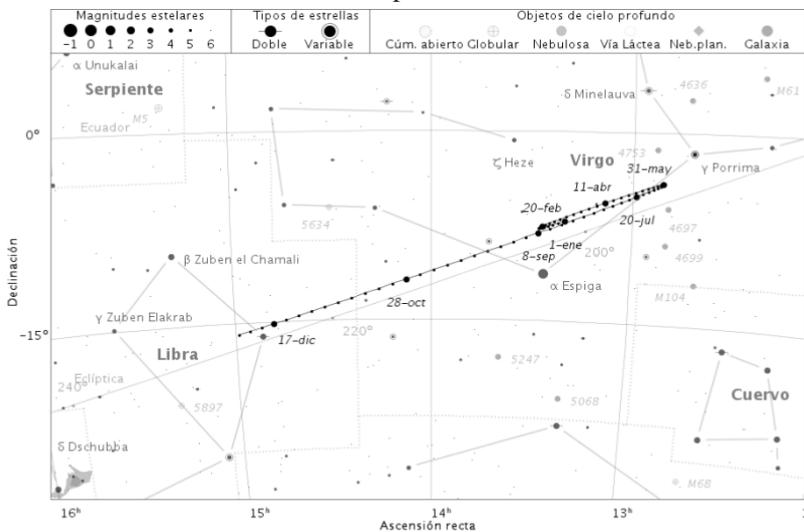
Aspecto aparente de los planetas los días 1 de enero, 1 de julio y 31 de diciembre, a las cero horas de Tiempo Universal. Las figuras están dibujadas a escala y orientadas con el Norte hacia arriba y el Este a la izquierda. Los valores que aparecen debajo de cada figura corresponden a los diámetros ecuatoriales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



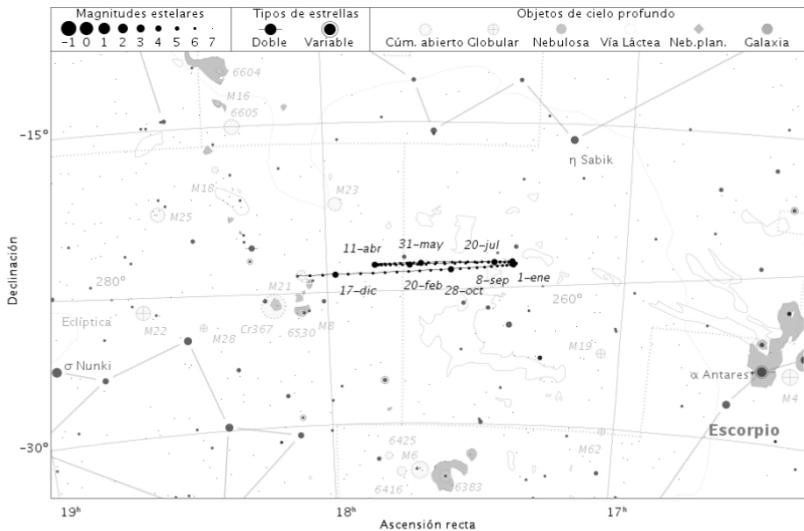
## Trayectorias de los planetas a lo largo del año

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

### Júpiter

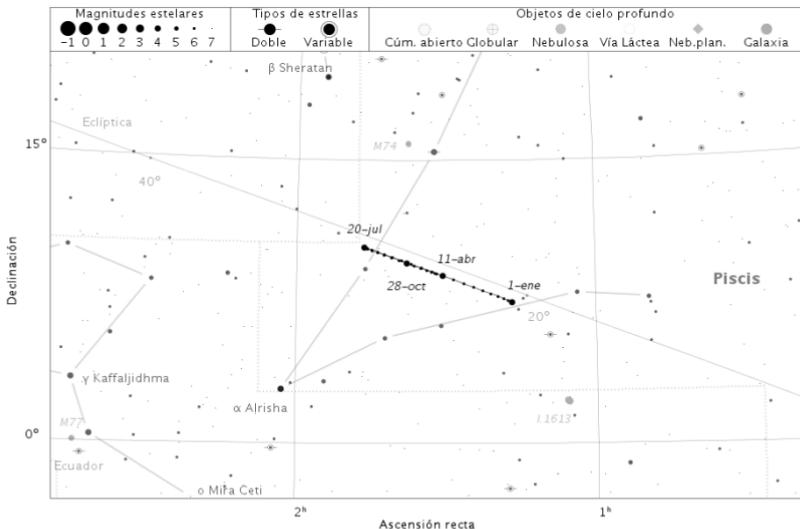


### Saturno

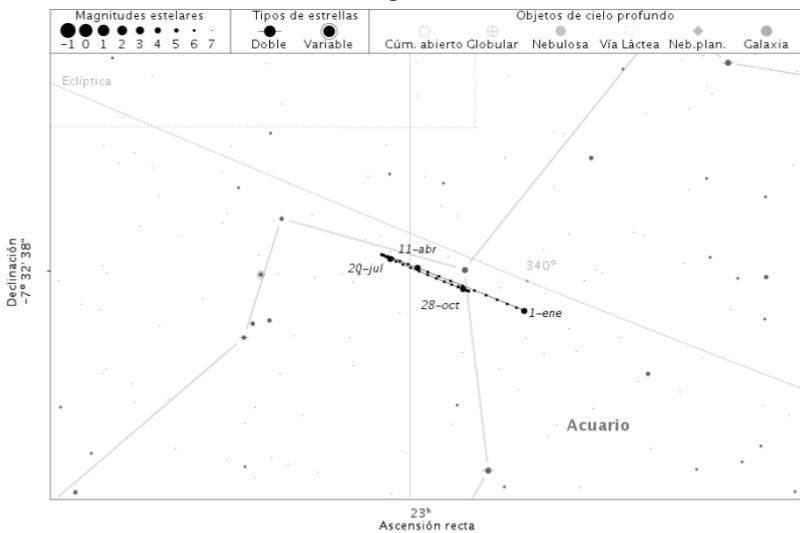


En el caso de Urano y Neptuno la separación en los puntos de la trayectoria es de 10 días con fechas cada 100 días.

### Urano



### Neptuno





# SATÉLITES

Nombres de los satélites

Elementos orbitales de los satélites

Periodos y descubrimiento de los satélites

Datos físicos de los satélites

Posiciones de los satélites galileanos de Júpiter

Tabla de conversión de distancias en el sistema solar

En la actualidad se conocen 173 satélites naturales orbitando alrededor de los planetas principales del sistema solar.

Planeta	Número de satélites
Mercurio	0
Venus	0
Tierra	1
Marte	2
Júpiter	67
Saturno	62
Urano	27
Neptuno	14

## Nombres de los satélites

La mayoría de satélites de los planetas del sistema solar han sido descubiertos del año 2000 en adelante. Antes del siglo XX sólo se conocían 22 satélites, algunos de los cuales habían recibido un nombre tradicional, como es el caso de la Luna, o un nombre dado por su descubridor, como es el caso Fobos y Deimos, los satélites de Marte que fueron nombrados por el estadounidense Asaph Hall a los pocos meses de descubrirlos en 1877, asignándoles el nombre de caballos que tiraban del carro del dios romano Marte.

En el caso de los cuatro satélites de Júpiter, descubiertos por el científico italiano Galileo Galilei en 1610, fue un astrónomo alemán coetáneo, Simon Marius, quien les dio los nombres de jóvenes relacionados con Júpiter en la mitología romana. Estos nombres no fueron usados sistemáticamente hasta mediados del siglo XX, usándose numerales para referirse a éstos y a los demás satélites descubiertos hasta entonces. Aun cuando la Unión Astronómica Internacional (UAI/IAU) establecida en 1919 ha jugado desde entonces un papel de árbitro en la nomenclatura del sistema solar, no fue hasta la segunda mitad del siglo XX, con el desarrollo de la exploración del sistema solar, la cartografía de los planetas, el descubrimiento de miles de asteroides y de decenas de satélites, cuando se hizo indispensable un sistema riguroso de nomenclatura de los cuerpos del sistema solar y de sus accidentes geográficos. El comité establecido en 1973 es ahora conocido como el Grupo de Trabajo para la Nomenclatura del Sistema Planetario. Una de sus primeras tareas fue dar nombre a las siete lunas adicionales descubiertas alrededor de Júpiter. Se decidió usar nombres de amantes de Júpiter, aunque más recientemente, con el descubrimiento de decenas de nuevos satélites, ha habido que incluir descendientes del mitológico dios o de su equivalente griego Zeus, como son las Gracias y las Musas.

La decisión de nombrar los satélites de Saturno con nombres de titanes griegos fue tomada en 1847 por John Herschel, cuyo padre había descubierto los dos primeros. La UAI amplió las posibilidades admitiendo, inicialmente, los nombres de descendientes de titanes y, en el siglo XXI, los de gigantes de las mitologías nórdica, gala e inuit.

Fue nuevamente John Herschel quien, en 1852, decidió nombrar los cuatro satélites conocidos de Urano (planeta descubierto por su padre) con los nombres de espíritus mágicos sacados de obras de los escritores ingleses William Shakespeare y Alexander Pope (*El rizo robado*). En la actualidad se utilizan predominantemente personajes de las obras de Shakespeare.

El nombre del primer satélite conocido de Neptuno, Tritón, fue sugerido por Camille Flammarion, pero apenas fue usado hasta que en 1949 no se descubrió un segundo satélite. Éste y los posteriores han recibido el nombre de personajes mitológicos relacionados con el dios romano Neptuno, su equivalente griego Posidón o con los océanos, como son las Nereidas.

## Elementos orbitales y datos físicos de los satélites

Los datos referentes a los satélites se detallan en tres tablas.

En la primera tabla, dedicada a los elementos orbitales, el semieje mayor de cada órbita viene dado en unidades de  $10^3$  km y del radio ecuatorial del planeta,  $R_p$ . Por *inclinación* se entiende la inclinación de la órbita con respecto del plano del ecuador del planeta, salvo en los últimos satélites descubiertos en Júpiter y Saturno, aún no numerados, en cuyo caso se refiere a la eclíptica. Cuando esta inclinación es mayor que  $90^\circ$ , 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 ( $^\circ$ ,  $'$ ,  $''$ ).

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, sincrónicos 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 Júpiter 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 <sup>3</sup> km)	(en R <sub>p</sub> )	excentricidad	inclinación (°)	máxima elongac.
Tierra:	Luna	384,400	60,27	0,0554	5,160	
Marte:	I Fobos	9,376	2,76	0,0151	1,075	25"
	II Deimos	23,458	6,91	0,0002	1,788	1' 03"
Júpiter:	I Io	421,8	5,90	0,0041	0,036	2' 19"
	II Europa	671,1	9,39	0,0094	0,466	3' 41"
	III Ganimedes	1070,4	14,97	0,0013	0,177	5' 52"
	IV Calisto	1882,7	26,33	0,0074	0,192	10' 19"
	V Amaltea	181,4	2,54	0,0032	0,380	1' 00"
	VI Himalia	11460	160,30	0,1586	28,612	1° 02' 39"
	VII Elara	11740	164,21	0,2108	27,945	1° 04' 10"
	VIII Pasífae	23629	330,51	0,4062	151,413	2° 09' 07"
	IX Sinope	23942	334,89	0,2552	158,189	2° 10' 50"
	X Lisitea	11717	163,89	0,1161	27,663	1° 04' 10"
	XI Carme	23401	327,32	0,2546	164,994	2° 07' 52"
	XII Ananké	21254	297,29	0,2332	148,693	1° 56' 09"
	XIII Leda	11164	156,16	0,1624	27,882	1° 01' 02"
	XIV Tebe	221,9	3,10	0,0176	1,080	1' 13"
	XV Adrastea	129	1,80	0,0018	0,054	42"
	XVI Metis	128	1,79	0,0012	0,019	42"
	XVII Calírroe	24099	337,09	0,2796	147,080	2° 11' 41"
	XVIII Temisto	7504	104,96	0,2435	42,977	41' 01"
	XIX Megaclite	23814	333,10	0,4156	152,781	2° 07' 52"
	XX Táigete	23363	326,79	0,2523	165,253	2° 10' 08"
	XXI Caldonga	23181	324,25	0,2503	165,155	2° 06' 40"
	XXII Harpálice	21106	295,22	0,2296	148,759	1° 55' 21"
	XXIII Cálice	23565	329,62	0,2466	165,121	2° 08' 46"
	XXIV Yocasta	21272	297,54	0,2152	149,411	1° 56' 28"
	XXV Erinome	23286	325,71	0,2655	164,914	2° 07' 15"
	XXVI Isonoe	23231	324,95	0,2471	165,250	2° 07' 11"
	XXVII Praxídice	21148	295,81	0,2274	148,885	1° 55' 48"
	XXVIII Autónoe	24037	336,22	0,3152	152,364	2° 11' 21"
	XXIX Tione	21197	296,49	0,2307	148,595	1° 55' 50"
	XXX Hermipé	21297	296,03	0,2095	150,740	1° 56' 23"
	XXXI Aitné	23317	326,15	0,2627	165,048	2° 07' 25"
	XXXII Eurídomo	23146	323,76	0,2755	150,271	2° 06' 29"
	XXXIII Euante	21039	294,28	0,2320	148,915	1° 54' 59"
	XXXIV Euporia	19336	268,77	0,1438	145,740	1° 45' 41"
	XXXV Ortosia	21158	295,95	0,2807	146,004	1° 55' 38"
	XXXVI Sponde	23790	332,76	0,3112	150,997	2° 10' 15"
	XXXVII Cale	23306	325,99	0,2597	164,944	2° 07' 21"
	XXXVIII Pasítea	23091	322,99	0,2682	165,117	2° 06' 11"

## Elementos orbitales

planeta	satélite	semieje mayor (10 <sup>3</sup> km)	en R <sub>p</sub> )	excentricidad	inclinación (°)	máxima elongac.
XXXIX	Hegémone	23575	329,76	0,3445	154,164	2° 08' 49"
XL	Mneme	21033	294,20	0,2258	148,585	1° 54' 57"
XLI	Aoede	23974	335,34	0,4325	158,272	2° 11' 00"
XLII	Telxínoe	21160	295,98	0,2201	151,390	1° 55' 38"
XLIII	Arque	23352	326,64	0,2495	165,015	2° 07' 36"
XLIV	Calicore	23276	325,57	0,2509	165,102	2° 07' 11"
XLV	Hélice	21065	294,65	0,1498	154,842	1° 55' 07"
XLVI	Carpo	17056	238,57	0,4317	51,624	1° 33' 13"
XLVII	Eucelade	23323	326,23	0,2619	165,265	2° 07' 27"
XLVIII	Cilene	23800	332,90	0,4155	150,336	2° 10' 03"
XLIX	Core	24482	342,44	0,3313	145,173	2° 13' 46"
L	Herse	23408	327,42	0,2541	164,964	2° 07' 55"
LI	S/2010 J1	23449	327,99	0,2491	165,100	2° 08' 08"
LII	S/2010 J2	21004	293,80	0,2267	148,673	1° 54' 47"
LIII	Día	12297	172,01	0,2320	28,631	1° 07' 13"
	S/2003 J2	28347	396,51	0,4100	157,291	2° 34' 52"
	S/2003 J3	20221	282,84	0,1969	147,547	1° 50' 31"
	S/2003 J4	23929	334,71	0,3624	149,589	2° 10' 45"
	S/2003 J5	23495	328,64	0,2476	165,248	2° 08' 23"
	S/2003 J9	23385	327,10	0,2632	165,047	2° 08' 02"
	S/2003 J10	23042	322,30	0,4299	165,073	2° 06' 09"
	S/2003 J12	17830	249,40	0,4904	151,003	1° 37' 27"
	S/2003 J15	22627	316,50	0,1899	146,492	2° 03' 39"
	S/2003 J16	21097	295,10	0,2281	148,683	1° 55' 18"
	S/2003 J18	20508	286,86	0,0895	146,077	1° 52' 05"
	S/2003 J19	23533	329,17	0,2552	165,116	2° 08' 36"
	S/2003 J23	23567	329,65	0,2746	146,424	2° 08' 47"
	S/2011 J1	23446	327,95	0,2534	165,318	2° 08' 07"
	S/2011 J2	23124	323,45	0,3493	153,597	2° 06' 22"
Saturno:						
I	Mimas	185,539	3,08	0,0196	1,574	30"
II	Encélado	238,042	3,95	0,0000	0,003	38"
III	Tetis	294,672	4,89	0,0001	1,091	48"
IV	Dione	377,415	6,26	0,0022	0,028	1' 01"
V	Rea	527,068	8,75	0,0002	0,333	1' 25"
VI	Titán	1221,865	20,27	0,0288	0,306	3' 17"
VII	Hiperión	1500,933	24,90	0,0232	0,615	4' 02"
VIII	Jápeto	3560,854	59,08	0,0293	8,298	9' 35"
IX	Febe	12947,918	214,84	0,1634	175,243	34' 51"
X	Jano	151,45	2,51	0,0098	0,165	24"
XI	Epimeteo	151,450	2,51	0,0161	0,353	24"
XII	Helena	377,444	6,26	~0	0,213	1' 01"
XIII	Telesto	294,71	4,89	0,0002	1,180	48"
XIV	Calipso	294,721	4,89	0,0005	1,500	48"
XV	Atlas	137,774	2,29	0,0011	0,003	22"

Elementos orbitales						
planeta	satélite	semieje mayor (10 <sup>3</sup> km)	(en R <sub>p</sub> )	excentricidad	inclinación (°)	máxima elongac.
XVI	Prometeo	139,429	2,31	0,0022	0,007	23"
XVII	Pandora	141,810	2,35	0,0042	0,050	23"
XVIII	Pan	133,585	2,22	~0	~0	22"
XIX	Ymir	23128	383,75	0,3338	173,496	1° 02' 15"
XX	Paaliaq	15204	252,27	0,3325	46,230	40' 55"
XXI	Tarvos	18243	302,70	0,5382	33,725	49' 06"
XXII	Ijiraq	11408	189,29	0,2721	47,483	30' 42"
XXIII	Suttungr	19468	323,02	0,1139	175,815	52' 24"
XXIV	Kiviuq	11384	188,89	0,3325	46,766	30' 39"
XXV	Mundilfari	18654	309,52	0,2098	167,446	50' 12"
XXVI	Albiorix	16393	272,00	0,4797	34,059	44' 07"
XXVII	Skadi	15635	259,42	0,2718	152,633	42' 05"
XXVIII	Erriapo	17602	292,06	0,4723	34,481	47' 23"
XXIX	Siarnaq	18182	301,69	0,2801	45,809	48' 56"
XXX	Thrymr	20419	338,80	0,4661	177,665	54' 57"
XXXI	Narvi	19349	321,05	0,4295	145,735	52' 05"
XXXII	Metone	194,402	3,23	~0	0,013	31"
XXXIII	Palene	212,282	3,52	0,0040	0,001	34"
XXXIV	Pólux	377,222	6,26	0,0191	0,175	1' 01"
XXXV	Dafnis	136,504	2,26	~0	~0,003	22"
XXXVI	Ægir	20751	344,31	0,2524	166,668	55' 51"
XXXVII	Bébhionn	17116	284,00	0,4682	35,101	46' 04"
XXXVIII	Bergelmir	19336	320,83	0,1420	158,557	52' 03"
XXXIX	Bestla	20145	334,26	0,5196	145,156	54' 13"
XL	Fárbaudi	20390	338,32	0,2414	156,520	54' 53"
XLI	Fenrir	22454	372,57	0,1347	164,963	1° 00' 26"
XLII	Fornjót	25146	417,24	0,2077	170,372	1° 07' 41"
XLIII	Hati	19868	329,66	0,3710	165,808	53' 29"
XLIV	Hrokkin	18440	305,97	0,3359	151,536	49' 38"
XLV	Kári	22093	366,58	0,4756	156,067	59' 28"
XLVI	Loge	23059	382,61	0,1862	167,689	1° 02' 04"
XLVII	Skoll	17667	293,14	0,4635	161,008	47' 33"
XLVIII	Surtur	22941	380,65	0,4459	169,688	1° 01' 45"
XLIX	Antea	196,8	3,27	0,0011	0,015	32"
L	Járnsaxa	19354	321,13	0,2178	163,649	52' 06"
LI	Greip	18457	306,25	0,3146	174,800	49' 41"
LII	Tarqeq	17962	298,04	0,1676	46,292	48' 21"
LIII	Ægeon	167,425	2,78	0,0002	0,001	27"
	S/2004 S7	21000	348,44	0,5290	165,693	56' 31"
	S/2004 S12	19886	329,96	0,3268	165,261	53' 31"
	S/2004 S13	18406	305,40	0,2591	168,798	49' 32"
	S/2004 S17	19448	322,69	0,1795	168,239	52' 21"
	S/2006 S1	18780	311,61	0,1412	156,180	50' 33"
	S/2006 S3	22428	372,14	0,3792	158,631	1° 00' 22"
	S/2007 S2	16718	277,39	0,1791	174,057	45' 00"

## Elementos orbitales

planeta	satélite	semieje mayor (10 <sup>3</sup> km)	excentricidad (en R <sub>p</sub> )	excentricidad	inclinación (°)	máxima elongac.
	S/2007 S3	18938	314,23	0,1853	177,595	50' 58"
	S/2009 S1	117	1,94			19"
Urano:						
I	Ariel	190,9	7,47	0,0012	0,041	14"
II	Umbriel	266	10,41	0,0039	0,128	20"
III	Titania	436,3	17,07	0,0011	0,079	33"
IV	Oberón	583,5	22,83	0,0014	0,068	44"
V	Miranda	129,9	5,08	0,0013	4,338	10"
VI	Cordelia	49,8	1,95	0,0003	0,085	4"
VII	Ofelia	53,8	2,10	0,0099	0,104	4"
VIII	Bianca	59,2	2,32	0,0009	0,193	4"
IX	Cresida	61,8	2,42	0,0004	0,006	5"
X	Desdémona	62,7	2,45	0,0001	0,113	5"
XI	Julieta	64,4	2,52	0,0007	0,065	5"
XII	Porcia	66,1	2,59	0,0001	0,059	5"
XIII	Rosalinda	69,9	2,73	0,0001	0,279	5"
XIV	Belinda	75,3	2,95	0,0001	0,031	6"
XV	Puck	86	3,36	0,0001	0,319	6"
XVI	Calibán	7231,1	282,92	0,1812	141,529	9' 06"
XVII	Sícorax	12179,4	476,52	0,5219	159,420	15' 20"
XVIII	Próspero	16276,8	636,83	0,4445	151,830	20' 30"
XIX	Setebos	17420,4	681,58	0,5908	158,235	21' 56"
XX	Esteban	8007,4	313,29	0,2248	143,819	10' 05"
XXI	Trínculo	8505,2	332,77	0,2194	166,971	10' 43"
XXII	Francisco	4282,9	167,57	0,1324	147,250	5' 24"
XXIII	Margarita	14146,7	553,49	0,6772	57,367	17' 49"
XXIV	Fernando	20430	799,33	0,3993	169,793	25' 44"
XXV	Perdita	76,417	2,99	0,0116	0,470	6"
XXVI	Mab	97,736	3,82	0,0025	0,134	7"
XXVII	Cupido	74,392	2,91	0,0013	0,099	6"
Neptuno:						
I	Tritón	354,759	14,33	~0	156,865	17"
II	Nereida	5513,818	222,65	0,7507	7,090	4' 20"
III	Náyade	48,227	1,95	0,0003	4,691	2"
IV	Talasa	50,074	2,02	0,0002	0,135	2"
V	Despina	52,526	2,12	0,0002	0,068	2"
VI	Galatea	61,953	2,50	0,0001	0,034	3"
VII	Larisa	73,548	2,97	0,0014	0,205	3"
VIII	Proteo	117,646	4,75	0,0005	0,075	6"
IX	Halimede	16681	673,70	0,2909	112,898	13' 11"
X	Psámate	46705	1886,00	0,4617	137,679	36' 55"
XI	Sao	22619	913,38	0,2827	49,907	17' 53"
XII	Laomedea	23613	953,52	0,4339	34,049	18' 40"
XIII	Neso	50258	2029,48	0,4243	131,265	39' 44"
	S/2004 N1	105,284	4,25	~0	~0	5"

<b>Periodos y descubrimiento</b>				
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	Calíroo	R 759		1999 Spacewatch, MPC
XVIII	Temisto	130		1975/2000 SJFM
XIX	Megaclite	R 753		2000 SJFM
XX	Táigete	R 732		2000 SJFM
XXI	Caldona	R 724		2000 SJFM
XXII	Harpálice	R 623		2000 SJFM
XXIII	Cálice	R 742		2000 SJFM
XXIV	Yocasta	R 632		2000 SJFM
XXV	Erínome	R 728		2000 SJFM
XXVI	Isonoe	R 726		2000 SJFM
XXVII	Praxídice	R 625		2000 SJFM
XXVIII	Autónoe	R 761		2001 SJK
XXIX	Tione	R 627		2001 SJK
XXX	Hermipé	R 634		2001 SJK
XXXI	Aitné	R 730		2001 SJK
XXXII	Eurídome	R 717		2001 SJK
XXXIII	Euante	R 620		2001 SJK
XXXIV	Euporia	R 551		2001 SJK
XXXV	Ortosia	R 623		2001 SJK
XXXVI	Sponde	R 748		2001 SJK
XXXVII	Cale	R 730		2001 SJK
XXXVIII	Pasítea	R 719		2001 SJK

## Períodos y descubrimiento

planeta	satélite	periodo orbital (d)	periodo de rotación (d)	descubrimiento
XXXIX	Hegémone	R 740		2003 S.S.Sheppard
XL	Mneme	R 620		2003 Sheppard,Glad,
XLI	Aoede	R 761		2003 S.S.Sheppard
XLII	Telxínoe	R 628		2003 Sheppard,Glad,
XLIII	Arque	R 732		2002 S.S.Sheppard
XLIV	Calicore	R 728		2003 S.S.Sheppard
XLV	Hélice	R 626		2003 S.S.Sheppard
XLVI	Carpo	456		2003 S.S.Sheppard
XLVII	Eucelade	R 730		2003 S.S.Sheppard
XLVIII	Cilene	R 752		2003 S.S.Sheppard
XLIX	Core	R 777		2003 S.S.Sheppard
L	Herse	R 735		2003 B.Gladman
LI	S/2010 J1	R 737		2010 Jacobson et al
LII	S/2010 J2	R 619		2010 C. Veillet
LIII	Día	278		2000 Sheppard et al
	S/2003 J2	R 981		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J3	R 584		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J4	R 755		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J5	R 739		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J9	R 733		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J10	R 716		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J12	R 490		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J15	R 690		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J16	R 623		2003 B.Gladman
	S/2003 J18	R 598		2003 B.Gladman
	S/2003 J19	R 740		2003 B.Gladman
	S/2003 J23	R 732		2003 S.S.Sheppard
	S/2011 J1	R 736		2011 S.S.Sheppard
	S/2011 J2	R 718		2011 S.S.Sheppard
Saturno:				
I	Mimas	0,942422	sincr.	1789 W.Herschel
II	Encélado	1,370218	sincr.	1789 W.Herschel
III	Tetis	1,887802	sincr.	1684 G.Cassini
IV	Dione	2,736915	sincr.	1684 G.Cassini
V	Rea	4,517500	sincr.	1672 G.Cassini
VI	Titán	15,945421	sincr.	1655 C.Huygens
VII	Hiperión	21,276609		1848 Bond et al
VIII	Jápeto	79,330182	sincr.	1671 G.Cassini
IX	Febe	R 548	0,4	1898 W.Pickering
X	Jano	0,6945	sincr.	1966 A.Dollfus
XI	Epimeteo	0,6942	sincr.	1978 Fountain et al
XII	Helena	2,7369		1980 Laques et al
XIII	Telesto	1,8878		1980 Smith et al
XIV	Calipso	1,8878		1980 Pascu et al
XV	Atlas	0,6019		1980 Voyager 1

<b>Periodos y descubrimiento</b>				
planeta	satélite	periodo orbital (d)	periodo de rotación (d)	descubrimiento
XVI	Prometeo	0,6130		1980 Voyager 1
XVII	Pandora	0,6285		1980 Voyager 1
XVIII	Pan	0,5750		1990 M.Showalter
XIX	Ymir	R 1315,13		2000 B.Gladman
XX	Paaliaq	686,95		2000 B.Gladman
XXI	Tarvos	926,35		2000 KG
XXII	Ijiraq	451,42		2000 KG
XXIII	Suttungr	R 1016,68		2000 GK
XXIV	Kiviuq	449,22		2000 B.Gladman
XXV	Mundilfari	R 952,80		2000 GK
XXVI	Albiorix	783,46		2000 Holman et al
XXVII	Skadi	R 728,10		2000 KG
XXVIII	Erriapo	871,14		2000 KG
XXIX	Siarnaq	895,51		2000 Gladman et al
XXX	Thrymr	R 1092,01		2000 GK
XXXI	Narvi	R 1003,94		2003 S.S.Sheppard
XXXII	Metone	1,010		2004 C.C.Porco et al
XXXIII	Palene	1,154		2004 C.C.Porco et al
XXXIV	Pólux	2,737		2004 C.C.Porco et al
XXXV	Dafnis	0,594		2005 C.C.Porco et al
XXXVI	Ægir	R 1117,83		2005 D.Jewitt et al
XXXVII	Bébhionn	834,86		2005 D.Jewitt et al
XXXVIII	Bergelmir	R 1005,76		2005 D.Jewitt et al
XXXIX	Bestla	R 1088,02		2005 D.Jewitt et al
XL	Fárbauti	R 1086,65		2005 D.Jewitt et al
XLI	Fenrir	R 1260,35		2005 D.Jewitt et al
XLII	Fornjót	R 1494,09		2005 D.Jewitt et al
XLIII	Hati	R 1040,18		2005 D.Jewitt et al
XLIV	Hyrokkin	R 931,87		2006 D.Jewitt et al
XLV	Kári	R 1231,18		2006 D.Jewitt et al
XLVI	Loge	R 1311,37		2006 D.Jewitt et al
XLVII	Skoll	R 878,24		2006 D.Jewitt et al
XLVIII	Surtur	R 1297,12		2006 D.Jewitt et al
XLIX	Antea	1,036		2007 Cassini Team
L	Járnsaxa	R 1006,94		2006 D.Jewitt et al
LI	Greip	R 937,14		2006 D.Jewitt et al
LII	Tarqeq	885,15		2007 D.Jewitt et al
LIII	Ægeon	0,808		2008 Cassini Team
	S/2004 S07	R 1140,21		2005 D.Jewitt et al
	S/2004 S12	R 1046,11		2005 D.Jewitt et al
	S/2004 S13	R 933,60		2005 D.Jewitt et al
	S/2004 S17	R 1014,61		2005 D.Jewitt et al
	S/2006 S1	R 962,23		2006 D.Jewitt et al
	S/2006 S3	R 1255,15		2006 D.Jewitt et al
	S/2007 S2	R 808,15		2007 D.Jewitt et al

## Períodos y descubrimiento

planeta	satélite	periodo orbital (d)	periodo de rotación (d)	descubrimiento
	S/2007 S3 S/2009 S1	R 977,78		2007 D.Jewitt et al 2009 Cassini Team
Urano:				
I	Ariel	2,520379	sincr.	1851 W.Lassell
II	Umbriel	4,144177	sincr.	1851 W.Lassell
III	Titania	8,705872	sincr.	1787 W.Herschel
IV	Oberón	13,463239	sincr.	1787 W.Herschel
V	Miranda	1,413479	sincr.	1948 G.Kuiper
VI	Cordelia	0,335033		1986 Voyager 2
VII	Ofelia	0,376409		1986 Voyager 2
VIII	Bianca	0,434577		1986 Voyager 2
IX	Cresida	0,463570		1986 Voyager 2
X	Desdémona	0,473651		1986 Voyager 2
XI	Julieta	0,493066		1986 Voyager 2
XII	Porcia	0,513196		1986 Voyager 2
XIII	Rosalinda	0,558459		1986 Voyager 2
XIV	Belinda	0,623525		1986 Voyager 2
XV	Puck	0,761832		1985 Voyager 2
XVI	Calibán	R 580		1997 Gladman et al
XVII	Sícorax	R 1288		1997 Gladman et al
XVIII	Próspero	R 1978		1999 Holman et al
XIX	Setebos	R 2225		1999 Kavelaars et al
XX	Esteban	R 677		1999 Gladman et al
XXI	Trínculo	R 749		2001 Holman et al
XXII	Francisco	R 267		2001 HG
XXIII	Margarita	1695		2003 Holman et al
XXIV	Fernando	R 2823		2001 HG
XXV	Perdita	0,638		1999 Voyager 2
XXVI	Mab	0,923		2003 SL
XXVII	Cupido	0,613		2003 SL
Neptuno:				
I	Tritón	R 5,876854	sincr.	1846 W.Lassell
II	Nereida	360,13619		1949 G.Kuiper
III	Náyade	0,294396		1989 Voyager 2
IV	Talasa	0,311485		1989 Voyager 2
V	Despina	0,334655		1989 Voyager 2
VI	Galatea	0,428745		1989 Voyager 2
VII	Larisa	0,554654		1989 Voyager 2
VIII	Proteo	1,122315		1989 Voyager 2
IX	Halimede	R 1879,33		2002 Holman et al
X	Psámate	R 9128,74		2003 JKS
XI	Sao	2919,16		2002 Holman et al
XII	Laomedea	3175,62		2002 Holman et al
XIII	Neso	R 9880,63		2002 HG
	S/2004 N1	0,950		2013 Showalter et al

## Datos físicos y fotométricos

planeta	satélite	diámetro (km)	masa ( $10^{20}$ kg)	densidad ( $\text{g cm}^{-3}$ )	magn. oposic.	albedo geom.
Tierra:	Luna	3475	735	3,344	-12,74	0,12
Marte:						
I	Fobos	27×22×18	1,1 $10^{-4}$	1,872	11,4	0,07
II	Deimos	15×12×10	1,5 $10^{-5}$	1,471	12,45	0,07
Júpiter:						
I	Io	3643	893	3,528	5,02	0,63
II	Europa	3122	480	3,013	5,29	0,67
III	Ganimedes	5262	1481	1,942	4,61	0,43
IV	Calisto	4821	1076	1,834	5,65	0,17
V	Amaltea	167	0,021	0,849	14,1	0,09
VI	Himalia	~170	0,067	2,6	14,2 R	0,04
VII	Elara	~86	0,009	2,6	16,0 R	0,04
VIII	Pasífae	~60	0,003	2,6	16,8 R	0,04
IX	Sinope	~38	0,001	2,6	18,2 R	0,04
X	Lisitea	~36	0,001	2,6	18,1 R	0,04
XI	Carme	~46	0,001	2,6	18,1 R	0,04
XII	Ananké	~28	3 $10^{-4}$	2,6	19,1 R	0,04
XIII	Leda	~20	$10^{-4}$	2,6	19,2 R	0,04
XIV	Tebe	99	0,015	3,0	16,0	0,05
XV	Adrastea	25×20×15	7 $10^{-5}$	3,0	18,7	~0,1
XVI	Metis	43	0,001	3,0	17,5	0,06
XVII	Calíroo	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 ( $\text{g cm}^{-3}$ )	magn. oposic.	albedo geom.
XL	Mneme	2		2,6	23,3 R	0,04
XLI	Aoede	4		2,6	22,5 R	0,04
XLII	Telxínoe	2		2,6	23,5 R	0,04
XLIII	Arque	3		2,6	22,8 R	0,04
XLIV	Calicore	2		2,6	23,7 R	0,04
XLV	Hélice	4		2,6	22,6 R	0,04
XLVI	Carpo	3		2,6	23,0 R	0,04
XLVII	Eucelade	4		2,6	22,6 R	0,04
XLVIII	Cilene	2		2,6	23,2 R	0,04
XLIX	Core	2		2,6	23,6 R	0,04
L	Herse	2		2,6	23,4 R	0,04
LI	S/2010 J1	2		2,6	23,2 R	0,04
LII	S/2010 J2	2		2,6	24,0 R	0,04
LIII	Día	2		2,6	22,4	0,04
	S/2003 J2	2		2,6	23,2 R	0,04
	S/2003 J3	2		2,6	23,4 R	0,04
	S/2003 J4	2		2,6	23,0 R	0,04
	S/2003 J5	4		2,6	22,4 R	0,04
	S/2003 J9	1		2,6	23,7 R	0,04
	S/2003 J10	2		2,6	23,6 R	0,04
	S/2003 J12	1		2,6	23,9 R	0,04
	S/2003 J15	2		2,6	23,5 R	0,04
	S/2003 J16	2		2,6	23,3 R	0,04
	S/2003 J18	2		2,6	23,4 R	0,04
	S/2003 J19	2		2,6	23,7 R	0,04
	S/2003 J23	2		2,6	23,6 R	0,04
	S/2011 J1	2		2,6	23,7 R	0,04
	S/2011 J2	2		2,6	23,5 R	0,04
Saturno:						
I	Mimas	396	0,375	1,150	12,8	0,96
II	Encélado	504	1,079	1,608	11,8	1,38
III	Tetis	1066	6,174	0,973	10,2	1,23
IV	Dione	1123	10,955	1,476	10,4	1,00
V	Rea	1529	23,065	1,233	9,6	0,95
VI	Titán	5149	1345,185	1,882	8,4	0,2
VII	Hiperión	270	0,056	0,544	14,4	0,3
VIII	Jápeto	1471	18,055	1,083	11	0,6
IX	Febe	213	0,083	1,638	16,4	0,08
X	Jano	179	0,019	0,630	14,4	0,71
XI	Epimeteo	116	0,005	0,640	15,6	0,73
XII	Helena	35	$10^{-4}$	0,5	18,4	1,67
XIII	Telesto	25	$4 \cdot 10^{-5}$	0,5	18,5	1,0
XIV	Calipso	21	$2 \cdot 10^{-5}$	0,5	18,7	1,34
XV	Atlas	30	$7 \cdot 10^{-5}$	0,460	19,0	0,4

## Datos físicos y fotométricos

planeta	satélite	diámetro (km)	masa ( $10^{20}$ kg)	densidad ( $\text{g cm}^{-3}$ )	magn. oposic.	albedo geom.
XVI	Prometeo	86	0,002	0,480	15,8	0,6
XVII	Pandora	81	0,001	0,490	16,4	0,5
XVIII	Pan	28	$5 \cdot 10^{-5}$	0,420	19,4	0,5
XIX	Ymir	$\sim 18$	$5 \cdot 10^{-5}$	2,3	21,9 R	0,06
XX	Paaliaq	$\sim 22$	$8 \cdot 10^{-5}$	2,3	21,1 R	0,06
XXI	Tarvos	$\sim 15$	$3 \cdot 10^{-5}$	2,3	22,7 R	0,06
XXII	Ijiraq	$\sim 12$	$10^{-5}$	2,3	22,6 R	0,06
XXIII	Suttungr	$\sim 7$		2,3	23,9 R	0,06
XXIV	Kiviuq	$\sim 16$	$3 \cdot 10^{-5}$	2,3	22,1 R	0,06
XXV	Mundilfari	$\sim 7$		2,3	23,8 R	0,06
XXVI	Albiorix	$\sim 32$	$2 \cdot 10^{-4}$	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	$\sim 40$	$4 \cdot 10^{-4}$	2,3	19,9 R	0,06
XXX	Thrymr	$\sim 7$		2,3	23,9 R	0,06
XXXI	Narvi	$\sim 7$		2,3	23,8 R	0,06
XXXII	Metone	3		0,5		
XXXIII	Palene	5		0,5		
XXXIV	Pólux	3		0,5		
XXXV	Dafnis	8		0,340		
XXXVI	Ægir	$\sim 6$		2,3	24,4 R	0,04
XXXVII	Bébhionn	$\sim 6$		2,3	24,1 R	0,04
XXXVIII	Bergelmir	$\sim 6$		2,3	24,2 R	0,04
XXXIX	Bestla	$\sim 7$		2,3	23,8 R	0,04
XL	Fárbauti	$\sim 5$		2,3	24,7 R	0,04
XLI	Fenrir	$\sim 4$		2,3	25,0 R	0,04
XLII	Fornjót	$\sim 6$		2,3	24,6 R	0,04
XLIII	Hati	$\sim 6$		2,3	24,4 R	0,04
XLIV	Hyrokkin	$\sim 6$		2,3	23,5 R	0,04
XLV	Kári	$\sim 6$		2,3	23,9 R	0,04
XLVI	Loge	$\sim 6$		2,3	24,6 R	0,04
XLVII	Skoll	$\sim 6$		2,3	24,5 R	0,04
XLVIII	Surtur	$\sim 6$		2,3	24,8 R	0,04
XLIX	Antea	$\sim 2$		0,5		
L	Jámsaxa	$\sim 6$		2,3	24,7 R	0,04
LI	Greip	$\sim 6$		2,3	24,4 R	0,04
LII	Tarqeq	$\sim 6$		2,3	23,9 R	0,04
LIII	Ægeon	$\sim 1$		0,5		
	S/2004 S07	$\sim 6$		2,3	24,5 R	0,04
	S/2004 S12	$\sim 5$		2,3	24,8 R	0,04
	S/2004 S13	$\sim 6$		2,3	24,5 R	0,04
	S/2004 S17	$\sim 4$		2,3	25,2 R	0,04
	S/2006 S1	$\sim 6$		2,3	24,6 R	0,04
	S/2006 S3	$\sim 5$		2,3	24,6 R	0,04

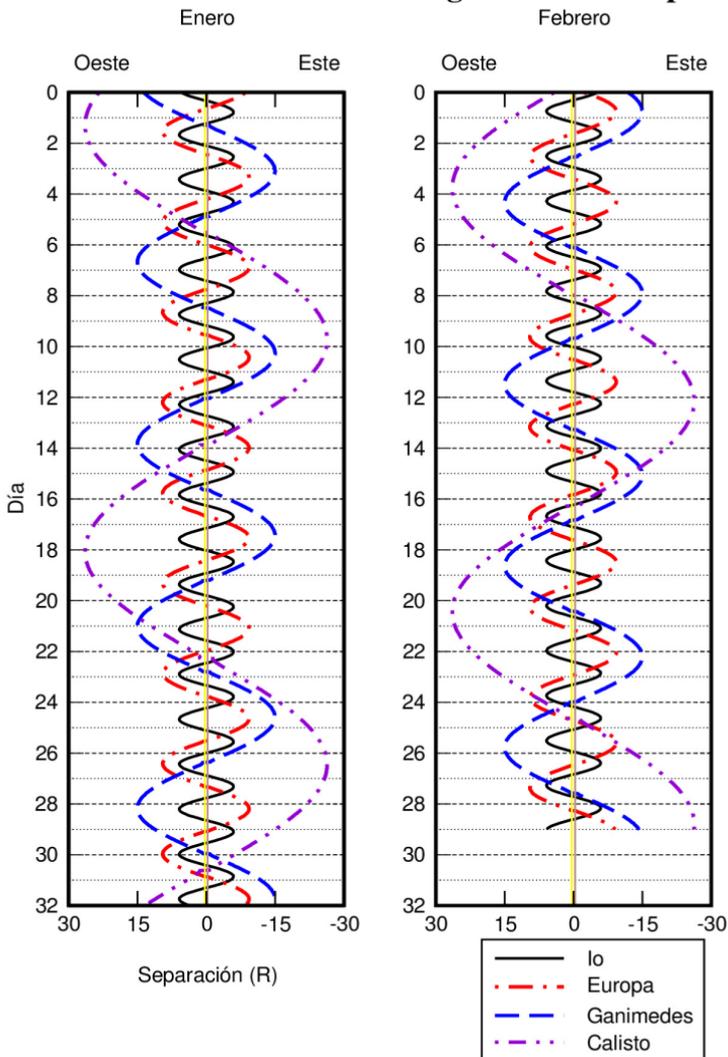
## Datos físicos y fotométricos

planeta	satélite	diámetro (km)	masa ( $10^{20}$ kg)	densidad ( $\text{g cm}^{-3}$ )	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	$4 \cdot 10^{-4}$	1,3	23,62	0,07
VII	Ofelia	43	$5 \cdot 10^{-4}$	1,3	23,26	0,07
VIII	Bianca	54	$9 \cdot 10^{-4}$	1,3	22,52	0,07
IX	Cresida	82	0,003	1,3	21,58	0,07
X	Desdémona	70	0,002	1,3	21,99	0,08
XI	Julieta	106	0,006	1,3	21,12	0,08
XII	Porcia	140	0,017	1,3	20,42	0,07
XIII	Rosalinda	72	0,003	1,3	21,79	0,07
XIV	Belinda	90	0,004	1,3	21,47	0,07
XV	Puck	162	0,029	1,3	19,75	0,10
XVI	Calibán	~72	0,003	1,5	22,4 R	0,04
XVII	Sícorax	~150	0,027	1,5	20,8 R	0,04
XVIII	Próspero	~50	0,001	1,5	23,2 R	0,04
XIX	Setebos	~48	0,001	1,5	23,3 R	0,04
XX	Esteban	~32	$3 \cdot 10^{-4}$	1,5	24,1 R	0,04
XXI	Trínculo	~18	$5 \cdot 10^{-5}$	1,5	25,4 R	0,04
XXII	Francisco	~22	$8 \cdot 10^{-5}$	1,5	25,0 R	0,04
XXIII	Margarita	~20	$6 \cdot 10^{-5}$	1,5	25,2 R	0,04
XXIV	Fernando	~20	$6 \cdot 10^{-5}$	1,5	25,1 R	0,04
XXV	Perdita	26	$10^{-4}$	1,3	23,6	0,07
XXVI	Mab	24	$8 \cdot 10^{-5}$	1,3	24,6	0,10
XXVII	Cupido	18	$3 \cdot 10^{-5}$	1,3	25,8	0,07
Neptuno:						
I	Tritón	2707	213,896	2,059	13,54	0,72
II	Nereida	~340	0,309	1,5	19,2 R	0,16
III	Náyade	~66	0,002	1,3	23,91	0,07
IV	Talasa	~82	0,004	1,3	23,32	0,09
V	Despina	~150	0,021	1,3	22,00	0,09
VI	Galatea	~176	0,037	1,3	21,85	0,08
VII	Larisa	~194	0,049	1,3	21,49	0,09
VIII	Proteo	~420	0,503	1,3	19,75	0,10
IX	Halimede	62	0,001	1,5	24,5 R	0,04
X	Psámate	40	$10^{-4}$	1,5	25,5 R	0,04
XI	Sao	44	0,001	1,5	25,5 R	0,04

### Datos físicos y fotométricos

planeta	satélite	diámetro (km)	masa ( $10^{20}$ kg)	densidad ( $\text{g cm}^{-3}$ )	magn. oposic.	albedo geom.
XII	Laomedea	42	0,001	1,5	25,5 R	0,04
XIII	Neso	60	0,002	1,5	24,6 R	0,04
	S/2004 N1	~18	$4 \cdot 10^{-5}$	1,3	26,5	0,10

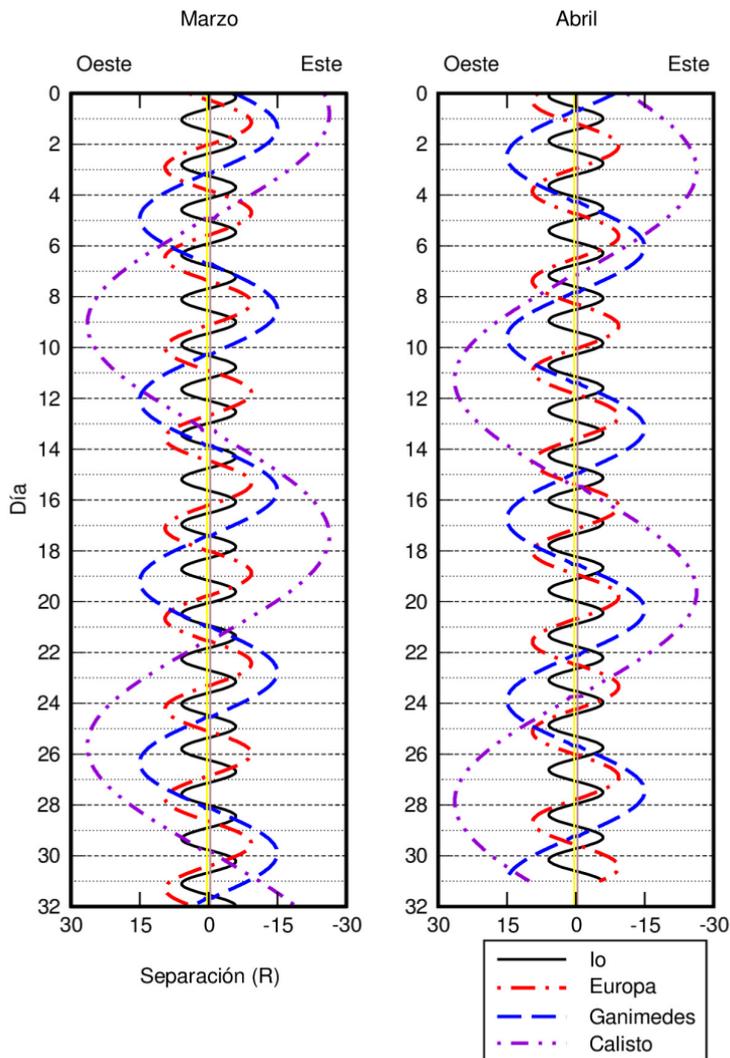
### Posiciones relativas de los satélites galileanos de Júpiter

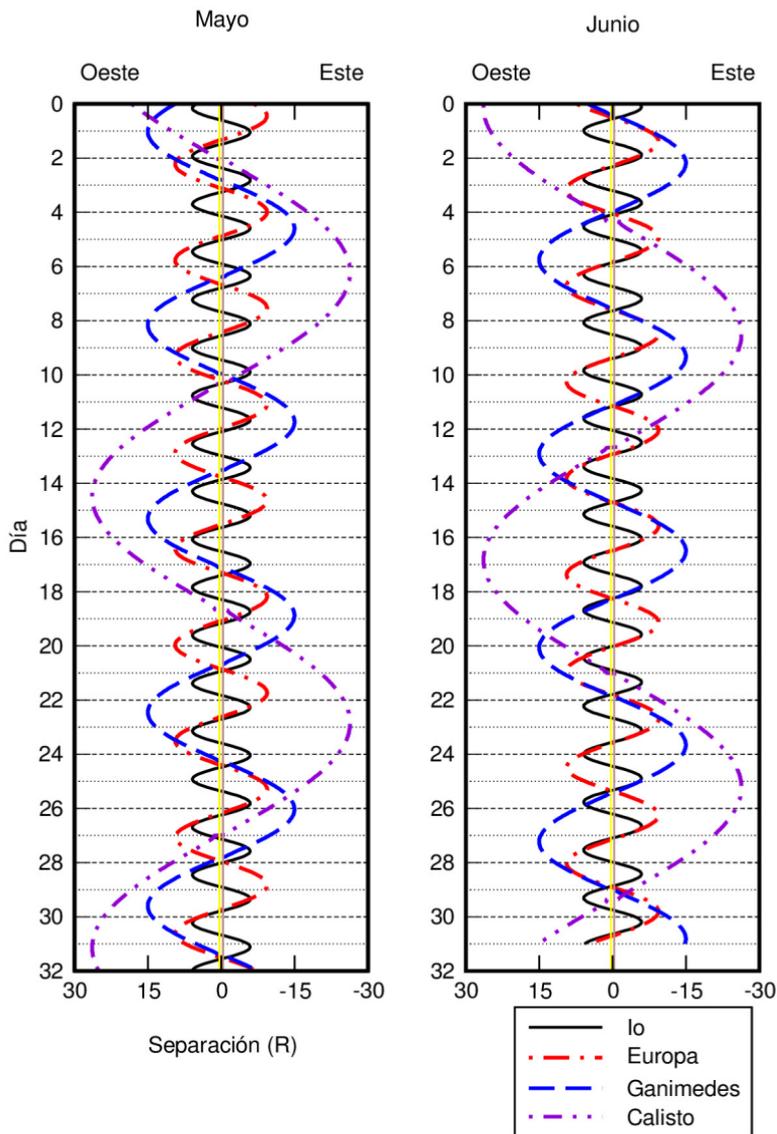


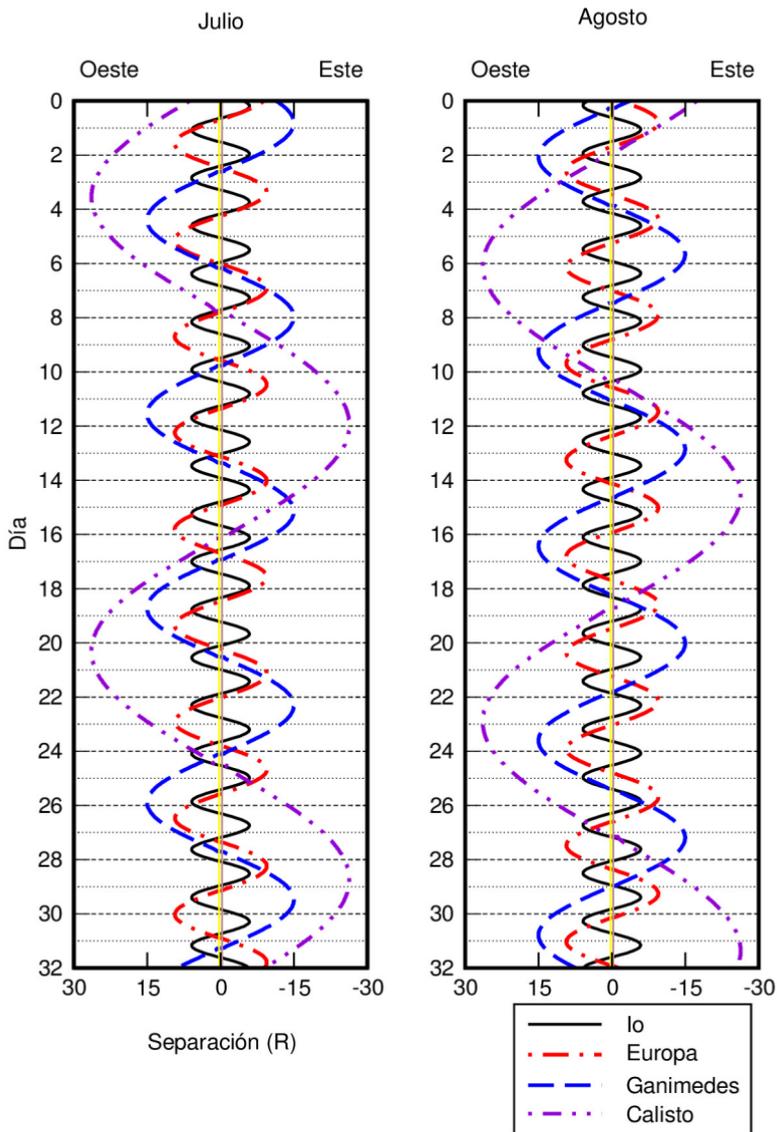
De mayor a menor amplitud, las posiciones dibujadas corresponden a Calisto, Ganimedes, Europa e Io.

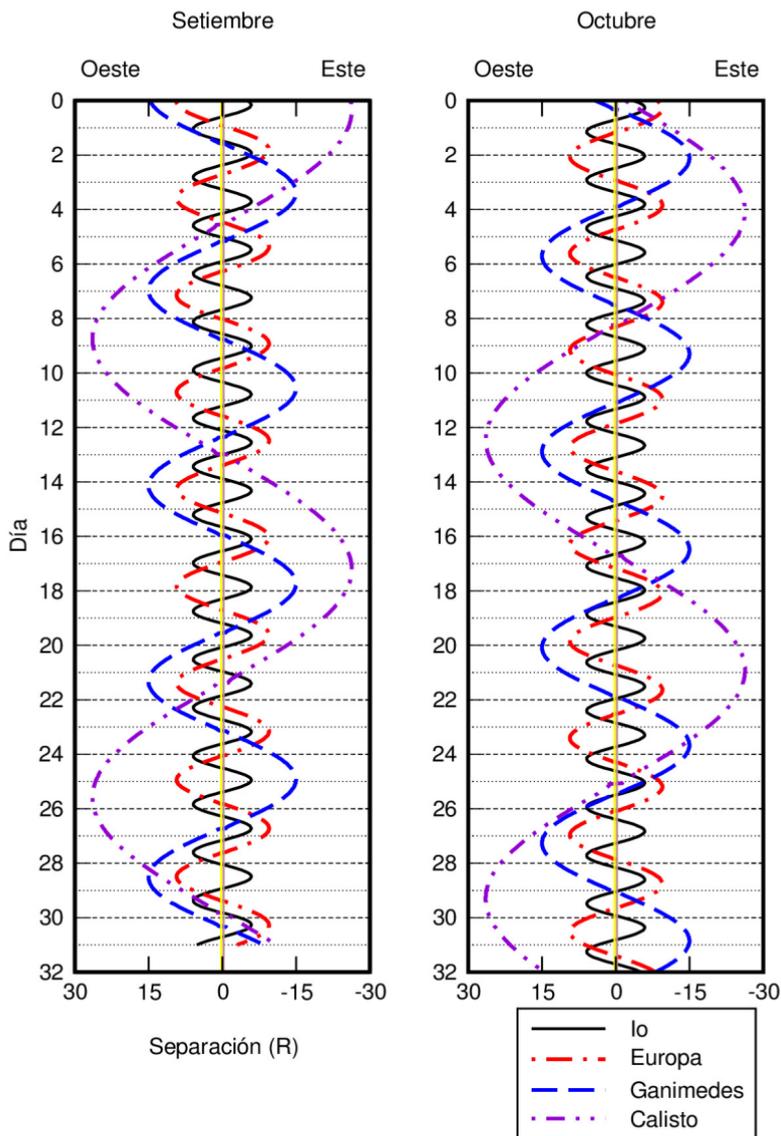
Obsérvese que Oeste y Este están colocados como se ven en un telescopio y al revés de como se ven con unos prismáticos.

Las dos líneas verticales indican el tamaño del planeta. La separación respecto del centro del planeta viene dada en radios planetarios.









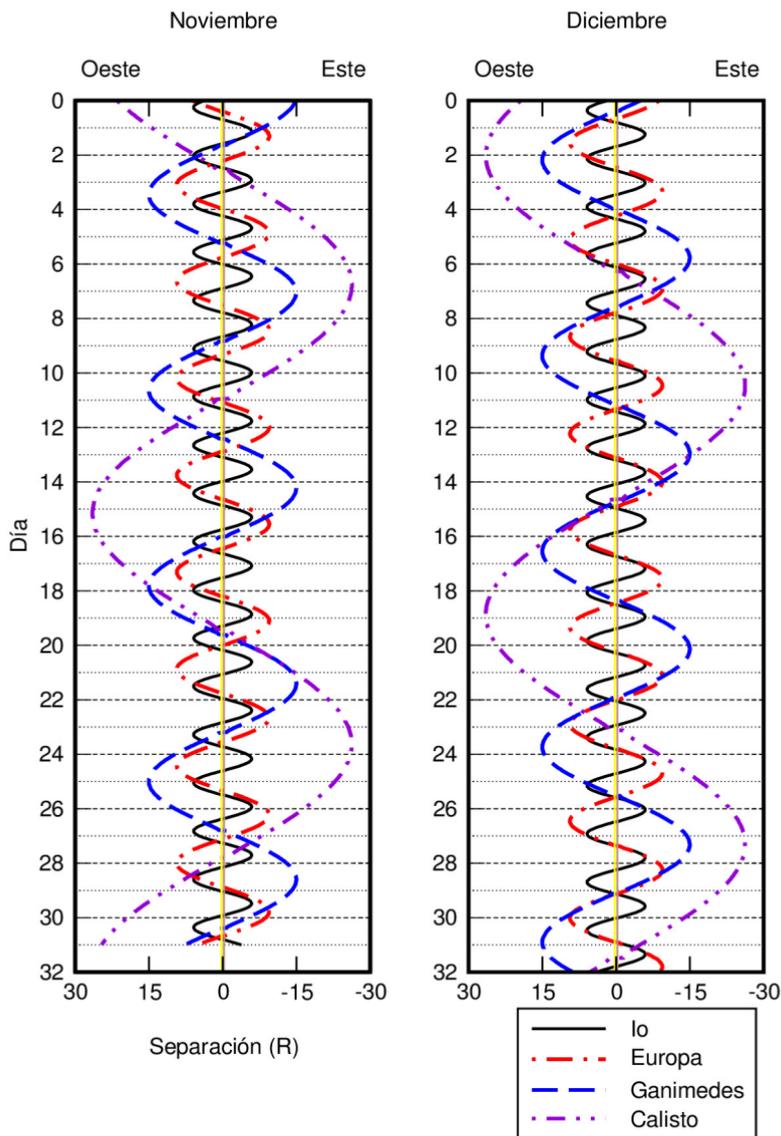


Tabla de equivalencias para distancias en el sistema solar

paralaje ecuatorial	tiempo luz ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> <sup>s</sup> )	distancia		
		en ua	en $\mathcal{R}_{\oplus}$	en km
1°	1,2	0,0024	57,3	3,65 10 <sup>5</sup>
50'	1,5	0,0029	68,8	4,39 10 <sup>5</sup>
40'	1,8	0,0037	85,9	5,48 10 <sup>5</sup>
30'	2,4	0,0049	114,6	7,31 10 <sup>5</sup>
20'	3,7	0,0073	171,9	10,96 10 <sup>5</sup>
10'	7,3	0,0147	343,8	21,93 10 <sup>5</sup>
9'	8,1	0,0163	382,0	24,36 10 <sup>5</sup>
8'	9,1	0,0183	429,7	27,41 10 <sup>5</sup>
7'	10,4	0,0209	491,1	31,32 10 <sup>5</sup>
6'	12,2	0,0244	573,0	36,54 10 <sup>5</sup>
5'	14,6	0,0293	687,5	43,85 10 <sup>5</sup>
4'	18,3	0,0366	859,4	54,82 10 <sup>5</sup>
3'	24,4	0,0489	1145,9	73,09 10 <sup>5</sup>
2'	36,6	0,0733	1718,9	109,63 10 <sup>5</sup>
1'	73,1	0,1466	3438	219,26 10 <sup>5</sup>
50''	1 27,8	0,176	4125	263 10 <sup>5</sup>
40''	1 49,7	0,220	5157	329 10 <sup>5</sup>
30''	2 26,3	0,293	6875	439 10 <sup>5</sup>
20''	3 39,4	0,440	10313	658 10 <sup>5</sup>
10''	7 18,8	0,879	20600	1316 10 <sup>5</sup>
9''	8 07,6	0,977	22900	146 10 <sup>6</sup>
8''	9 08,5	1,099	25800	164 10 <sup>6</sup>
7''	10 26,9	1,256	29500	188 10 <sup>6</sup>
6''	12 11,4	1,466	34400	219 10 <sup>6</sup>
5''	14 37,7	1,759	41300	263 10 <sup>6</sup>
4''	18 17,1	2,199	51600	329 10 <sup>6</sup>
3''	24 22,8	2,931	68800	439 10 <sup>6</sup>
2''	36 34,2	4,397	103100	658 10 <sup>6</sup>
1''	73 08,3	8,794	206300	1316 10 <sup>6</sup>
0''9	1 21 16	9,8	229 10 <sup>3</sup>	146 10 <sup>7</sup>
0''8	1 31 25	11,0	258 10 <sup>3</sup>	164 10 <sup>7</sup>
0''7	1 44 29	12,6	295 10 <sup>3</sup>	188 10 <sup>7</sup>
0''6	2 01 54	14,7	344 10 <sup>3</sup>	219 10 <sup>7</sup>
0''5	2 26 17	17,6	413 10 <sup>3</sup>	263 10 <sup>7</sup>
0''4	3 02 51	22,0	516 10 <sup>3</sup>	329 10 <sup>7</sup>
0''3	4 03 48	29,3	688 10 <sup>3</sup>	439 10 <sup>7</sup>
0''2	6 05 42	44,0	1031 10 <sup>3</sup>	658 10 <sup>7</sup>
0''1	12 11 23	87,9	2063 10 <sup>3</sup>	1316 10 <sup>7</sup>

La unidad astronómica (ua) por definición es igual a 149.597.870,700 km.

# **OBJETOS MENORES DEL SISTEMA SOLAR**

Planetas enanos

Elementos orbitales y parámetros físicos

Efemérides

Asteroides

Elementos orbitales y parámetros físicos

Efemérides de los asteroides principales

Cometas

Lluvias de meteoros

## Estadísticas de objetos menores

Número de objetos conocidos de distinto tipo en julio de 2016:

Planetas enanos:	5
Satélites de los planetas enanos:	9
Asteroides descubiertos:	$\sim 710\,000$
Asteroides numerados:	$\sim 474\,000$
Asteroides nombrados:	$\sim 20\,000$
Ritmo anual de descubrimiento de asteroides:	$\sim 30\,000$
Asteroides potencialmente peligrosos:	1 741
Objetos Atenas ( $Q > 0,983$ ua, $a < 1$ ua):	1 114
Objetos Apolo ( $q < 1,017$ ua, $a > 1$ ua):	7 419
Objetos Amor ( $1,017 < q < 1,3$ ua):	6 509
Objetos Centauro (entre Júpiter y Neptuno):	287
Objetos transneptunianos:	1 770
Cometas con denominación IAU:	$\sim 3950$
Cometas de corto periodo numerados:	343
Ritmo de descubrimiento de cometas:	$\sim 80$ 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 Comité 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, $\Omega$	argumento perihelio, $\omega$	longitud del perihelio, $\varpi$
Ceres	10°587	80°409	73°213	153°622
Plutón	17°142	110°303	113°764	224°067
Eris	44°179	35°874	151°506	187°380
Makemake	28°998	79°597	298°410	378°007
Haumea	28°225	122°104	239°360	361°464

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

### Distancias orbitales (J2000.0)

Planeta	semieje mayor, $a$		excentri- cidad, $e$	distancias (ua)	
	en ua	10 <sup>6</sup> km		q,mínima	Q,máxima
Ceres	2,7655	413,71	0,0800	2,544	2,987
Plutón	39,4817	5906,38	0,2488	28,641	50,322
Eris	67,6960	10127,18	0,4409	37,846	97,546
Makemake	45,4823	6804,06	0,1597	38,218	52,746
Haumea	43,0808	6444,80	0,1963	34,624	51,538

**Traslación (J2000.0)**

Planeta	periodo orbital $P$ (años)	movimiento medio diario $n$	velocidad orbital media $V$ (km/s)	periodo sinódico medio (días)
Ceres	4,60	0°214304	17,88	466,72
Plutón	247,94	0°003975	4,67	366,73
Eris	557,00	0°001770	3,44	365,90
Makemake	306,74	0°003213	4,42	366,44
Haumea	282,77	0°003486	4,48	366,54

La velocidad de escape es  $\sqrt{2}$  veces la velocidad orbital.

**Datos fotométricos**

Planeta	albedo geométrico	albedo de Bond	magnitud visual, $V$ , en oposic.	índice de color $B-V$	constante solar (Tierra=1)
Ceres	0,1		6,8	0,71	0,13
Plutón	$\sim 0,6$	$\sim 0,5$	15,1	0,85	0,0007
Eris	0,9		17,1		0,0002
Makemake	0,8		16,0		0,0005
Haumea	0,7		16,5		0,0005

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

**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 ( $\approx 10^{12}\text{ km}^3$ )
Ceres	0,076	975	909	0,068	1"3	0,0004
Plutón	0,186	2370	= ecuat.	$\sim 0$	3"3	0,0064
Eris	0,185	2360	= ecuat.	$\sim 0$	3"3	0,0064
Makemake	$\sim 0,118$	$\sim 1\,500$	= ecuat.	$\sim 0$	$\sim 2"1$	$\sim 0,002$
Haumea	$\sim 0,157$	$\sim 2\,000$	$\sim 1\,000$	$\sim 0,5$	$\sim 2"7$	$\sim 0,002$

El achatamiento se define como:  $f = 1 - D_{\text{polar}}/D_{\text{ecuat}}$

**Masa**

Planeta	masa, $M_{\text{P}}$ ( $\mathcal{M}_{\oplus}$ )	densidad media ( $\text{g cm}^{-3}$ )	gravedad superf. ecu. ( $\text{m s}^{-2}$ )	constante gravit., $GM_{\text{P}}$ ( $10^{10}\text{ m}^3\text{ s}^{-2}$ )
Ceres	0,00016	2,2	0,56	6
Plutón	0,00218	1,9	0,62	87
Eris	0,00277	2,4	0,79	110
Makemake	$\sim 0,0007$	$\sim 2$	$\sim 0,5$	$\sim 27$
Haumea	$\sim 0,0007$	2,6	$\sim 0,3$	$\sim 27$

### Descubrimiento de los planetas enanos

---

Ceres:	1 de enero de 1801, por Giuseppe Piazzi (1746–1826) en Palermo mediante observación visual. Anunció el descubrimiento el 24 de enero.
Plutón:	18 de febrero de 1930, por Clyde William Tombaugh (1906–1997). Descubrimiento hecho a partir de fotografías tomadas con un telescopio de 13 pulgadas de apertura en el observatorio Lowell (EEUU) los días 23 y 29 de enero, y hecho público el 13 de marzo.
Haumea:	7 de marzo de 2003, en el Observatorio de Sierra Nevada (España) y el 28 de diciembre de 2004 en el Observatorio de Monte Palomar (EEUU). El descubrimiento se anunció en julio de 2005 por M.E. Brown et al y por J.L. Ortiz et al. Aún no hay descubridor oficial.
Eris:	21 de octubre de 2003, por Michael E. Brown, Chad A. Trujillo y David L. Rabinowitz en el Observatorio de Monte Palomar (EEUU). El descubrimiento se anunció el 29 de julio de 2005.
Makemake:	31 de marzo de 2005, por Michael E. Brown, Chad A. Trujillo y David L. Rabinowitz en el Observatorio de Monte Palomar (EEUU). El descubrimiento se anunció el 29 de julio de 2005.

---

### Satélites de los planetas enanos

---

planeta satélite	dimensiones (km)	mag.	periodo orbital (d)	descubrimiento
<b>Plutón:</b>				
I Caronte	1208	16,8	6,387	1978 Christy
II Nix	50×35×33	23,4	24,855	2005 Weaver et al
III Hidra	65×45×25	22,9	38,202	2005 Weaver et al
IV Cerbero	19×10×9	26,3	32,168	2011 Showalter et al
V Estigia	16×9×8	26,9	20,162	2012 Showalter et al
<b>Eris:</b>				
I Disnomia	300–400	23,1	~14	2005 Brown y AOT
<b>Makemake:</b>				
I S/2015 (126472) 1	~175	23,8	> 12	2016 Parker et al
<b>Haumea:</b>				
I Hi'iaka	~310	20,6	49,46	2005 Brown y AOT
II Namaka	~170	21,9	18,28	2005 Brown y AOT

---

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

Los valores del tamaño y el periodo del satélite de Makemake son preliminares.

**Efemérides**

Coordenadas astrométricas, incluyendo perturbaciones planetarias.

**CERES 2017**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		Ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Ene 1	01 34 00,9	+01 42 23	2,461	2,830	20	8,6
Ene 11	01 38 45,2	+02 57 16	2,591	2,822	20	8,7
Ene 21	01 45 19,7	+04 18 26	2,722	2,815	20	8,8
Ene 31	01 53 31,4	+05 44 10	2,852	2,807	20	8,9
Feb 10	02 03 08,2	+07 12 56	2,978	2,800	19	9,0
Feb 20	02 13 58,5	+08 43 15	3,098	2,792	18	9,0
Mar 2	02 25 54,1	+10 13 57	3,210	2,784	17	9,0
Mar 12	02 38 46,8	+11 43 53	3,314	2,777	16	9,1
Mar 22	02 52 29,8	+13 11 59	3,407	2,769	14	9,1
Abr 1	03 06 58,3	+14 37 22	3,489	2,761	13	9,0
Abr 11	03 22 07,2	+15 59 06	3,560	2,753	11	9,0
Abr 21	03 37 52,1	+17 16 25	3,618	2,745	9	9,0
May 1	03 54 09,8	+18 28 35	3,664	2,737	7	8,9
May 11	04 10 56,0	+19 34 57	3,697	2,730	5	8,8
May 21	04 28 07,2	+20 34 57	3,718	2,722	3	8,7
May 31	04 45 40,3	+21 28 08	3,726	2,714	1	8,6
Jun 10	05 03 30,4	+22 14 05	3,721	2,706	1	8,5
Jun 20	05 21 34,1	+22 52 35	3,703	2,699	3	8,6
Jun 30	05 39 47,1	+23 23 29	3,673	2,691	5	8,7
Jul 10	05 58 04,2	+23 46 47	3,631	2,684	7	8,8
Jul 20	06 16 21,0	+24 02 39	3,577	2,676	9	8,9
Jul 30	06 34 32,5	+24 11 24	3,512	2,669	11	8,9
Ago 9	06 52 32,8	+24 13 31	3,436	2,662	12	8,9
Ago 19	07 10 17,0	+24 09 40	3,349	2,655	14	8,9
Ago 29	07 27 39,0	+24 00 45	3,253	2,648	16	8,9
Set 8	07 44 32,3	+23 47 48	3,148	2,642	17	8,9
Set 18	08 00 51,1	+23 32 05	3,034	2,635	19	8,8
Set 28	08 16 27,5	+23 15 10	2,913	2,629	20	8,8
Oct 8	08 31 13,4	+22 58 45	2,786	2,623	21	8,7
Oct 18	08 45 00,1	+22 44 48	2,654	2,617	22	8,7
Oct 28	08 57 35,8	+22 35 36	2,519	2,611	22	8,5
Nov 7	09 08 48,1	+22 33 30	2,383	2,606	22	8,4
Nov 17	09 18 22,4	+22 41 04	2,248	2,601	22	8,3
Nov 27	09 26 00,1	+23 00 49	2,117	2,596	21	8,1
Dic 7	09 31 22,8	+23 34 49	1,992	2,591	20	7,9
Dic 17	09 34 11,2	+24 24 16	1,878	2,587	18	7,7
Dic 27	09 34 07,8	+25 28 48	1,779	2,583	15	7,5

**PLUTON 2017**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		Ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> <sup>s</sup> )	$\delta_{2000}$ ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> <sup>"</sup> )				
Ene 1	19 11 56,6	-21 23 03	34,220	33,243	0	14,3
Ene 11	19 13 24,8	-21 21 26	34,230	33,249	0	14,3
Ene 21	19 14 52,0	-21 19 44	34,211	33,255	0	14,3
Ene 31	19 16 16,4	-21 18 02	34,164	33,262	1	14,3
Feb 10	19 17 35,8	-21 16 23	34,090	33,268	1	14,3
Feb 20	19 18 48,5	-21 14 53	33,991	33,274	1	14,3
Mar 2	19 19 52,7	-21 13 35	33,871	33,281	1	14,3
Mar 12	19 20 47,0	-21 12 33	33,733	33,287	2	14,3
Mar 22	19 21 30,1	-21 11 50	33,581	33,293	2	14,3
Abr 1	19 22 01,3	-21 11 30	33,421	33,300	2	14,3
Abr 11	19 22 19,9	-21 11 35	33,257	33,306	2	14,3
Abr 21	19 22 25,8	-21 12 05	33,094	33,313	2	14,3
May 1	19 22 19,0	-21 13 01	32,937	33,319	2	14,3
May 11	19 22 00,1	-21 14 23	32,791	33,325	1	14,3
May 21	19 21 30,0	-21 16 08	32,659	33,332	1	14,2
May 31	19 20 49,9	-21 18 14	32,547	33,338	1	14,2
Jun 10	19 20 01,3	-21 20 38	32,457	33,344	1	14,2
Jun 20	19 19 06,2	-21 23 16	32,392	33,351	1	14,2
Jun 30	19 18 06,4	-21 26 05	32,355	33,357	0	14,2
Jul 10	19 17 04,4	-21 28 58	32,347	33,364	0	14,2
Jul 20	19 16 02,3	-21 31 53	32,368	33,370	0	14,2
Jul 30	19 15 02,4	-21 34 44	32,417	33,376	1	14,2
Ago 9	19 14 07,1	-21 37 28	32,494	33,383	1	14,2
Ago 19	19 13 18,4	-21 40 01	32,596	33,389	1	14,2
Ago 29	19 12 38,2	-21 42 19	32,721	33,395	1	14,3
Set 8	19 12 08,0	-21 44 20	32,866	33,402	1	14,3
Set 18	19 11 49,1	-21 46 02	33,025	33,408	2	14,3
Set 28	19 11 42,5	-21 47 23	33,196	33,415	2	14,3
Oct 8	19 11 48,6	-21 48 21	33,372	33,421	2	14,3
Oct 18	19 12 07,5	-21 48 57	33,549	33,427	2	14,3
Oct 28	19 12 39,2	-21 49 09	33,722	33,434	2	14,3
Nov 7	19 13 22,9	-21 48 59	33,887	33,440	1	14,3
Nov 17	19 14 17,6	-21 48 27	34,038	33,447	1	14,3
Nov 27	19 15 22,2	-21 47 35	34,171	33,453	1	14,3
Dic 7	19 16 35,1	-21 46 24	34,282	33,459	1	14,3
Dic 17	19 17 54,6	-21 44 57	34,369	33,466	1	14,3
Dic 27	19 19 18,8	-21 43 17	34,429	33,472	0	14,3

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

**HAUMEA 2017**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		Ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> <sup>s</sup> )	$\delta_{2000}$ ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> <sup>"</sup> )				
Ene 1	14 11 27,8	+16 25 15	50,796	50,596	1	17,3
Ene 11	14 11 49,3	+16 29 09	50,641	50,594	1	17,3
Ene 21	14 12 03,1	+16 33 55	50,486	50,593	1	17,3
Ene 31	14 12 08,8	+16 39 23	50,333	50,590	1	17,3
Feb 10	14 12 06,3	+16 45 23	50,188	50,589	1	17,3
Feb 20	14 11 56,0	+16 51 42	50,056	50,587	1	17,3
Mar 2	14 11 38,2	+16 58 08	49,939	50,584	1	17,3
Mar 12	14 11 13,8	+17 04 27	49,842	50,583	1	17,2
Mar 22	14 10 43,6	+17 10 28	49,768	50,581	1	17,2
Abr 1	14 10 08,8	+17 15 56	49,718	50,579	1	17,2
Abr 11	14 09 30,7	+17 20 42	49,694	50,577	1	17,2
Abr 21	14 08 50,6	+17 24 36	49,697	50,575	1	17,2
May 1	14 08 10,0	+17 27 31	49,725	50,572	1	17,2
May 11	14 07 30,4	+17 29 20	49,778	50,571	1	17,2
May 21	14 06 53,0	+17 30 00	49,853	50,569	1	17,2
May 31	14 06 19,2	+17 29 31	49,950	50,566	1	17,3
Jun 10	14 05 50,1	+17 27 52	50,064	50,565	1	17,3
Jun 20	14 05 26,6	+17 25 08	50,192	50,562	1	17,3
Jun 30	14 05 09,6	+17 21 23	50,330	50,560	1	17,3
Jul 10	14 04 59,6	+17 16 43	50,475	50,558	1	17,3
Jul 20	14 04 57,0	+17 11 15	50,622	50,556	1	17,3
Jul 30	14 05 02,1	+17 05 09	50,767	50,554	1	17,3
Ago 9	14 05 14,7	+16 58 35	50,905	50,552	1	17,3
Ago 19	14 05 34,6	+16 51 42	51,034	50,550	1	17,3
Ago 29	14 06 01,4	+16 44 40	51,149	50,548	1	17,3
Set 8	14 06 34,6	+16 37 41	51,247	50,546	1	17,3
Set 18	14 07 13,3	+16 30 55	51,325	50,544	1	17,3
Set 28	14 07 56,8	+16 24 33	51,381	50,542	1	17,3
Oct 8	14 08 43,9	+16 18 45	51,413	50,540	1	17,3
Oct 18	14 09 33,5	+16 13 38	51,420	50,538	1	17,3
Oct 28	14 10 24,6	+16 09 23	51,401	50,536	1	17,3
Nov 7	14 11 15,6	+16 06 04	51,357	50,534	1	17,3
Nov 17	14 12 05,5	+16 03 49	51,288	50,532	1	17,3
Nov 27	14 12 52,9	+16 02 41	51,197	50,530	1	17,3
Dic 7	14 13 36,5	+16 02 41	51,085	50,528	1	17,3
Dic 17	14 14 15,3	+16 03 50	50,957	50,526	1	17,3
Dic 27	14 14 48,2	+16 06 07	50,815	50,523	1	17,3

**MAKEMAKE 2017**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		Ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> <sup>s</sup> )	$\delta_{2000}$ ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> <sup>"</sup> )				
Ene 1	13 01 18,8	+24 30 35	52,359	52,472	1	17,1
Ene 11	13 01 25,0	+24 35 40	52,210	52,473	1	17,1
Ene 21	13 01 23,1	+24 41 21	52,070	52,474	1	17,0
Ene 31	13 01 13,2	+24 47 28	51,941	52,475	1	17,0
Feb 10	13 00 55,8	+24 53 46	51,830	52,476	1	17,0
Feb 20	13 00 31,5	+25 00 03	51,737	52,477	1	17,0
Mar 2	13 00 01,3	+25 06 04	51,668	52,478	1	17,0
Mar 12	12 59 26,3	+25 11 36	51,624	52,479	1	17,0
Mar 22	12 58 47,8	+25 16 28	51,606	52,480	1	17,0
Abr 1	12 58 07,2	+25 20 29	51,614	52,481	1	17,0
Abr 11	12 57 25,9	+25 23 30	51,648	52,482	1	17,0
Abr 21	12 56 45,5	+25 25 26	51,707	52,483	1	17,0
May 1	12 56 07,3	+25 26 12	51,789	52,484	1	17,0
May 11	12 55 32,5	+25 25 46	51,891	52,485	1	17,0
May 21	12 55 02,5	+25 24 10	52,010	52,486	1	17,0
May 31	12 54 38,0	+25 21 25	52,143	52,487	1	17,0
Jun 10	12 54 20,1	+25 17 36	52,285	52,488	1	17,1
Jun 20	12 54 09,1	+25 12 50	52,433	52,489	1	17,1
Jun 30	12 54 05,5	+25 07 14	52,582	52,490	1	17,1
Jul 10	12 54 09,5	+25 00 56	52,729	52,491	1	17,1
Jul 20	12 54 21,0	+24 54 06	52,869	52,492	1	17,1
Jul 30	12 54 39,8	+24 46 54	52,998	52,493	1	17,1
Ago 9	12 55 05,4	+24 39 31	53,113	52,494	1	17,1
Ago 19	12 55 37,3	+24 32 07	53,211	52,495	1	17,1
Ago 29	12 56 14,8	+24 24 53	53,289	52,496	1	17,1
Set 8	12 56 56,9	+24 18 00	53,344	52,497	1	17,1
Set 18	12 57 42,6	+24 11 37	53,376	52,498	1	17,0
Set 28	12 58 31,0	+24 05 53	53,383	52,499	1	17,0
Oct 8	12 59 20,7	+24 00 58	53,364	52,500	1	17,0
Oct 18	13 00 10,6	+23 56 58	53,321	52,501	1	17,1
Oct 28	13 00 59,5	+23 53 59	53,254	52,502	1	17,1
Nov 7	13 01 46,1	+23 52 07	53,164	52,503	1	17,1
Nov 17	13 02 29,2	+23 51 24	53,055	52,504	1	17,1
Nov 27	13 03 07,6	+23 51 51	52,929	52,505	1	17,1
Dic 7	13 03 40,3	+23 53 27	52,790	52,506	1	17,1
Dic 17	13 04 06,5	+23 56 09	52,642	52,507	1	17,1
Dic 27	13 04 25,4	+23 59 52	52,490	52,508	1	17,1

**ERIS 2017**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		Ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> <sup>s</sup> )	$\delta_{2000}$ ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> <sup>"</sup> )				
Ene 1	01 40 47,7	-02 48 02	96,024	96,225	1	18,7
Ene 11	01 40 43,8	-02 46 39	96,192	96,223	1	18,7
Ene 21	01 40 44,0	-02 44 51	96,360	96,221	1	18,8
Ene 31	01 40 48,3	-02 42 43	96,524	96,219	1	18,8
Feb 10	01 40 56,4	-02 40 16	96,678	96,217	1	18,7
Feb 20	01 41 08,2	-02 37 34	96,819	96,216	1	18,7
Mar 2	01 41 23,3	-02 34 43	96,940	96,213	0	18,7
Mar 12	01 41 41,2	-02 31 46	97,040	96,212	0	18,7
Mar 22	01 42 01,4	-02 28 48	97,116	96,210	0	18,7
Abr 1	01 42 23,3	-02 25 54	97,164	96,208	0	18,7
Abr 11	01 42 46,2	-02 23 06	97,185	96,206	0	18,7
Abr 21	01 43 09,6	-02 20 31	97,177	96,204	0	18,7
May 1	01 43 32,9	-02 18 10	97,141	96,202	0	18,7
May 11	01 43 55,3	-02 16 07	97,078	96,200	0	18,7
May 21	01 44 16,3	-02 14 25	96,991	96,198	0	18,7
May 31	01 44 35,3	-02 13 06	96,881	96,196	1	18,7
Jun 10	01 44 51,8	-02 12 11	96,751	96,194	1	18,7
Jun 20	01 45 05,4	-02 11 41	96,606	96,192	1	18,8
Jun 30	01 45 15,8	-02 11 37	96,450	96,190	1	18,8
Jul 10	01 45 22,6	-02 11 57	96,285	96,188	1	18,8
Jul 20	01 45 25,6	-02 12 41	96,118	96,186	1	18,7
Jul 30	01 45 24,9	-02 13 46	95,953	96,185	1	18,7
Ago 9	01 45 20,3	-02 15 11	95,794	96,183	1	18,7
Ago 19	01 45 12,1	-02 16 52	95,647	96,181	1	18,7
Ago 29	01 45 00,4	-02 18 46	95,514	96,179	1	18,7
Set 8	01 44 45,6	-02 20 49	95,400	96,177	0	18,7
Set 18	01 44 28,0	-02 22 56	95,309	96,175	0	18,7
Set 28	01 44 08,3	-02 25 04	95,243	96,173	0	18,7
Oct 8	01 43 47,0	-02 27 07	95,205	96,171	0	18,7
Oct 18	01 43 24,8	-02 29 01	95,196	96,169	0	18,6
Oct 28	01 43 02,3	-02 30 41	95,216	96,167	0	18,7
Nov 7	01 42 40,4	-02 32 04	95,264	96,165	0	18,7
Nov 17	01 42 19,6	-02 33 07	95,341	96,163	0	18,7
Nov 27	01 42 00,7	-02 33 45	95,442	96,161	0	18,7
Dic 7	01 41 44,4	-02 33 58	95,566	96,159	1	18,7
Dic 17	01 41 31,1	-02 33 44	95,708	96,157	1	18,7
Dic 27	01 41 21,2	-02 33 02	95,864	96,156	1	18,7

## Asteroides

En julio de 2016 se llevan descubiertos unos 710 000 asteroides, de los cuales unos 474 000 han sido numerados y unos 20 000 han recibido un nombre. Por su órbita y su tamaño, unos 1 741 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	$\omega$ ( $^{\circ}$ )	$\Omega$ ( $^{\circ}$ )	$i$ ( $^{\circ}$ )
1 Ceres	2013,75	2,7682	0,0757	72,773	80,318	10,592
2 Palas	2014,00	2,7726	0,2309	309,996	173,088	34,841
3 Juno	2014,59	2,6692	0,2565	248,256	169,864	12,990
4 Vesta	2014,76	2,3615	0,0890	151,124	103,844	7,140
5 Astrea	2016,09	2,5745	0,1915	358,923	141,595	5,368
6 Hebe	2014,67	2,4268	0,2019	239,691	138,689	14,741
7 Iris	2014,25	2,3852	0,2314	145,373	259,570	5,524
8 Flora	2014,34	2,2010	0,1570	285,388	110,905	5,887
9 Metis	2012,84	2,3862	0,1220	5,915	68,934	5,574
10 Hygiea	2011,42	3,1431	0,1137	311,872	283,283	3,831
11 Partenope	2012,58	2,4528	0,1003	195,982	125,567	4,630
12 Victoria	2014,50	2,3337	0,2209	69,515	235,473	8,368
13 Egeria	2013,09	2,5767	0,0837	80,337	43,238	16,539
14 Irene	2013,33	2,5858	0,1664	98,090	86,148	9,119
15 Eunomia	2016,00	2,6433	0,1872	97,536	293,180	11,738
16 Psyche	2015,34	2,9218	0,1360	227,108	150,276	3,099
18 Melpomene	2013,33	2,2954	0,2189	227,862	150,470	10,134
19 Fortuna	2013,42	2,4418	0,1588	182,177	211,151	1,574
20 Masalia	2014,42	2,4088	0,1426	256,595	206,125	0,708
27 Euterpe	2016,00	2,3469	0,1723	356,631	94,798	1,584
29 Amphitrite	2016,09	2,5544	0,0718	62,009	356,420	6,090
39 Laetitia	2015,50	2,7680	0,1136	208,209	157,115	10,381
40 Harmonia	2014,92	2,2678	0,0464	269,123	94,228	4,257
44 Nysa	2014,75	2,4230	0,1485	343,274	131,559	3,707
51 Nemausa	2014,75	2,3658	0,0669	2,352	176,019	9,980
89 Julia	2013,75	2,5504	0,1842	45,433	311,568	16,128
192 Nausikaa	2015,67	2,4026	0,2459	30,044	343,248	6,814
230 Atamantis	2015,42	2,3820	0,0613	138,999	239,905	9,444
349 Dembowska	2012,34	2,9236	0,0915	346,274	32,353	8,246
354 Eleonora	2015,00	2,7976	0,1148	5,500	140,371	18,403

Los elementos de la órbita se refieren al equinoccio y eclíptica medios J2000.0:

- T** = instante de paso por el perihelio,  
**a** = semieje mayor de la órbita,  
**e** = excentricidad,  
 $\omega$  = argumento del perihelio,  
 $\Omega$  = 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:

$$P = a^{3/2}$$

El movimiento medio es:  $n = 0,98561/P$  ( $^{\circ}$ /día).

#### Datos físicos y fotométricos

nombre	tamaño (km)	tipo esp.	$P_{rotac}$ (h)	$V(a,0)$ (magn.)	coef. mag.	
					H	G
1 Ceres	965×961×891	C	9,074	6,79	3,34	0,12
2 Palas	570×525×500	B	7,813	7,59	4,13	0,11
3 Juno	320×267×200	S	7,210	8,58	5,33	0,32
4 Vesta	573×557×446	V	5,342	5,74	3,20	0,32
5 Astrea	167×123×82	S	16,800	9,89	6,85	0,15
6 Hebe	205×185×170	S	7,275	8,41	5,71	0,24
7 Iris	240×200×200	S	7,139	8,11	5,51	0,15
8 Flora	161×161×161	S	12,865	8,60	6,49	0,28
9 Metis	222×182×130	S	5,079	8,88	6,28	0,17
10 Hygiea	530×407×370	C	27,623	9,56	5,43	0,15
11 Partenope	153×153×153	S	13,729	9,31	6,55	0,15
12 Victoria	113	S	8,660	9,71	7,24	0,22
13 Egeria	208×208×208	C	7,045	9,78	6,74	0,15
14 Irene	167×153×139	S	15,028	9,37	6,30	0,15
15 Eunomia	357×255×212	S	6,083	8,47	5,28	0,23
16 Psyche	240×185×145	M	4,196	9,65	5,90	0,20
18 Melpomene	170×155×129	S	11,570	8,88	6,51	0,25
19 Fortuna	225×205×195	C	7,443	9,87	7,13	0,10
20 Masalia	160×145×132	S	8,098	9,15	6,50	0,25
27 Euterpe	124×75	S	10,410	9,5	7,0	0,15
29 Amphitrite	233×212×193	S	5,392	8,84	5,85	0,20
39 Laetitia	210×150×107	S	5,138	9,5	6,1	0,15
40 Harmonia	108	S	8,910	9,3	7,0	0,15
44 Nysa	71	E	6,422	9,72	7,03	0,46
51 Nemausa	148	C	7,783	9,91	7,35	0,06

Los diez mayores asteroides de tamaño conocido, ordenados de mayor a menor de acuerdo con el diámetro de una esfera de volumen equivalente, son: 1 Ceres, 2 Palas (Pallas), 4 Vesta, 10 Hygiea, 704 Interamnia, 52 Europa, 511 Davida, 87 Silvia (Sylvia), 65 Cibele (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 Eufrosine (Euphrosyne), todos ellos con una masa superior a  $5 \cdot 10^{19}$  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 ( $\sim 0,07$ ),
- B** = tipo carbonáceo, con espectro azulado y albedo bajo ( $\sim 0,07$ ),
- M** = tipo metálico, con albedo medio ( $\sim 0,15$ ),
- S** = tipo pétreo, con albedo medio ( $\sim 0,15$ ),
- V** = tipo Vesta, con albedo alto ( $\sim 0,25$ ) y
- E** = con albedo muy alto ( $\sim 0,33$ ).

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,  $\Delta$ , así como el ángulo de fase  $\beta$  (ver tablas en las páginas siguientes). La magnitud aparente predicha (para  $0^\circ < \beta < 120^\circ$ ) será:

$$V = H + 5 \log(r\Delta) - 2,5 \log[(1 - G)\Phi_1 + G\Phi_2]$$

donde  $r$  y  $\Delta$  se expresan en ua y siendo:

$$\begin{aligned} \log_e \Phi_1 &= -3,33 \left[ \tan\left(\frac{\beta}{2}\right) \right]^{0,63} \\ \log_e \Phi_2 &= -1,87 \left[ \tan\left(\frac{\beta}{2}\right) \right]^{1,22} \end{aligned}$$

Cuando no está tabulado, el ángulo de fase  $\beta$  se puede calcular conocidas las distancias entre Sol, Tierra y asteroide, mediante la fórmula:

$$\cos \beta = \frac{\Delta^2 + r^2 - R^2}{2r\Delta}$$

donde  $R$  es la distancia Tierra-Sol (ver sección SOL o, en primera aproximación,  $R = 1$ ).

### Fechas de la oposición en 2017 de los primeros asteroides

	nombre	oposición en longitud	magnitud V	oposición en asc. recta
2	Palas	Oct 28, 23 <sup>h</sup>	8,2	Nov 09, 6 <sup>h</sup>
3	Juno	Jul 02, 12 <sup>h</sup>	9,8	Jul 01, 9 <sup>h</sup>
4	Vesta	Ene 18, 0 <sup>h</sup>	6,2	Ene 18, 11 <sup>h</sup>
5	Astrea	Jul 02, 1 <sup>h</sup>	10,8	Jul 01, 17 <sup>h</sup>
6	Hebe	Jun 17, 3 <sup>h</sup>	9,2	Jun 17, 14 <sup>h</sup>
7	Iris	Oct 29, 22 <sup>h</sup>	6,9	Oct 27, 11 <sup>h</sup>
9	Metis	Feb 22, 2 <sup>h</sup>	9,1	Feb 25, 3 <sup>h</sup>
10	Hygiea	Jun 29, 19 <sup>h</sup>	9,1	Jun 29, 19 <sup>h</sup>
12	Victoria	Abr 19, 16 <sup>h</sup>	9,8	Abr 17, 14 <sup>h</sup>
13	Egeria	Ene 08, 19 <sup>h</sup>	10,1	Ene 12, 6 <sup>h</sup>
14	Irene	Feb 18, 18 <sup>h</sup>	9,0	Feb 23, 13 <sup>h</sup>
15	Eunomia	Feb 20, 10 <sup>h</sup>	9,2	Feb 17, 2 <sup>h</sup>
16	Psyche	Mar 03, 5 <sup>h</sup>	10,3	Mar 03, 13 <sup>h</sup>
20	Masalia	Dic 17, 17 <sup>h</sup>	8,4	Dic 17, 18 <sup>h</sup>
27	Euterpe	May 25, 16 <sup>h</sup>	10,4	May 25, 20 <sup>h</sup>
29	Amphitrite	Mar 03, 11 <sup>h</sup>	9,1	Mar 04, 6 <sup>h</sup>
39	Laetitia	Feb 14, 6 <sup>h</sup>	10,1	Feb 13, 8 <sup>h</sup>
40	Harmonia	Jun 23, 12 <sup>h</sup>	9,3	Jun 23, 12 <sup>h</sup>

La oposición en longitud corresponde al instante de fase mínima.

### Asteroides cercanos a la Tierra

Se conoce un número cada vez mayor de asteroides que se acercan a la órbita de la Tierra. A aquellos cuyo perihelio  $q$  llega a ser menor de 1,3 ua se los denomina NEA, acrónimo de la expresión inglesa Near Earth Asteroids. Incluyen varios grupos especiales, que reciben el nombre del primer asteroide descubierto con unas determinadas características:

**PHA** Son los NEA potencialmente peligrosos, dado que pueden llegar a estar a una distancia de la Tierra menor de 0,05 ua (7,5 millones de km) y cuya magnitud absoluta es  $H < 22$ , lo que se traduce en un tamaño mayor de unos 150 m.

**Atón** Son aquellos NEA que cruzan la órbita de la Tierra ( $Q > 1 - e_{\oplus}$  ua) y cuyo semieje orbital es menor que el de ésta ( $a < 1$  ua).

**Apolo** Son aquellos NEA que cruzan la órbita de la Tierra ( $q < 1 + e_{\oplus}$  ua) y cuyo semieje orbital es mayor que el de ésta ( $a > 1$  ua).

**Amor** Son aquellos NEA que no llegan a cruzar la órbita terrestre pero cuyo perihelio es  $1 + e_{\oplus} < q < 1,3$  ua ( $e_{\oplus} = 0,017$ ).

## Efemérides

A continuación figuran las efemérides de los primeros asteroides para cada diez días en el intervalo en que su elongación solar es mayor de 90°. No se han considerado las perturbaciones planetarias. Las coordenadas ecuatoriales se refieren al equinoccio y ecuador medios de la época J2000. Se trata de coordenadas *astrométricas*, es decir, coordenadas geocéntricas corregidas únicamente de tiempo-luz pero no de aberración ánuu.

### 2 PALAS 2017 (coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Jul 30	02 45 05,6	-01 04 21	2,600	2,764	22	9,5
Ago 9	02 55 10,7	-02 28 45	2,450	2,740	22	9,4
Ago 19	03 03 59,2	-04 14 40	2,305	2,716	21	9,2
Ago 29	03 11 12,7	-06 23 00	2,168	2,691	21	9,0
Set 8	03 16 32,8	-08 53 13	2,043	2,667	20	8,8
Set 18	03 19 41,0	-11 42 58	1,933	2,643	18	8,7
Set 28	03 20 20,2	-14 47 02	1,841	2,618	17	8,5
Oct 8	03 18 22,9	-17 56 34	1,770	2,594	15	8,3
Oct 18	03 13 53,4	-20 59 59	1,722	2,569	14	8,2
Oct 28	03 07 14,6	-23 43 36	1,698	2,545	14	8,2
Nov 7	02 59 13,4	-25 54 52	1,697	2,520	15	8,2
Nov 17	02 50 50,6	-27 25 11	1,717	2,496	17	8,2
Nov 27	02 43 14,2	-28 10 51	1,756	2,473	19	8,3
Dic 7	02 37 23,8	-28 13 53	1,810	2,449	21	8,4
Dic 17	02 33 58,5	-27 39 45	1,874	2,426	22	8,5
Dic 27	02 33 19,2	-26 35 15	1,947	2,403	23	8,6

### 3 JUNO 2017 (coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Abr 11	19 02 30,2	-08 36 22	2,968	3,214	18	11,0
Abr 21	19 06 54,6	-07 49 47	2,817	3,200	18	10,8
May 1	19 09 26,3	-07 04 12	2,670	3,186	17	10,7
May 11	19 09 55,5	-06 21 44	2,533	3,171	16	10,5
May 21	19 08 16,1	-05 44 35	2,407	3,155	14	10,4

**3 JUNO (cont.) 2017**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
May 31	19 04 26,9	-05 15 20	2,298	3,139	12	10,2
Jun 10	18 58 38,1	-04 56 28	2,209	3,122	10	10,0
Jun 20	18 51 11,3	-04 50 03	2,144	3,104	7	9,9
Jun 30	18 42 40,5	-04 57 28	2,104	3,086	6	9,8
Jul 10	18 33 51,9	-05 18 49	2,091	3,067	6	9,8
Jul 20	18 25 33,7	-05 52 50	2,105	3,047	9	9,8
Jul 30	18 18 31,3	-06 37 17	2,144	3,027	11	9,9
Ago 9	18 13 20,5	-07 29 09	2,206	3,007	14	10,1
Ago 19	18 10 22,4	-08 25 18	2,285	2,986	16	10,2
Ago 29	18 09 47,3	-09 22 58	2,379	2,964	18	10,3
Set 8	18 11 34,9	-10 19 35	2,483	2,942	19	10,4
Set 18	18 15 37,7	-11 13 14	2,593	2,919	20	10,5
Set 28	18 21 46,1	-12 02 19	2,707	2,896	20	10,6

**4 VESTA 2017**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Ene 1	08 19 14,8	+21 37 54	1,577	2,517	8	6,7
Ene 11	08 09 45,4	+22 39 59	1,535	2,511	4	6,4
Ene 21	07 59 01,1	+23 41 17	1,522	2,504	2	6,3
Ene 31	07 48 22,9	+24 35 39	1,538	2,497	7	6,5
Feb 10	07 39 15,2	+25 18 51	1,580	2,489	11	6,7
Feb 20	07 32 41,3	+25 49 32	1,647	2,482	15	6,9
Mar 2	07 29 17,2	+26 08 10	1,732	2,474	18	7,1
Mar 12	07 29 13,9	+26 16 07	1,832	2,466	21	7,3
Mar 22	07 32 20,6	+26 14 46	1,941	2,457	23	7,5
Abr 1	07 38 18,3	+26 04 56	2,057	2,449	24	7,6
Abr 11	07 46 43,7	+25 47 06	2,175	2,440	24	7,7

**5 ASTREA 2017**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Abr 11	19 04 49,6	-17 32 22	2,493	2,775	21	12,1
Abr 21	19 10 28,0	-17 13 12	2,375	2,792	20	12,0
May 1	19 13 49,2	-16 57 32	2,261	2,809	19	11,8
May 11	19 14 42,2	-16 46 55	2,156	2,826	18	11,7
May 21	19 13 00,9	-16 42 32	2,062	2,841	15	11,5
May 31	19 08 45,7	-16 45 08	1,984	2,857	12	11,4
Jun 10	19 02 12,3	-16 54 41	1,927	2,872	9	11,2
Jun 20	18 53 51,1	-17 10 23	1,894	2,886	5	11,0
Jun 30	18 44 27,5	-17 30 51	1,887	2,900	2	10,8
Jul 10	18 34 59,4	-17 54 21	1,909	2,914	4	10,9
Jul 20	18 26 22,8	-18 19 20	1,957	2,927	7	11,2
Jul 30	18 19 25,6	-18 44 40	2,031	2,939	11	11,4
Ago 9	18 14 41,0	-19 09 31	2,128	2,951	14	11,6
Ago 19	18 12 23,7	-19 33 18	2,242	2,962	16	11,8
Ago 29	18 12 36,6	-19 55 33	2,371	2,973	18	12,0
Set 8	18 15 12,8	-20 15 39	2,510	2,983	19	12,2
Set 18	18 19 59,1	-20 33 00	2,656	2,993	19	12,3
Set 28	18 26 42,0	-20 46 56	2,805	3,002	20	12,5

**6 HEBE 2017**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Mar 22	17 55 05,4	-07 59 28	2,462	2,696	22	10,8
Abr 1	18 02 43,2	-07 18 11	2,317	2,679	22	10,6
Abr 11	18 08 24,1	-06 33 32	2,175	2,661	21	10,4
Abr 21	18 11 52,8	-05 47 41	2,039	2,643	20	10,3
May 1	18 12 52,8	-05 03 26	1,913	2,625	18	10,1

**6 HEBE (cont.) 2017**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
May 11	18 11 14,4	-04 24 19	1,801	2,606	16	9,8
May 21	18 06 56,2	-03 54 12	1,704	2,586	14	9,6
May 31	18 00 09,4	-03 37 21	1,628	2,566	11	9,4
Jun 10	17 51 26,9	-03 37 36	1,574	2,546	8	9,2
Jun 20	17 41 38,8	-03 57 15	1,545	2,525	8	9,2
Jun 30	17 31 48,7	-04 36 49	1,541	2,504	10	9,2
Jul 10	17 23 04,1	-05 34 22	1,562	2,482	13	9,3
Jul 20	17 16 18,8	-06 46 13	1,604	2,460	16	9,5
Jul 30	17 12 10,4	-08 08 04	1,665	2,438	19	9,6
Ago 9	17 10 57,9	-09 35 33	1,741	2,416	21	9,8
Ago 19	17 12 42,1	-11 04 51	1,827	2,393	23	9,9
Ago 29	17 17 16,8	-12 33 01	1,921	2,371	24	10,0
Set 8	17 24 29,1	-13 57 31	2,020	2,348	25	10,1
Set 18	17 34 03,5	-15 16 25	2,121	2,325	26	10,2

**7 IRIS 2017**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Jul 20	01 23 25,9	+15 51 15	1,652	1,970	31	9,4
Jul 30	01 37 52,5	+17 38 08	1,536	1,950	31	9,2
Ago 9	01 51 07,0	+19 15 54	1,423	1,932	31	9,0
Ago 19	02 02 46,9	+20 42 46	1,314	1,914	30	8,8
Ago 29	02 12 21,7	+21 56 18	1,212	1,898	28	8,6
Set 8	02 19 20,9	+22 53 44	1,118	1,884	26	8,3
Set 18	02 23 13,2	+23 31 40	1,034	1,871	23	8,0
Set 28	02 23 33,9	+23 45 48	0,962	1,860	19	7,7
Oct 8	02 20 24,6	+23 32 26	0,905	1,851	14	7,4
Oct 18	02 14 18,9	+22 49 42	0,867	1,843	9	7,1
Oct 28	02 06 32,8	+21 40 14	0,850	1,838	5	6,9
Nov 7	01 58 54,3	+20 13 20	0,854	1,835	7	7,0
Nov 17	01 53 04,9	+18 42 17	0,881	1,833	12	7,3
Nov 27	01 50 20,5	+17 20 50	0,928	1,834	17	7,6
Dic 7	01 51 15,8	+16 18 47	0,992	1,837	22	7,9
Dic 17	01 55 48,9	+15 40 09	1,070	1,842	25	8,1
Dic 27	02 03 42,5	+15 24 57	1,160	1,848	28	8,4

**9 METIS 2017**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Ene 1	10 59 32,2	+14 28 04	1,570	2,228	23	10,1
Ene 11	11 01 20,9	+14 58 19	1,482	2,240	20	9,9
Ene 21	10 59 53,9	+15 46 32	1,408	2,253	16	9,6
Ene 31	10 55 10,8	+16 49 04	1,353	2,266	12	9,4
Feb 10	10 47 38,3	+17 58 32	1,320	2,279	8	9,2
Feb 20	10 38 12,3	+19 05 18	1,312	2,292	4	9,0
Mar 2	10 28 10,7	+19 59 45	1,331	2,306	6	9,2
Mar 12	10 19 02,0	+20 34 37	1,376	2,319	10	9,4
Mar 22	10 11 56,9	+20 47 08	1,445	2,333	14	9,7
Abr 1	10 07 38,8	+20 37 58	1,533	2,347	18	10,0
Abr 11	10 06 24,0	+20 09 43	1,638	2,360	20	10,2
Abr 21	10 08 04,0	+19 25 44	1,755	2,374	22	10,4
May 1	10 12 20,7	+18 28 51	1,880	2,388	24	10,6
May 11	10 18 51,4	+17 21 24	2,011	2,401	24	10,8
May 21	10 27 11,5	+16 05 17	2,145	2,415	25	11,0

**10 HYGIEA 2017**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Abr 1	18 41 38,7	-24 49 48	2,595	2,809	21	10,8
Abr 11	18 50 01,7	-24 37 09	2,466	2,814	21	10,7
Abr 21	18 56 20,1	-24 24 57	2,341	2,819	20	10,5
May 1	19 00 18,9	-24 14 17	2,222	2,824	19	10,4
May 11	19 01 46,7	-24 05 52	2,114	2,830	17	10,2
May 21	19 00 38,3	-23 59 53	2,019	2,836	14	10,0
May 31	18 56 55,5	-23 55 56	1,941	2,843	11	9,8
Jun 10	18 50 57,2	-23 52 58	1,885	2,849	8	9,6
Jun 20	18 43 17,1	-23 49 36	1,853	2,856	4	9,4
Jun 30	18 34 43,9	-23 44 39	1,847	2,864	0	9,1
Jul 10	18 26 17,3	-23 37 30	1,869	2,872	4	9,5
Jul 20	18 18 52,8	-23 28 24	1,916	2,880	8	9,7
Jul 30	18 13 16,0	-23 18 10	1,988	2,888	11	9,9
Ago 9	18 09 56,6	-23 07 46	2,081	2,896	14	10,1
Ago 19	18 09 06,0	-22 57 49	2,191	2,905	16	10,3

**10 HYGIEA (cont.) 2017**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Ago 29	18 10 44,4	-22 48 31	2,315	2,914	18	10,5
Set 8	18 14 43,2	-22 39 32	2,449	2,923	19	10,7
Set 18	18 20 47,9	-22 30 08	2,590	2,933	20	10,8
Set 28	18 28 44,4	-22 19 27	2,735	2,943	20	11,0

**12 VICTORIA 2017**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Ene 21	13 41 35,9	-17 58 10	2,266	2,484	23	12,0
Ene 31	13 50 36,5	-18 57 50	2,113	2,461	23	11,8
Feb 10	13 57 52,4	-19 46 49	1,963	2,438	23	11,6
Feb 20	14 03 02,2	-20 23 09	1,819	2,414	22	11,4
Mar 2	14 05 42,0	-20 44 15	1,684	2,390	20	11,2
Mar 12	14 05 32,8	-20 47 07	1,561	2,366	17	10,9
Mar 22	14 02 26,2	-20 28 51	1,454	2,341	14	10,6
Abr 1	13 56 29,5	-19 46 58	1,367	2,317	10	10,3
Abr 11	13 48 19,0	-18 41 27	1,303	2,291	6	10,0
Abr 21	13 38 56,5	-17 16 00	1,265	2,266	3	9,8
May 1	13 29 40,4	-15 38 21	1,253	2,241	7	9,9
May 11	13 21 51,8	-13 59 27	1,265	2,215	12	10,1
May 21	13 16 30,1	-12 29 50	1,300	2,190	16	10,3
May 31	13 14 09,7	-11 17 24	1,352	2,164	20	10,5
Jun 10	13 15 01,4	-10 26 30	1,419	2,139	24	10,7
Jun 20	13 18 56,5	-09 57 53	1,495	2,114	26	10,8
Jun 30	13 25 40,2	-09 50 19	1,577	2,089	28	11,0
Jul 10	13 34 54,1	-10 01 22	1,663	2,065	29	11,1
Jul 20	13 46 19,1	-10 27 54	1,750	2,041	30	11,2

**13 EGERIA 2017**

(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Ene 1	07 49 26,9	+46 14 50	1,448	2,369	11	10,1
Ene 11	07 36 50,1	+47 23 14	1,441	2,366	10	10,1
Ene 21	07 23 43,3	+47 57 02	1,459	2,364	12	10,1
Ene 31	07 12 15,0	+47 55 15	1,500	2,363	14	10,3
Feb 10	07 04 10,7	+47 23 13	1,561	2,362	17	10,5
Feb 20	07 00 21,1	+46 29 28	1,640	2,361	20	10,7
Mar 2	07 00 52,5	+45 21 43	1,732	2,361	22	10,9
Mar 12	07 05 23,6	+44 05 42	1,834	2,361	23	11,0
Mar 22	07 13 16,8	+42 44 47	1,943	2,362	24	11,2
Abr 1	07 23 54,7	+41 20 16	2,056	2,363	25	11,3
Abr 11	07 36 42,5	+39 52 35	2,172	2,365	25	11,4

**14 IRENE 2017**

(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Ene 1	10 45 45,6	+18 38 24	1,564	2,267	21	10,1
Ene 11	10 48 34,6	+19 35 58	1,460	2,254	18	9,8
Ene 21	10 48 18,4	+20 51 54	1,372	2,241	15	9,6
Ene 31	10 44 50,8	+22 21 15	1,304	2,229	11	9,3
Feb 10	10 38 32,5	+23 54 40	1,258	2,218	8	9,1
Feb 20	10 30 14,2	+25 20 16	1,238	2,208	7	9,0
Mar 2	10 21 12,9	+26 26 26	1,242	2,198	9	9,1
Mar 12	10 13 01,6	+27 04 54	1,271	2,190	13	9,3
Mar 22	10 06 58,2	+27 13 16	1,320	2,182	17	9,5
Abr 1	10 03 52,1	+26 53 15	1,387	2,175	20	9,7
Abr 11	10 04 03,4	+26 08 57	1,468	2,169	23	9,9
Abr 21	10 07 23,8	+25 05 03	1,558	2,164	25	10,1
May 1	10 13 33,5	+23 45 19	1,656	2,161	27	10,3
May 11	10 22 07,4	+22 12 49	1,759	2,158	28	10,4
May 21	10 32 38,1	+20 29 54	1,865	2,156	28	10,6

**15 EUNOMIA 2017**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Ene 1	10 33 39,1	+01 08 32	2,102	2,737	18	9,9
Ene 11	10 30 53,1	+00 26 42	2,009	2,756	16	9,8
Ene 21	10 25 36,6	+00 00 08	1,934	2,774	13	9,6
Ene 31	10 18 07,6	-00 10 03	1,879	2,792	9	9,4
Feb 10	10 09 05,0	-00 04 20	1,851	2,810	6	9,3
Feb 20	09 59 22,8	+00 14 54	1,851	2,828	4	9,2
Mar 2	09 50 01,6	+00 43 45	1,881	2,845	6	9,3
Mar 12	09 41 59,5	+01 17 05	1,938	2,861	9	9,5
Mar 22	09 35 57,4	+01 49 57	2,021	2,877	12	9,8
Abr 1	09 32 18,3	+02 18 21	2,125	2,893	15	10,0
Abr 11	09 31 08,8	+02 39 18	2,245	2,909	17	10,2
Abr 21	09 32 21,2	+02 51 11	2,379	2,924	18	10,3
May 1	09 35 42,3	+02 53 14	2,520	2,938	19	10,5
May 11	09 40 55,9	+02 45 10	2,667	2,952	20	10,7
May 21	09 47 44,3	+02 27 19	2,816	2,966	20	10,8

**16 PSYCHE 2017**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Ene 1	11 21 24,6	+04 19 14	2,685	3,174	17	11,4
Ene 11	11 22 16,9	+04 21 23	2,563	3,184	15	11,3
Ene 21	11 21 03,5	+04 37 32	2,453	3,193	13	11,1
Ene 31	11 17 44,2	+05 07 29	2,362	3,202	11	10,9
Feb 10	11 12 30,8	+05 49 36	2,293	3,211	8	10,7
Feb 20	11 05 48,5	+06 40 38	2,250	3,219	4	10,6
Mar 2	10 58 13,5	+07 36 10	2,237	3,227	1	10,3
Mar 12	10 50 32,1	+08 30 51	2,254	3,235	3	10,5
Mar 22	10 43 30,1	+09 19 45	2,300	3,243	7	10,7
Abr 1	10 37 46,2	+09 59 05	2,373	3,250	10	10,9
Abr 11	10 33 48,5	+10 26 27	2,469	3,256	13	11,1
Abr 21	10 31 49,8	+10 41 01	2,583	3,263	15	11,3
May 1	10 31 52,5	+10 42 56	2,712	3,269	16	11,5
May 11	10 33 51,5	+10 32 55	2,851	3,275	17	11,6
May 21	10 37 35,4	+10 12 07	2,995	3,280	18	11,7
May 31	10 42 52,4	+09 41 36	3,142	3,285	18	11,8

**20 MASALIA 2017**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Set 18	05 28 03,5	+22 50 23	1,863	2,154	28	10,6
Set 28	05 41 04,5	+22 54 12	1,740	2,142	28	10,4
Oct 8	05 52 03,1	+22 53 09	1,620	2,131	27	10,3
Oct 18	06 00 32,7	+22 48 50	1,505	2,121	25	10,0
Oct 28	06 06 02,6	+22 42 50	1,398	2,112	23	9,8
Nov 7	06 08 07,8	+22 36 32	1,301	2,103	20	9,6
Nov 17	06 06 29,9	+22 30 45	1,219	2,095	16	9,3
Nov 27	06 01 09,5	+22 25 25	1,154	2,088	12	9,0
Dic 7	05 52 43,4	+22 19 49	1,111	2,082	6	8,8
Dic 17	05 42 22,6	+22 13 07	1,093	2,077	1	8,4
Dic 27	05 31 49,8	+22 05 31	1,100	2,073	6	8,7

**27 EUTERPE 2017**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Mar 2	16 29 23,2	-20 29 00	2,353	2,593	22	12,0
Mar 12	16 36 46,1	-20 42 36	2,231	2,607	22	11,9
Mar 22	16 41 50,0	-20 50 40	2,112	2,620	21	11,7
Abr 1	16 44 15,5	-20 53 36	2,000	2,632	19	11,6
Abr 11	16 43 48,9	-20 51 38	1,898	2,644	17	11,4
Abr 21	16 40 25,3	-20 44 50	1,811	2,655	14	11,2
May 1	16 34 12,3	-20 33 03	1,742	2,666	11	11,0
May 11	16 25 39,5	-20 16 28	1,697	2,676	7	10,8
May 21	16 15 36,6	-19 55 54	1,677	2,686	2	10,5
May 31	16 05 07,5	-19 33 14	1,685	2,695	2	10,6
Jun 10	15 55 22,5	-19 11 24	1,721	2,703	7	10,8
Jun 20	15 47 18,3	-18 53 31	1,782	2,711	11	11,1
Jun 30	15 41 34,4	-18 42 14	1,865	2,718	14	11,3
Jul 10	15 38 30,3	-18 39 11	1,967	2,724	17	11,5
Jul 20	15 38 07,3	-18 44 42	2,083	2,730	19	11,7
Jul 30	15 40 17,9	-18 58 18	2,210	2,735	20	11,9
Ago 9	15 44 48,8	-19 18 48	2,343	2,739	21	12,1
Ago 19	15 51 23,9	-19 44 39	2,480	2,743	22	12,2

**29 AMPHITRITE 2017**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V	
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$			
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")					
Ene	1	11 26 51,2	+07 32 07	2,015	2,540	21	10,4
Ene	11	11 29 04,0	+07 12 44	1,903	2,548	19	10,2
Ene	21	11 28 35,5	+07 08 01	1,801	2,556	17	10,0
Ene	31	11 25 18,6	+07 17 53	1,716	2,563	14	9,8
Feb	10	11 19 22,4	+07 40 30	1,651	2,571	10	9,6
Feb	20	11 11 16,7	+08 12 06	1,610	2,579	6	9,4
Mar	2	11 01 51,0	+08 47 26	1,596	2,586	1	9,1
Mar	12	10 52 13,3	+09 20 14	1,611	2,594	4	9,3
Mar	22	10 43 31,3	+09 45 06	1,653	2,601	9	9,6
Abr	1	10 36 40,2	+09 58 24	1,721	2,608	12	9,8
Abr	11	10 32 16,1	+09 58 15	1,810	2,615	16	10,0
Abr	21	10 30 30,9	+09 44 39	1,915	2,623	18	10,2
May	1	10 31 21,2	+09 18 18	2,034	2,629	20	10,4
May	11	10 34 34,5	+08 40 20	2,161	2,636	22	10,6
May	21	10 39 51,7	+07 52 05	2,294	2,643	22	10,8
May	31	10 46 55,2	+06 54 39	2,430	2,649	23	10,9

**39 LAETITIA 2017**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V	
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$			
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")					
Ene	1	10 12 06,0	+06 10 25	2,251	2,956	15	11,0
Ene	11	10 09 27,3	+06 39 13	2,155	2,965	13	10,8
Ene	21	10 04 38,7	+07 24 11	2,080	2,973	10	10,6
Ene	31	09 58 01,4	+08 23 14	2,029	2,982	6	10,4
Feb	10	09 50 14,0	+09 32 06	2,007	2,989	2	10,1
Feb	20	09 42 06,5	+10 45 03	2,014	2,997	3	10,2
Mar	2	09 34 31,7	+11 56 01	2,052	3,004	6	10,4
Mar	12	09 28 19,0	+12 59 38	2,117	3,011	10	10,7
Mar	22	09 24 01,7	+13 52 18	2,206	3,018	13	10,9
Abr	1	09 21 58,1	+14 32 09	2,315	3,024	15	11,1
Abr	11	09 22 13,0	+14 58 38	2,439	3,030	17	11,2
Abr	21	09 24 39,0	+15 12 13	2,573	3,036	18	11,4
May	1	09 29 04,2	+15 13 42	2,714	3,042	19	11,6
May	11	09 35 14,0	+15 04 02	2,858	3,047	19	11,7

**40 HARMONIA 2017**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Mar 22	18 04 53,0	-21 09 58	2,084	2,313	26	11,6
Abr 1	18 16 21,4	-21 11 23	1,956	2,308	25	11,4
Abr 11	18 25 47,9	-21 12 03	1,830	2,303	25	11,3
Abr 21	18 32 52,6	-21 13 59	1,709	2,298	24	11,1
May 1	18 37 12,2	-21 19 09	1,595	2,293	22	10,9
May 11	18 38 27,0	-21 29 14	1,492	2,288	19	10,6
May 21	18 36 24,3	-21 45 04	1,403	2,283	16	10,4
May 31	18 31 02,8	-22 06 26	1,331	2,278	12	10,1
Jun 10	18 22 48,1	-22 31 42	1,280	2,273	7	9,8
Jun 20	18 12 32,9	-22 58 15	1,253	2,267	2	9,5
Jun 30	18 01 35,0	-23 23 23	1,251	2,262	4	9,6
Jul 10	17 51 26,8	-23 45 31	1,273	2,257	9	9,9
Jul 20	17 43 26,3	-24 04 31	1,319	2,251	13	10,1
Jul 30	17 38 27,9	-24 21 14	1,384	2,246	18	10,4
Ago 9	17 36 57,8	-24 36 43	1,466	2,241	21	10,6
Ago 19	17 38 55,0	-24 51 22	1,560	2,236	23	10,8
Ago 29	17 44 07,4	-25 04 56	1,663	2,231	25	11,0
Set 8	17 52 14,4	-25 16 32	1,772	2,226	26	11,2
Set 18	18 02 52,3	-25 24 53	1,885	2,221	27	11,3
Set 28	18 15 40,6	-25 28 33	1,999	2,216	27	11,4

## Cometas

En esta sección se dan los datos relativos a algunos cometas de largo periodo relevantes y los elementos orbitales de los 75 primeros cometas de corto periodo cuyo regreso ha sido observado al menos una vez.

Debido al elevado ritmo actual de descubrimiento de nuevos cometas, hemos considerado oportuno reducir la lista publicada en el ANUARIO a partir de la edición de 2017. La edición de 2016 contenía la lista de los 327 primeros cometas de corto periodo. Si se necesita disponer de elementos orbitales de los cometas periódicos numerados en la actualidad, se puede recurrir a la página del JPL/NASA: <http://ssd.jpl.nasa.gov>.

En junio de 2016 el número de cometas de corto periodo numerados ascendió a 337. Se numeran los cometas que han aparecido al menos en dos ocasiones y aquellos descubiertos recientemente cuya órbita está bien determinada. El último de estos cometas ha sido nombrado como 337P/WISE y su primera aparición tuvo lugar en el año 2010.

### Cometas periódicos que pasan por su perihelio

En primer lugar figura una lista, extraída de los 75 primeros cometas periódicos numerados, en la que figuran aquellos cuyo paso por el perihelio está previsto para este año, de acuerdo con los parámetros de que se dispone para su órbita. Hay que indicar, sin embargo, que algunos han aparecido sólo ocasionalmente.

**Cometas periódicos que pasan por su perihelio en 2017**

Nombre del cometa	mes	día	distancia a		elongación (°)
			Sol (ua)	Tierra (ua)	
2P/Encke	Mar	10	0,34	0,66	4
73P/Schwassmann-Wachmann 3	Mar	16	0,97	1,42	43
41P/Tuttle-Giacobini-Kresak	Abr	13	1,05	0,15	103
54P/de Vico-Swift-NEAT	Abr	16	2,17	3,11	17
47P/Ashbrook-Jackson	Jun	10	2,82	3,08	66
71P/Clark	Jun	26	1,57	0,58	157
30P/Reinmuth 1	Ago	19	1,88	2,87	9
65P/Gunn	Oct	13	2,91	3,32	58
24P/Schaumasse	Oct	30	1,21	1,69	45
14P/Wolf	Dic	2	2,74	2,53	91

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 <sup>4</sup>	0,176	2200	0,9998	85
Cometa del eclipse	C/1948 V1	~ 10 <sup>5</sup>	0,135	4200	0,9999	23
Hyakutake	C/1996 B2	~ 10 <sup>5</sup>	0,230	4600	0,9999	125
West	C/1975 V1	~ 10 <sup>6</sup>	0,197	14000	1,0000	43
Gran cometa de enero de 1910	C/1910 A1	> 10 <sup>6</sup>	0,129	52000	1,0000	139
Gran cometa meridional de 1887	C/1887 B1		0,005		1,0	144
Gran cometa meridional de 1865	C/1865 B1		0,026		1,0	92
Gran cometa de 1577 (Tycho)	C/1577 V1		0,177		1,0	105
Cometa de 1744 (De Chéseaux)	C/1743 X1		0,222		1,0	47
Gran cometa de 1901	C/1901 G1		0,245		1,0	131
Gran cometa de 1402	C/1402 D1		0,380		1,0	55
Gran cometa de 1472	C/1471 Y1		0,486		1,0	171
Sarabat	C/1729 P1		4,051		1,0	77
Seki-Lines	C/1962 C1		0,031		> 1	65
Kohoutek	C/1973 E1		0,142		> 1	14
McNaught	C/2006 P1		0,171		> 1	78
Arend-Roland	C/1956 R1		0,316		> 1	120
Morehouse	C/1908 R1		0,945		> 1	140

## Cometas de corto periodo

En la tabla que ocupa las páginas siguientes figuran los elementos orbitales de los 75 primeros cometas de corto periodo ( $P < 200$  años) que han aparecido al menos en dos ocasiones. Están ordenados según el sistema de designación de cometas adoptado por la Unión Astronómica Internacional (UAI/IAU) en 1994. El periodo,  $P$ , viene dado en la segunda columna. El año de su primera aparición conocida viene dado en la última columna.

**75 primeros cometas de corto periodo**

Nombre	P (años)	T	q (ua)	e	$\omega$ ( $^{\circ}$ )	$\Omega$ ( $^{\circ}$ )	i ( $^{\circ}$ )	Prim. apar.
1P/Halley	75,3	1986,10	0,586	0,967	111,3	58,4	162,3	-239
2P/Encke	3,30	2010,60	0,336	0,848	186,5	334,6	11,8	1786
3D/Biela	6,65	1832,91	0,879	0,751	221,7	250,7	13,2	1772
4P/Faye	7,54	2006,88	1,667	0,567	205,0	199,3	9,0	1843
5D/Brorsen	5,46	1879,25	0,590	0,810	14,9	103,0	29,4	1846
6P/d'Arrest	6,53	2008,62	1,354	0,613	178,1	138,9	19,5	1678
7P/Pons-Winnecke	6,36	2008,74	1,253	0,635	172,3	93,4	22,3	1819
8P/Tuttle	13,6	2008,07	1,027	0,820	207,5	270,3	55,0	1790
9P/Tempel 1	5,52	2011,03	1,509	0,517	178,9	68,9	10,5	1867
10P/Tempel 2	5,38	2005,13	1,427	0,535	195,6	117,8	12,0	1873
11P/Tempel-Swift-LINEAR	6,37	2002,00	1,584	0,539	163,6	240,7	13,5	1869
12P/Pons-Brooks	70,8	1954,39	0,774	0,955	199,0	255,9	74,2	1812
13P/Olbers	69,5	1956,47	1,178	0,930	64,6	86,1	44,6	1815
14P/Wolf	8,74	2009,16	2,725	0,358	159,0	202,1	27,9	1884
15P/Finlay	6,50	2008,48	0,970	0,721	347,5	13,8	6,8	1886
16P/Brooks 2	6,14	2008,28	1,467	0,563	219,5	159,4	4,3	1889
17P/Holmes	6,88	2007,34	2,053	0,432	24,3	326,9	19,1	1892
18D/Perrine-Mrkos	6,72	1968,84	1,272	0,643	166,1	240,9	17,8	1896
19P/Borrelly	6,85	2008,56	1,354	0,625	353,4	75,4	30,3	1904
20D/Westphal	61,9	1913,91	1,254	0,920	57,1	348,0	40,9	1852
21P/Giacobini-Zinner	6,62	2005,51	1,038	0,706	172,5	195,4	31,8	1900
22P/Kopff	6,43	2009,40	1,577	0,544	162,7	120,9	4,7	1906
23P/Brorsen-Metcalf	70,5	1989,70	0,479	0,972	129,6	311,6	19,3	1847
24P/Schaumasse	8,25	2001,34	1,205	0,705	57,9	79,8	11,8	1911
25D/Neujmin 2	5,43	1927,05	1,338	0,567	193,7	328,7	10,6	1916
26P/Grigg-Skjellerup	5,31	2008,23	1,117	0,633	1,7	211,7	22,4	1808
27P/Crommelin	27,9	2011,59	0,748	0,919	196,0	250,6	29,0	1818
28P/Neujmin 1	18,2	2002,99	1,552	0,775	346,9	347,0	14,2	1913
29P/Schwassmann-Wachmann 1	14,6	2004,50	5,722	0,044	48,2	312,7	9,4	1902
30P/Reinmuth 1	7,34	2010,30	1,883	0,501	13,2	119,7	8,1	1928
31P/Schwassmann-Wachmann 2	8,74	2010,75	3,424	0,193	17,9	114,2	4,5	1929
32P/Comas Sola	8,80	2005,25	1,834	0,570	45,9	60,8	12,9	1926
33P/Daniel	8,10	2008,55	2,170	0,462	19,0	66,6	22,4	1909

## 75 primeros cometas de corto periodo

Nombre	P (años)	T	q (ua)	e	$\omega$ (°)	$\Omega$ (°)	i (°)	Prim. apar.
34D/Gale	11,0	1938,47	1,183	0,761	209,2	67,9	11,7	1927
35P/Herschel-Rigollet	~ 155	1939,61	0,748	0,974	29,3	356,0	64,2	1788
36P/Whipple	8,51	2003,51	3,088	0,259	202,2	182,4	9,9	1925
37P/Forbes	6,36	2011,95	1,575	0,541	329,4	315,0	9,0	1929
38P/Stephan-Oterma	37,7	1980,93	1,574	0,860	358,2	79,2	18,0	1867
39P/Oterma	19,5	2002,97	5,471	0,246	56,3	331,6	1,9	1943
40P/Vaisala 1	10,8	2004,06	1,796	0,633	47,2	134,7	11,5	1939
41P/Tuttle-Giacobini-Kresak	5,42	2006,45	1,048	0,660	62,2	141,1	9,2	1858
42P/Neujmin 3	10,7	2004,54	2,015	0,585	147,2	150,4	4,0	1929
43P/Wolf-Harrington	6,13	2010,50	1,358	0,595	191,5	249,9	16,0	1924
44P/Reinmuth 2	7,08	2008,14	2,107	0,428	58,1	286,6	5,9	1947
45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova	5,25	2011,74	0,530	0,825	326,2	89,0	4,3	1948
46P/Wirtanen	5,44	2008,09	1,057	0,658	356,3	82,2	11,7	1948
47P/Ashbrook-Jackson	8,34	2009,09	2,799	0,319	357,7	357,0	13,1	1948
48P/Johnson	6,94	2011,75	2,301	0,368	207,9	117,3	13,7	1949
49P/Arend-Rigaux	6,72	2011,80	1,421	0,601	332,9	118,9	19,1	1951
50P/Arend	8,27	2007,84	1,924	0,529	49,0	355,3	19,2	1951
51P/Harrington	7,13	2008,47	1,688	0,544	269,2	83,8	5,4	1953
52P/Harrington-Abell	7,54	2006,62	1,757	0,543	139,1	337,2	10,2	1955
53P/Van Biesbroeck	12,5	2003,77	2,415	0,552	134,1	149,0	6,6	1954
54P/de Vico-Swift-NEAT	7,38	2009,91	2,172	0,427	1,9	358,9	6,1	1844
55P/Tempel-Tuttle	33,2	1998,16	0,976	0,906	172,5	235,3	162,5	1366
56P/Slaughter-Burnham	11,5	2005,04	2,535	0,504	44,1	346,3	8,2	1959
57P/duToit-Neujmin-Delporte	6,40	2008,99	1,725	0,500	115,3	188,8	2,8	1941
58P/Jackson-Neujmin	8,24	1995,77	1,381	0,662	200,4	160,7	13,5	1936
59P/Kearns-Kwee	9,51	2009,18	2,355	0,475	127,5	313,0	9,3	1963
60P/Tsuchinshan 2	6,78	2005,98	1,766	0,507	203,4	288,1	6,7	1965
61P/Shajn-Schaldach	7,06	2008,69	2,108	0,427	221,7	163,1	6,0	1949
62P/Tsuchinshan 1	6,63	2004,94	1,489	0,578	22,9	96,7	10,5	1965
63P/Wild 1	13,3	1999,99	1,961	0,650	168,0	358,5	19,9	1960
64P/Swift-Gehrels	9,35	2009,45	1,377	0,690	96,3	300,7	8,9	1889
65P/Gunn	6,83	2010,17	2,444	0,321	197,2	68,2	10,4	1954
66P/du Toit	14,7	2003,66	1,274	0,788	257,2	22,2	18,7	1944
67P/Churyumov-Gerasimenko	6,45	2009,16	1,246	0,640	12,7	50,2	7,0	1969
68P/Klemola	10,8	2009,06	1,759	0,641	154,0	175,3	11,1	1965
69P/Taylor	6,96	2004,92	1,942	0,467	355,5	108,8	20,6	1915
70P/Kojima	7,06	2007,76	2,012	0,453	2,1	119,3	6,6	1970
71P/Clark	5,53	2011,96	1,567	0,499	208,8	59,6	9,5	1973
72P/Denning-Fujikawa	9,01	1978,75	0,780	0,820	334,3	41,5	8,6	1881
73P/Schwassmann-Wachmann 3	5,34	1995,73	0,933	0,695	198,8	69,9	11,4	1930
74P/Smirnova-Chernykh	8,51	2009,57	3,556	0,147	86,9	77,1	6,6	1967
75P/Kohoutek	6,67	1994,50	1,785	0,496	175,8	269,7	5,9	1975

Los elementos de la órbita, referidos a la época J2000, son:

- T** = instante del último paso por el perihelio,
- q** = mínima distancia al Sol (distancia perihélica),
- e** = excentricidad de la órbita ( $e > 1$  para órbitas hiperbólicas),
- $\omega$**  = argumento del perihelio,
- $\Omega$**  = 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:

$$Q = q \frac{1+e}{1-e} \quad (\text{en ua}).$$

El semieje mayor de la órbita y su periodo vienen dados por:

$$a = \frac{q}{1-e} \quad (\text{en ua}), \quad P = a^{3/2} \quad (\text{en años}).$$

Para facilitar la búsqueda de los parámetros de un determinado cometa conocido su nombre, a continuación se encuentra la lista ordenada alfabéticamente de los cometas de la tabla anterior, con indicación de su número de orden y su periodo.

**75 primeros cometas de corto periodo ordenados alfabéticamente**  
con indicación de su periodo en años

P	Nombre	P	Nombre
8,26	50P/Arend	3,30	2P/Encke
6,74	49P/Arend-Rigaux	7,52	4P/Faye
8,37	47P/Ashbrook-Jackson	6,51	15P/Finlay
6,65	3D/Biela	6,37	37P/Forbes
6,84	19P/Borrelly	10,99	34D/Gale
6,15	16P/Brooks 2	6,59	21P/Giacobini-Zinner
5,46	5D/Brorsen	5,24	26P/Grigg-Skjellerup
70,52	23P/Brorsen-Metcalf	7,69	65P/Gunn
6,45	67P/Churyumov-Gerasimenko	75,31	1P/Halley
5,53	71P/Clark	7,16	51P/Harrington
9,57	32P/Comas Sola	7,58	52P/Harrington-Abell
28,07	27P/Crommelin	154,91	35P/Herschel-Rigollet
8,10	33P/Daniel	6,89	17P/Holmes
6,56	6P/d'Arrest	5,25	45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova
9,03	72P/Denning-Fujikawa	8,24	58P/Jackson-Neujmin
7,38	54P/de Vico-Swift-NEAT	6,64	48P/Johnson
14,71	66P/du Toit	9,51	59P/Kearns-Kwee
6,42	57P/duToit-Neujmin-Delporte	10,83	68P/Klemola

**75 primeros cometas de corto periodo ordenados alfabéticamente**  
con indicación de su periodo en años

P	Nombre	P	Nombre
6,67	75D/Kohoutek	37,72	38P/Stephan-Oterma
7,04	70P/Kojima	9,35	64P/Swift-Gehrels
6,40	22P/Kopff	7,65	69P/Taylor
18,17	28P/Neujmin 1	5,58	9P/Tempel 1
5,43	25D/Neujmin 2	5,36	10P/Tempel 2
10,77	42P/Neujmin 3	6,30	11P/Tempel-Swift-LINEAR
69,52	13P/Olbers	33,24	55P/Tempel-Tuttle
19,53	39P/Oterma	6,63	62P/Tsuchinshan 1
6,72	18D/Perrine-Mrkos	6,56	60P/Tsuchinshan 2
70,84	12P/Pons-Brooks	13,61	8P/Tuttle
6,32	7P/Pons-Winnecke	5,42	41P/Tuttle-Giacobini-Kresak
7,34	30P/Reinmuth 1	10,98	40P/Vaisala 1
7,10	44P/Reinmuth 2	12,59	53P/Van Biesbroeck
8,25	24P/Schaumasse	61,86	20D/Westphal
14,74	29P/Schwassmann-Wachmann 1	8,49	36P/Whipple
8,75	31P/Schwassmann-Wachmann 2	13,21	63P/Wild 1
5,43	73P/Schwassmann-Wachmann 3	5,43	46P/Wirtanen
7,06	61P/Shajn-Schaldach	8,77	14P/Wolf
11,47	56P/Slaughter-Burnham	6,13	43P/Wolf-Harrington
8,48	74P/Smirnova-Chernykh		

## Meteoros y lluvias de meteoros

Se llama **meteorito** al fenómeno resultante de la penetración de una partícula de materia (*meteoróide*) en la atmósfera a gran velocidad (mayor que  $11 \text{ km s}^{-1}$ ). 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 meteorito 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 ( $> 1 \text{ kg}$ ) 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 caída 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 cenit y las condiciones de visibilidad fuesen óptimas. En la tabla, cuando el ritmo máximo es variable de un año a otro, se indican tanto el valor habitual como los valores extremos.

Las lluvias de meteoros diurnas (como las Ariétidas y las  $\zeta$  Perseidas, de junio) sólo son observables con radar y no han sido incluidas en la tabla. La observación con radar se basa en que la onda radio emitida es reflejada por los gases que ioniza el meteoro en la atmósfera superior.

#### Principales lluvias de meteoros

nombre	máximo	visibilidad	radiante		velocidad (km s <sup>-1</sup> )	ritmo cenital (h <sup>-1</sup> )
			$\alpha$	$\delta$		
Cuadrántidas	3 Ene	28 Dic - 12 Ene	230°	49°	41	120 [60-200]
Líridas	22 Abr	16 Abr - 25 Abr	271°	34°	49	18 [14-90]
$\eta$ Acuáridas	6 May	19 Abr - 28 May	338°	-1°	66	50 [40-85]
$\delta$ Acuáridas	30 Jul	12 Jul - 23 Ago	340°	-16°	41	25 [16-40]
Perséidas	12 Ago	17 Jul - 24 Ago	48°	58°	59	100 [80-200]
Dracónidas	8 Oct	6 Oct - 10 Oct	262°	54°	20	>20 [20-500+]
Oriónidas	18 Oct	2 Oct - 7 Nov	95°	16°	66	20 [14-70]
Leónidas	17 Nov	6 Nov - 30 Nov	152°	22°	71	15 [10-20+]
Gemínidas	14 Dic	4 Dic - 17 Dic	112°	33°	35	120 [110-140]
Úrsidas	22 Dic	17 Dic - 26 Dic	217°	76°	33	10 [10-50]

# EFEMÉRIDES ESTELARES

## Estrella Polar

Se denomina Estrella Polar a la más brillante de la constelación de la Osa Menor ( $\alpha$  UMi). Se trata de una estrella de magnitud  $V=2,0$  que se encuentra a menos de  $1^\circ$  de la dirección del Polo Norte. Al ser visible a lo largo de todo el año (en el hemisferio Norte) resulta adecuada para algunas aplicaciones en topografía y navegación. Su proximidad al polo permite determinar la latitud del lugar: en primera aproximación (error  $< 1^\circ$ ), es la altura de la Polar. Su dirección sobre el horizonte da, en primera aproximación, la del meridiano. En esta sección se describe la determinación de la latitud y de la dirección de la meridiana por observaciones de la estrella Polar.

$\alpha$ UMi	
$\alpha_{2000}$	$2^{\text{h}}31^{\text{m}}48^{\text{s}}.704$
$\delta_{2000}$	$89^\circ 15' 50''.72$
$\mu_\alpha \cos \delta$	$0,03829''$ por año
$\mu_\delta$	$-0,0152''$ por año
$\pi$	$0,003''$
$V$	$2,02$
$B - V$	$0,60$
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<sup>h</sup> TU (*TIEMPOS*)  
 + 1,0027379 \* Tiempo Universal  
 + longitud  $\lambda$  del lugar (positiva al Este)

ángulo horario de la Polar:

$H$  = tiempo sidéreo local – asc. recta de la Polar ( $\alpha$ , 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  $\alpha$  dada en la tabla de la Polar, mediante:

$$TU = 0,99727 (\alpha - TSG0 + 24^h)$$

donde TSG0 es el tiempo sidéreo en Greenwich a 0<sup>h</sup> de TU (v. tabla en *TIEMPOS*) y el tiempo  $TU$  resultante debe darse entre 0<sup>h</sup> y 24<sup>h</sup>.

## 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  $\phi$  vienen dados por:

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

acimut:  $a = -p \operatorname{sen} H / \operatorname{cosh}$

donde todos los ángulos ( $\phi, p, H, h, a$ ) 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  $\phi$  de un lugar, suponiendo que se conoce la longitud  $\lambda$  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:

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

donde todos los ángulos ( $\phi, p, H, h$ ) 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:

$$a = -p \operatorname{sen} H / \operatorname{cosh}$$

midiéndose el acimut  $a$  desde el Norte y positivo hacia el Este. Si se desea referir el acimut al Sur, súmese  $180^\circ$  al valor antes obtenido.

## Coordenadas Hipparcos y otros parámetros

Datos extraídos de la base de datos estelares SIMBAD y otras referencias.

$\alpha$ UMi	
$\alpha_{2000}$	$2^{\text{h}}31^{\text{m}}49^{\text{s}}.09456$ ICRS
$\delta_{2000}$	$89^\circ 15' 50'' .7923$ ICRS
$\mu_\alpha \cos \delta$	$0,04448''$ por año
$\mu_\delta$	$-0,01185''$ por año
Velocidad radial	$-17,4 \text{ km s}^{-1}$
$\pi$	$0,00754''$
Distancia	$133 \text{ pc}$
$V$	$2,005$
$B - V$	$0,586$
$M_V$	$-3,6$
Tipo espectral (HIC)	F7 Ib-IIv C
Variabilidad	Cefeida clásica ( $\delta$ Cephei)
Periodo	$3,97$ días
Variación en magnitud	$< 0,05$
Masa	$\sim 4,5 M_\odot$
Nombres alternativos	$\alpha$ 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 2017  
en su culminación superior en Greenwich**

día	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio	
	$\alpha$	$p$	$\alpha$	$p$								
	2 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup>	39'	2 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup>	39'	2 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup>	39'	2 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup>	39'	2 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup>	39'	2 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup>	40'
1	86:71	41"1	92:87	36"9	40:96	38"4	59:56	45"1	47:86	54"1	6:84	2"7
2	85:06	40"9	90:93	36"9	39:30	38"5	58:91	45"4	47:99	54"3	7:75	3"0
3	83:37	40"7	89:10	36"9	37:76	38"7	58:21	45"6	48:05	54"6	8:72	3"2
4	81:69	40"5	87:38	36"9	36:33	38"9	57:44	45"9	48:08	54"9	9:78	3"5
5	80:06	40"3	85:72	36"9	34:94	39"0	56:60	46"1	48:11	55"2	10:95	3"8
6	78:52	40"1	84:07	36"9	33:53	39"2	55:69	46"4	48:20	55"5	12:21	4"0
7	77:08	40"0	82:38	36"8	32:07	39"3	54:77	46"7	48:37	55"9	13:56	4"3
8	75:72	39"8	80:59	36"8	30:51	39"5	53:86	47"0	48:64	56"2	14:97	4"5
9	74:40	39"6	78:68	36"8	28:88	39"6	53:02	47"3	49:02	56"5	16:41	4"7
10	73:05	39"4	76:67	36"8	27:18	39"8	52:27	47"6	49:50	56"9	17:86	4"9
11	71:60	39"2	74:59	36"8	25:46	40"0	51:63	47"9	50:07	57"2	19:28	5"1
12	70:01	39"0	72:49	36"8	23:76	40"2	51:10	48"3	50:70	57"5	20:67	5"3
13	68:29	38"8	70:42	36"8	22:13	40"4	50:66	48"6	51:36	57"8	22:00	5"4
14	66:44	38"6	68:40	36"9	20:59	40"6	50:31	48"9	52:02	58"0	23:27	5"6
15	64:54	38"4	66:46	37"0	19:15	40"8	50:00	49"2	52:67	58"3	24:51	5"8
16	62:61	38"3	64:61	37"1	17:81	41"1	49:72	49"5	53:27	58"6	25:73	6"0
17	60:71	38"2	62:83	37"2	16:55	41"3	49:44	49"8	53:83	58"8	26:98	6"1
18	58:86	38"1	61:11	37"3	15:36	41"6	49:13	50"1	54:35	59"1	28:30	6"3
19	57:06	38"0	59:42	37"3	14:19	41"8	48:79	50"4	54:85	59"4	29:73	6"5
20	55:33	37"9	57:73	37"4	13:04	42"0	48:40	50"6	55:36	59"6	31:31	6"8
21	53:63	37"8	56:03	37"5	11:86	42"2	47:97	50"9	55:91	59"9	33:03	7"0
22	51:97	37"7	54:28	37"6	10:65	42"5	47:54	51"2	56:58	60"2	34:86	7"1
23	50:31	37"6	52:47	37"6	9:38	42"7	47:13	51"5	57:38	60"5	36:74	7"3
24	48:63	37"5	50:58	37"7	8:07	42"9	46:81	51"9	58:36	60"8	38:58	7"4
25	46:89	37"4	48:63	37"8	6:72	43"1	46:63	52"2	59:48	61"1	40:33	7"5
26	45:08	37"3	46:65	37"9	5:37	43"4	46:62	52"6	60:69	61"4	41:97	7"6
27	43:17	37"2	44:67	38"0	4:07	43"7	46:77	52"9	61:91	61"6	43:49	7"7
28	41:18	37"1	42:76	38"2	2:88	44"0	47:04	53"2	63:06	61"9	44:97	7"8
29	39:11	37"0			1:84	44"3	47:35	53"5	64:12	62"1	46:44	7"9
30	37:00	36"9			0:97	44"6	47:65	53"8	65:07	62"3	47:96	8"0
31	34:91	36"9			0:22	44"8			65:96	62"5		

Distancia polar:  $p = 90^\circ - \delta$ , siendo  $\delta$  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  $\alpha$  para una fecha dada, sin interpolar a la hora de observación introduce un error esperado en la latitud  $\phi$  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 2017  
en su culminación superior en Greenwich**

día	Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	$\alpha$	$p$										
	2 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> 40'		2 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 40'		2 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> 39'		2 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 39'		2 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 39'		2 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 39'	
1	49:55 8"2		47:94 9"3		48:04 65"6		35:92 57"9		4:51 47"4		65:00 36"2	
2	51:23 8"3		50:06 9"3		49:89 65"4		37:08 57"6		4:84 47"0		64:74 35"9	
3	53:00 8"5		52:19 9"3		51:65 65"1		38:17 57"3		5:24 46"7		64:50 35"6	
4	54:85 8"6		54:29 9"2		53:32 64"9		39:21 57"0		5:75 46"4		64:22 35"2	
5	56:77 8"7		56:34 9"1		54:92 64"7		40:27 56"7		7:00 45"7		63:81 34"8	
6	58:71 8"8		58:32 9"0		56:46 64"4		41:38 56"4		7:64 45"3		63:23 34"5	
7	60:65 8"9		60:22 8"9		57:99 64"2		42:58 56"1		8:19 44"9		62:47 34"1	
8	62:58 8"9		62:04 8"8		59:56 64"1		43:88 55"8		8:60 44"5		61:59 33"7	
9	64:45 9"0		63:81 8"7		61:21 63"9		45:26 55"5		8:85 44"1		60:63 33"4	
10	66:26 9"0		65:55 8"6		62:96 63"7		46:66 55"2		8:95 43"7		59:65 33"1	
11	68:00 9"1		67:31 8"5		64:81 63"5		48:03 54"9		8:94 43"3		58:69 32"8	
12	69:69 9"1		69:13 8"5		66:72 63"3		49:29 54"5		8:88 42"9		57:77 32"5	
13	71:34 9"2		71:04 8"4		68:65 63"0		50:43 54"1		8:81 42"6		56:90 32"2	
14	72:99 9"2		73:07 8"3		70:53 62"7		51:42 53"7		8:77 42"2		56:08 31"9	
15	74:68 9"3		75:19 8"3		72:31 62"5		52:28 53"4		8:77 41"9		55:28 31"6	
16	76:46 9"3		77:38 8"2		73:97 62"2		53:06 53"0		8:83 41"5		54:49 31"3	
17	78:35 9"4		79:58 8"0		75:50 61"9		53:81 52"7		8:92 41"2		53:66 31"0	
18	80:36 9"5		81:74 7"9		76:92 61"6		54:57 52"3		9:03 40"9		52:77 30"7	
19	82:49 9"5		83:78 7"7		78:28 61"3		55:37 52"0		9:12 40"5		51:79 30"4	
20	84:69 9"6		85:70 7"5		79:63 61"0		56:22 51"7		9:17 40"1		50:71 30"1	
21	86:88 9"6		87:50 7"3		81:01 60"8		57:13 51"4		9:14 39"8		49:53 29"8	
22	89:00 9"5		89:21 7"2		82:46 60"6		58:08 51"1		9:02 39"4		48:24 29"5	
23	91:01 9"5		90:90 7"0		83:97 60"3		59:03 50"7		8:79 39"0		46:87 29"2	
24	92:88 9"4		92:61 6"9		85:54 60"1		59:97 50"4		8:45 38"6		45:44 28"9	
25	94:67 9"4		94:38 6"7		87:14 59"8		60:85 50"0		8:01 38"2		43:99 28"7	
26	96:40 9"4		96:23 6"6		88:75 59"5		61:65 49"6		7:49 37"9		42:57 28"4	
27	98:15 9"4		98:15 6"5		90:33 59"2		62:36 49"3		6:92 37"5		41:21 28"2	
28	99:96 9"4		100:12 6"3		91:85 58"9		62:96 48"9		6:34 37"2		39:95 28"0	
29	101:84 9"4		102:12 6"2		93:30 58"6		63:45 48"5		5:81 36"9		38:78 27"8	
30	103:81 9"4		104:13 6"0		94:66 58"3		63:86 48"1		5:35 36"5		37:69 27"5	
31	105:84 9"4		106:11 5"8				64:19 47"7				36:61 27"3	

El día 4 de noviembre la Polar culmina dos veces en Greenwich, siendo las coordenadas en su segundo paso:  $\alpha = 2^{\text{h}}56^{\text{m}}6^{\text{s}}.35$  y  $p = 39^{\circ}46'0''$ .

Distancia polar:

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

Declinación de la Polar:

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

**Mínimos de  $\beta$  Persei ( Algol ) en 2017**

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

**Mínimos de  $\beta$  Lyrae ( Sheliak ) en 2017**

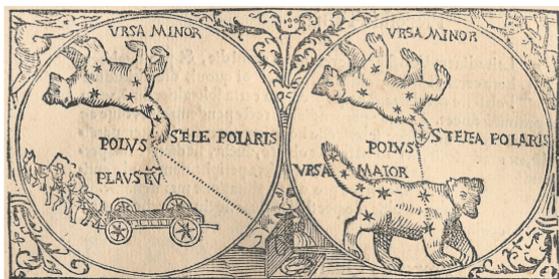
fecha y hora							
Ene 11	01 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup>	Abr 11	15 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup>	Jul 11	05 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup>	Oct 9	19 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup>
Ene 23	23 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup>	Abr 24	14 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup>	Jul 24	04 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup>	Oct 22	18 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup>
Feb 5	22 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup>	May 7	12 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup>	Ago 6	02 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup>	Nov 4	17 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup>
Feb 18	20 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup>	May 20	11 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup>	Ago 19	01 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup>	Nov 17	15 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup>
Mar 3	19 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup>	Jun 2	09 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup>	Set 1	00 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup>	Nov 30	14 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup>
Mar 16	18 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup>	Jun 15	08 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup>	Set 13	22 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup>	Dic 13	13 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup>
Mar 29	16 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup>	Jun 28	07 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup>	Set 26	21 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup>	Dic 26	11 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup>

## Estrellas variables de largo periodo tipo Mira

nombre	$\alpha_{2000}$		$\delta_{2000}$		magnitud		periodo (días)	fecha del máximo
	(h m)	(° ')	máx.	mín.				
S UMa	12 44	+61 06	7,0	12,4	226	Ene 25		
R Gem	07 07	+22 42	6,0	14,0	369	Feb 14		
R Aql	19 06	+08 14	5,5	12,0	284	Feb 20		
W And	02 18	+44 18	6,7	14,6	395	Feb 20		
o Cet	02 19	-02 59	2,0	10,0	331	Feb 23		
R Vir	12 38	+06 59	6,0	12,1	145	Feb 26		
T Her	18 09	+31 01	6,8	13,9	165	Mar 06		
T Hya	08 56	-09 08	6,7	13,2	289	Mar 08		
R Cyg	19 37	+50 12	6,1	14,2	426	Mar 15		
R Sgr	19 17	-19 18	6,7	12,8	268	Abr 02		
S Vir	13 33	-07 12	6,3	13,2	377	Abr 08		
U Ori	05 56	+20 10	4,8	12,6	372	Abr 12		
S CMi	07 33	+08 19	6,6	13,2	332	Abr 13		
R Dra	16 33	+66 45	6,7	13,0	245	Abr 17		
SS Vir	12 25	+00 48	6,0	9,6	354	Abr 17		
R Cas	23 58	+51 24	4,7	13,5	430	Abr 19		
R Peg	23 07	+10 33	6,9	13,8	378	Abr 19		
R LMi	09 46	+34 31	6,3	13,2	371	Abr 20		
X Oph	18 38	+08 50	5,9	9,2	334	Abr 20		
U Cet	02 34	-13 09	6,8	13,4	234	Abr 24		
T Cas	00 23	+55 48	6,9	13,0	444	Abr 27		
R Leo	09 48	+11 26	4,4	11,3	312	May 02		
V Oph	16 27	-12 26	7,3	11,6	297	May 08		
R Lep	05 00	-14 48	5,5	11,7	432	May 14		
V Cas	23 12	+59 42	6,9	13,4	228	May 17		
RT Cyg	19 44	+48 47	6,4	12,7	190	May 22		
S Her	16 52	+14 56	6,4	13,8	307	May 28		
R And	00 24	+38 35	5,8	14,9	409	Jun 08		
T UMa	12 36	+59 29	6,6	13,4	256	Jun 08		
T Cep	21 10	+68 29	5,2	11,3	388	Jun 10		
R Aqr	23 44	-15 17	5,8	12,4	386	Jun 12		
R Ser	15 51	+15 08	5,2	14,4	356	Jun 28		
R UMa	10 45	+68 47	6,7	13,4	301	Jun 28		
R Boo	14 37	+26 44	6,2	12,1	223	Jul 13		
V Mon	06 23	-02 12	6,0	13,7	333	Jul 16		
R Cnc	08 17	+11 44	6,1	11,8	361	Jul 20		
U Her	16 26	+18 54	6,5	13,4	406	Jul 20		
S CrB	15 21	+31 22	5,8	14,1	360	Ago 18		
R Tri	02 37	+34 16	5,4	12,6	266	Ago 22		
S Peg	23 21	+08 55	7,1	13,8	319	Set 18		
V CrB	15 50	+39 34	6,9	12,6	357	Set 19		
R Crv	12 20	-19 15	6,7	14,4	317	Oct 10		
$\chi$ Cyg	19 51	+32 55	3,3	14,2	406	Oct 21		
R Hya	13 30	-23 17	3,0	11,0	389	Nov 05		
U Cyg	20 20	+47 54	5,9	12,1	462	Nov 05		



# CATALOGOS





# 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 ( $\alpha$ ) y declinación ( $\delta$ ), su área expresada en grados cuadrados, el número aproximado de estrellas más brillantes que la magnitud 6<sup>a</sup> (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 Flamsteed), 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:  $\beta$  Centauri figura como *Hadar* y *Agna*.

## Estrellas más cercanas

La estrella más cercana al Sol es Próxima 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 ( $\alpha$  CMa), Rígil Kentaurus ( $\alpha$  Cen), Prócion ( $\alpha$  CMi) y Altair ( $\alpha$  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 Próxima 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  $V$ , indicándose 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

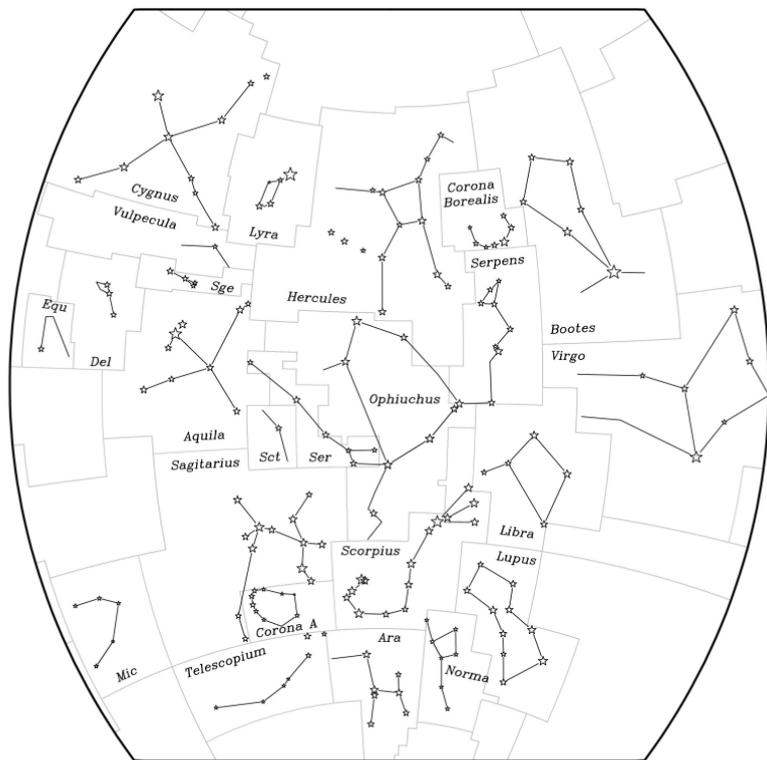
Algunas efemérides relativas a estrellas figuran en la primera parte del ANUARIO. En páginas anteriores se encuentran las efemérides de la Polar, los instantes de mínimo de  $\beta$  Persei (Algol) y  $\beta$  Lyrae y los instantes de máximo de las variables de largo periodo tipo Mira.

Constelaciones						
nombre latino	abr.	$\alpha$ (h)	$\delta$ ( $^{\circ}$ )	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 Paraíso
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

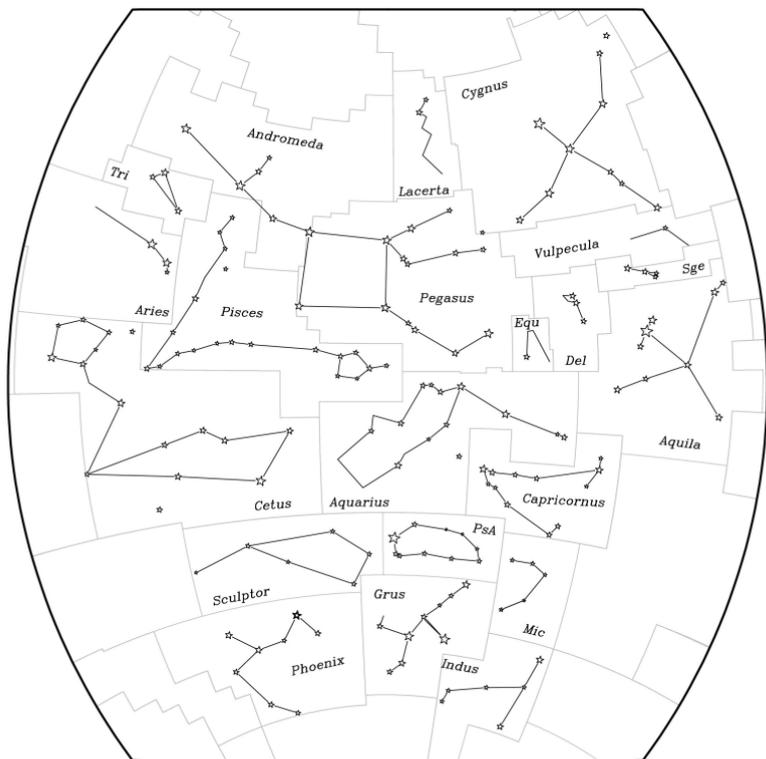
## Constelaciones (cont.)

nombre latino	abr.	$\alpha$ (h)	$\delta$ ( $^{\circ}$ )	área ( $^{\circ}2$ )	$N_*$	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	Caballote 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

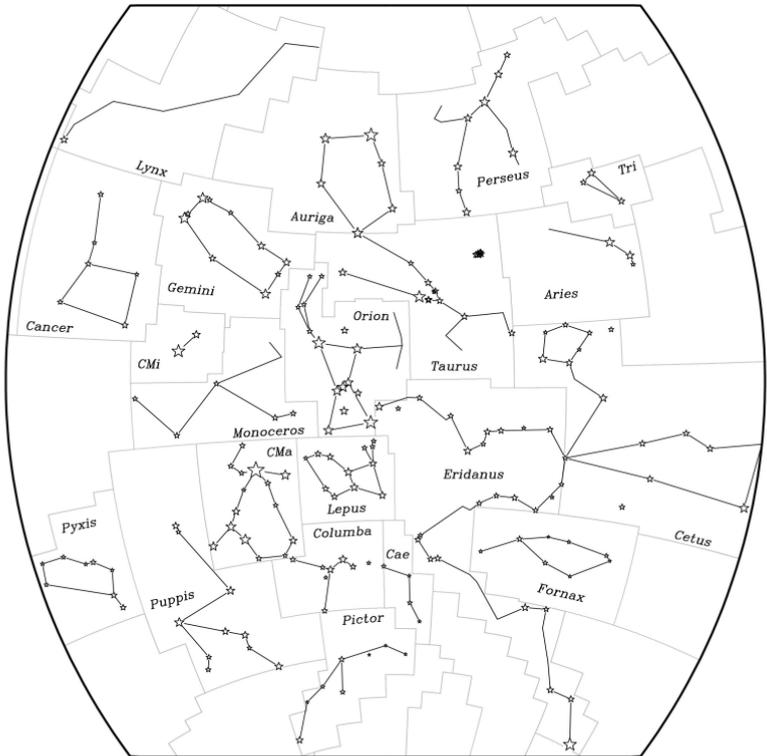
$N_*$  es el número aproximado de estrellas más brillantes que la magnitud 6.



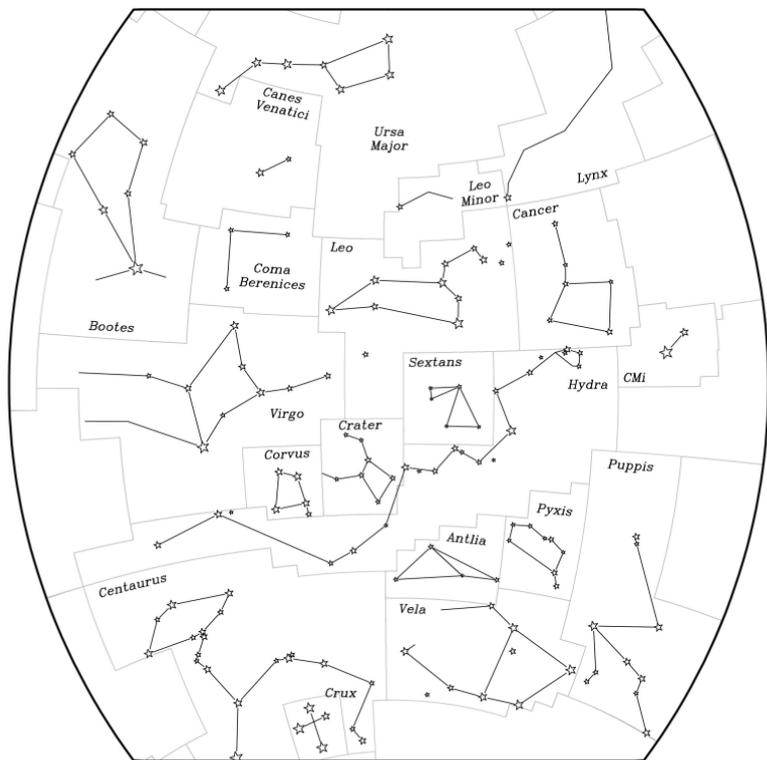
Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de  $-65^\circ$  y  $+65^\circ$ , y con ascensiones rectas desde 13 a 21 horas, que corresponden a los bordes derecho e izquierdo de la figura, respectivamente.



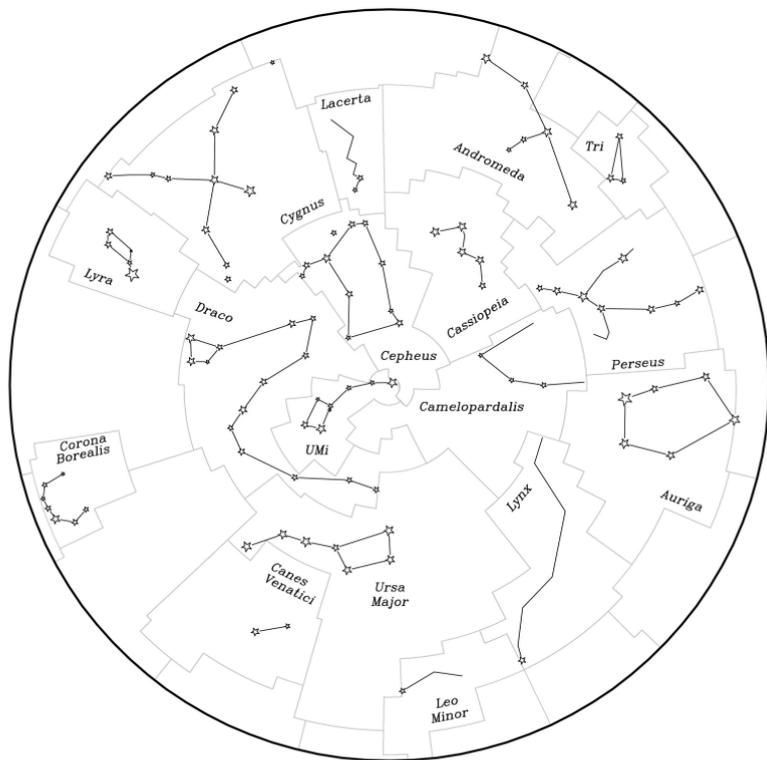
Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de  $-65^\circ$  y  $+65^\circ$ , y con ascensiones rectas desde 19 a 3 horas, que corresponden a los bordes derecho e izquierdo de la figura, respectivamente.



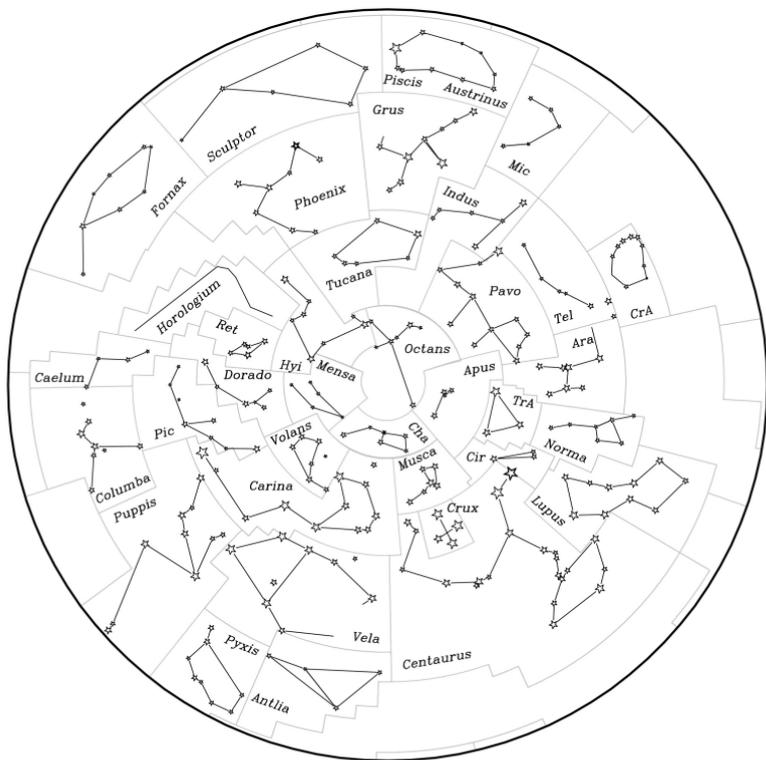
Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de  $-65^\circ$  y  $+65^\circ$ , y con ascensiones rectas desde 1 a 9 horas, que corresponden a los bordes derecho e izquierdo de la figura, respectivamente.



Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de  $-65^\circ$  y  $+65^\circ$ , y con ascensiones rectas desde 7 a 15 horas, que corresponden a los bordes derecho e izquierdo de la figura, respectivamente.



Esta proyección cubre las constelaciones con declinación superior a  $+25^\circ$ , que corresponde al borde externo de la figura. El origen de ascensión recta se encuentra en la parte superior de la figura.



Esta proyección cubre las constelaciones con declinación inferior a  $-25^\circ$ , 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)	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' )	magn. V
Acamar	$\theta^1$ Eridani	02 58 16	-40 18	3,24
Achernar	$\alpha$ Eridani	01 37 43	-57 14	0,45
Acrux	$\alpha^1$ Crucis	12 26 36	-63 06	1,33
Adara	$\epsilon$ Canis Majoris	06 58 38	-28 58	1,50
Al Na'ir	$\alpha$ Gruis	22 08 14	-46 58	1,73
Albireo	$\beta^1$ Cygni	19 30 43	+27 58	3,05
Alcaid	$\eta$ Ursae Majoris	13 47 32	+49 19	1,85
Alchiba	$\alpha$ Corvi	12 08 25	-24 44	4,02
Alcor	80 Ursae Majoris	13 25 14	+54 59	3,99
Alción	$\eta$ Tauri	03 47 29	+24 06	2,85
Aldebarán	$\alpha$ Tauri	04 35 55	+16 31	0,87
Alderamín	$\alpha$ Cephei	21 18 35	+62 35	2,45
Alfard	$\alpha$ Hydrae	09 27 35	-08 40	1,97
Alfeca	$\alpha$ Coronae Borealis	15 34 41	+26 43	2,22
Alferatz	$\alpha$ Andromedae	00 08 23	+29 05	2,07
Algedi	$\alpha^2$ Capricorni	20 18 03	-12 33	3,58
Algenib	$\gamma$ Pegasi	00 13 14	+15 11	2,83
Algieba	$\gamma^1$ Leonis	10 19 58	+19 50	2,28
Algol	$\beta$ Persei	03 08 10	+40 57	2,09
Alhena	$\gamma$ Geminorum	06 37 43	+16 24	1,93
Alioth	$\epsilon$ Ursae Majoris	12 54 02	+55 58	1,76
Almac	$\gamma^1$ Andromedae	02 03 54	+42 20	2,10
Alnilam	$\epsilon$ Orionis	05 36 13	-01 12	1,69
Altair	$\alpha$ Aquilae	19 50 47	+08 52	0,76
Ancaa	$\alpha$ Phoenicis	00 26 17	-42 18	2,40
Antares	$\alpha$ Scorpii	16 29 24	-26 26	1,06
Arneb	$\alpha$ Leporis	05 32 44	-17 49	2,58
Arturo	$\alpha$ Bootis	14 15 40	+19 11	-0,05
Atria	$\alpha$ Trianguli Australis	16 48 40	-69 02	1,91
Avior	$\epsilon$ Carinae	08 22 31	-59 31	1,86
Belátrix	$\gamma$ Orionis	05 25 08	+06 21	1,64
Betelgeuse	$\alpha$ Orionis	05 55 10	+07 24	0,45
Canopo	$\alpha$ Carinae	06 23 57	-52 42	-0,62
Capela	$\alpha$ Aurigae	05 16 41	+46 00	0,08
Caf	$\beta$ Cassiopeiae	00 09 11	+59 09	2,28
Cástor	$\alpha$ Geminorum	07 34 36	+31 53	1,58
Cor Caroli	$\alpha^2$ Canum Venaticorum	12 56 02	+38 19	2,89
Cursa	$\beta$ Eridani	05 07 51	-05 05	2,78
Deneb	$\alpha$ Cygni	20 41 26	+45 17	1,25
Denébola	$\beta$ Leonis	11 49 04	+14 34	2,14
Difda	$\beta$ Ceti	00 43 35	-17 59	2,04
Dubhe	$\alpha$ Ursae Majoris	11 03 44	+61 45	1,81
Elnath	$\beta$ Tauri	05 26 18	+28 36	1,65
Etamín	$\gamma$ Draconis	17 56 36	+51 29	2,24
Enif	$\epsilon$ Pegasi	21 44 11	+09 53	2,38

## Estrellas con nombre propio

nombre	en constelación (Bayer)	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ ( $^{\circ}$ ' )	magn. V
Espiga	$\alpha$ Virginis	13 25 12	-11 10	0,98
Fact	$\alpha$ Columbae	05 39 39	-34 04	2,65
Fecda	$\gamma$ Ursae Majoris	11 53 50	+53 42	2,41
Fomalhaut	$\alpha$ Piscis Austrini	22 57 39	-29 37	1,17
Gacrux	$\gamma$ Crucis	12 31 10	-57 07	1,59
Gienah	$\gamma$ Corvi	12 15 48	-17 33	2,58
Graffias	$\beta^1$ Scorpii	16 05 26	-19 48	2,56
Hadar	$\beta$ Centauri	14 03 49	-60 22	0,61
Hamal	$\alpha$ Arietis	02 07 10	+23 28	2,01
Izar	$\epsilon$ Bootis	14 44 59	+27 04	2,35
Kaus Australis	$\epsilon$ Sagittarii	18 24 10	-34 23	1,79
Kocab	$\beta$ Ursae Minoris	14 50 42	+74 09	2,07
Markab	$\alpha$ Pegasi	23 04 46	+15 12	2,49
Megrez	$\delta$ Ursae Majoris	12 15 26	+57 02	3,32
Menkalinan	$\beta$ Aurigae	05 59 32	+44 57	1,90
Menkar	$\alpha$ Ceti	03 02 17	+04 05	2,54
Menkent	$\theta$ Centauri	14 06 41	-36 22	2,06
Merak	$\beta$ Ursae Majoris	11 01 51	+56 23	2,34
Miaplacidus	$\beta$ Carinae	09 13 12	-69 43	1,67
Mimosa	$\beta$ Crucis	12 47 43	-59 41	1,25
Mintaka	$\delta$ Orionis	05 32 00	-00 18	2,25
Mira	$\omicron$ Ceti	02 19 21	-02 59	6,47
Mirach	$\beta$ Andromedae	01 09 44	+35 37	2,07
Mirfak	$\alpha$ Persei	03 24 19	+49 52	1,79
Mirzam	$\beta$ Canis Majoris	06 22 42	-17 57	1,98
Mizar	$\zeta$ Ursae Majoris	13 23 56	+54 56	2,23
Nunki	$\sigma$ Sagittarii	18 55 16	-26 18	2,05
Pavo Real	$\alpha$ Pavonis	20 25 39	-56 44	1,94
Polar	$\alpha$ Ursae Minoris	02 31 49	+89 16	1,97
Pólux	$\beta$ Geminorum	07 45 19	+28 02	1,16
Proción	$\alpha$ Canis Minoris	07 39 18	+05 14	0,40
Ras Algethi	$\alpha^1$ Herculis	17 14 39	+14 23	3,48
Ras Alhague	$\alpha$ Ophiuchi	17 34 56	+12 34	2,08
Rastaban	$\beta$ Draconis	17 30 26	+52 18	2,79
Régulo	$\alpha$ Leonis	10 08 22	+11 58	1,36
Rígel	$\beta$ Orionis	05 14 32	-08 12	0,18
Rígil Kentaurus	$\alpha^1$ Centauri	14 39 37	-60 50	-0,01
Rucbat	$\alpha$ Sagittarii	19 23 53	-40 37	3,96
Sabik	$\eta$ Ophiuchi	17 10 23	-15 43	2,43
Sadalmelik	$\alpha$ Aquarii	22 05 47	-00 19	2,95
Sadalsuud	$\beta$ Aquarii	21 31 34	-05 34	2,90
Scheat	$\beta$ Pegasi	23 03 47	+28 05	2,44
Schedar	$\alpha$ Cassiopeiae	00 40 31	+56 32	2,24
Shaula	$\lambda$ Scorpii	17 33 37	-37 06	1,62
Sheratan	$\beta$ Arietis	01 54 38	+20 48	2,64

## Estrellas con nombre propio

nombre	en constelación (Bayer)	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' )	magn. V
Sirio	$\alpha$ Canis Majoris	06 45 09	-16 43	-1,44
Suhail	$\lambda$ Velorum	09 08 00	-43 26	2,23
Thuban	$\alpha$ Draconis	14 04 23	+64 23	3,67
Unukalhai	$\alpha$ Serpentis	15 44 16	+06 26	2,63
Vega	$\alpha$ Lyrae	18 36 56	+38 47	0,03
Vindemiatrix	$\epsilon$ Virginis	13 02 11	+10 58	2,85
Wezen	$\delta$ Canis Majoris	07 08 23	-26 24	1,83
Zavijava	$\beta$ Virginis	11 50 42	+01 46	3,59
Zuben el Chamali	$\beta$ Librae	15 17 00	-09 23	2,61
Zuben el Genubi	$\alpha^2$ 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, Flamsteed o un número de catálogo.

## Las Pléyades

nombre	designación Flamsteed	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")	magn. V
Alción	25 $\eta$ Tauri	3 47 29	24 06 18	2,87
Estéropo	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
Méropo	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. Méropo está rodeada por la nebulosa de reflexión NGC 1435.

**Estrellas con nombre propio ordenadas por constelación**

- Andromeda:  $\alpha$  Alferatz  $\beta$  Mirach  $\gamma^1$  Almac
- Aquarius:  $\alpha$  Sadalmelik  $\beta$  Sadalsuud  $\gamma$  Sadachbia  $\delta$  Skat
- Aquila:  $\alpha$  Altair  $\beta$  Alshain  $\gamma$  Tarazed
- Aries:  $\alpha$  Hamal  $\beta$  Sheratan  $\gamma^2$  Mesartim
- Auriga:  $\alpha$  Capela, Cabra  $\beta$  Menkalinan
- Bootes:  $\alpha$  Arturo  $\beta$  Nekkar  $\gamma$  Seginus  $\epsilon$  Izar  $\eta$  Mufrid  $\mu^1$  Alkalurops
- Canes Venatici:  $\alpha^2$  Cor Caroli  $\beta$  Chara
- Canis Major:  $\alpha$  Sirio  $\beta$  Mirzam  $\delta$  Wezen  $\epsilon$  Adara  $\eta$  Aludra
- Canis Minor:  $\alpha$  Proción  $\beta$  Gomeisa
- Capricornus:  $\alpha^2$  Algiedi, Algedi  $\beta$  Dabih  $\gamma$  Nashira
- Carina:  $\alpha$  Canopo  $\beta$  Miaplacidus  $\epsilon$  Avior  $\iota$  Aspidiske
- Cassiopeia:  $\alpha$  Schedar  $\beta$  Caf  $\delta$  Rucba
- Centaurus:  $\alpha^1$  Rigil Kentaurus  $\beta$  Hadar, Agena  $\theta$  Menkent
- Cepheus:  $\alpha$  Alderamín  $\beta$  Alfirc  $\gamma$  Errai
- Cetus:  $\alpha$  Menkar  $\beta$  Difda, Deneb Kaitos  $\omicron$  Mira
- Columba:  $\alpha$  Fact  $\beta$  Wazn
- Corona Borealis:  $\alpha$  Alfeca, Gemma  $\beta$  Nusakan
- Corvus:  $\alpha$  Alchiba  $\gamma$  Gienah  $\delta$  Algorab
- Crux:  $\alpha^1$  Acrux  $\beta$  Becrux, Mimosa  $\gamma$  Gacrux
- Cygnus:  $\alpha$  Deneb  $\beta^1$  Albireo  $\gamma$  Sadr
- Draco:  $\alpha$  Thuban  $\beta$  Rastaban  $\gamma$  Etamín  $\delta$  Altai
- Eridanus:  $\alpha$  Achernar  $\beta$  Cursa  $\gamma$  Zaurak  $\eta$  Azha  $\theta^1$  Acamar
- Gemini:  $\alpha$  Cástor  $\beta$  Pólux  $\gamma$  Alhena  $\delta$  Wasat  $\epsilon$  Mebsuta
- Grus:  $\alpha$  Al Na'ir
- Hercules:  $\alpha^1$  Ras Algethi  $\beta$  Kornephoros
- Hydra:  $\alpha$  Alfarid, Cor Hydrae
- Leo:  $\alpha$  Régulo  $\beta$  Denébola  $\gamma^1$  Algieba  $\delta$  Zosma  $\zeta$  Adhafera
- Lepus:  $\alpha$  Arneb  $\beta$  Nihal
- Libra:  $\alpha^2$  Zuben el Genubi  $\beta$  Zuben el Chamali  $\gamma$  Zuben el Hakrabi
- Lyra:  $\alpha$  Vega  $\beta$  Sheliak  $\gamma$  Sulafat
- Ophiucus:  $\alpha$  Ras Alhague  $\beta$  Cebalrai  $\delta$  Yed Prior  $\eta$  Sabik
- Orion:  $\alpha$  Betelgeuse  $\beta$  Rigel  $\gamma$  Belátrix  $\delta$  Mintaka  $\epsilon$  Alnilam  
 $\zeta$  Alnitak  $\kappa$  Saif  $\lambda$  Meissa
- Pegasus:  $\alpha$  Markab  $\beta$  Scheat  $\gamma$  Algenib  $\epsilon$  Enif  $\zeta$  Homam
- Perseus:  $\alpha$  Mirfak  $\beta$  Algol  $\zeta$  Atik
- Phoenix:  $\alpha$  Ancaa
- Piscis Austrinus:  $\alpha$  Fomalhaut
- Sagittarius:  $\alpha$  Rucbat  $\beta$  Arkab  $\gamma^2$  Alnasl  $\delta$  Kaus Media  $\epsilon$  Kaus Australis  
 $\zeta$  Ascella  $\lambda$  Kaus Borealis  $\sigma$  Nunki
- Scorpis:  $\alpha$  Antares  $\beta^1$  Graffias  $\lambda$  Shaula  $\nu$  Lesath
- Serpens:  $\alpha$  Unukalhai  $\theta^1$  Alya
- Taurus:  $\alpha$  Aldebarán  $\beta$  Elnath  $\eta$  Alcíone 17 Electra 19 Táigete  
20 Maya 21 Estérope 23 Mérope 27 Atlas 28 Pléyone
- Triangulum Australe:  $\alpha$  Atria
- Ursa Major:  $\alpha$  Dubhe  $\beta$  Merak  $\gamma$  Fecda, Phad  $\delta$  Megrez  $\epsilon$  Alioth  
 $\zeta$  Mizar  $\eta$  Alcaid  $\iota$  Talita 80 Alcor
- Ursa Minor:  $\alpha$  Polar  $\beta$  Kocab  $\gamma$  Fercad  $\delta$  Yildun
- Vela:  $\lambda$  Suhail
- Virgo:  $\alpha$  Espiga  $\beta$  Zavijava  $\gamma$  Porrima  $\epsilon$  Vindemiatrix

## Estrellas más cercanas

nombre	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )	$\delta_{2000}$ ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )	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
$\alpha$ 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
$\alpha$ 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
$\epsilon$ 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 <sup>+</sup> Ve	3,4
61 Cyg	21 06,9	+38 45	5,22	7,56	K3.5Ve	3,4
$\epsilon$ Ind	22 03,4	-56 47	4,68	6,95	K3Ve	3,5
$\alpha$ 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
$\tau$ 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.	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")	mag. V	$\mu_{\alpha} \cos \delta, \mu_{\delta}$ (" / 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
$\epsilon$ 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
$\sigma^2$ 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
$\mu$ Cassiopeiae	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
$\alpha$ Centauri B	Cen	14 39 35,1	-60 50 14	1,35	-3,60 0,95
$\alpha$ 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	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' )	magn. V	magn. absol.	tipo espec.	dist. (pc)
Sirio ( $\alpha$ CMA)	06 45 09	-16 43	-1,44	1,5	A0	2,6
Canopo ( $\alpha$ Car)	06 23 57	-52 42	-0,62	-5,5	F0	96
Arturo ( $\alpha$ Boo)	14 15 40	+19 11	-0,05	-0,3	K0	11
Rígil Kent. ( $\alpha$ Cen A)	14 39 37	-60 50	-0,01	4,4	G0	1,3
Vega ( $\alpha$ Lyr)	18 36 56	+38 47	0,03	0,6	A0	7,8
Capela ( $\alpha$ Aur A+B)	05 16 41	+46 00	0,08	-0,5	G0	12,9
Rígel ( $\beta$ Ori)	05 14 32	-08 12	0,18	*	B8p	237
Proción ( $\alpha$ CMi)	07 39 18	+05 14	0,40	2,7	F5	3,5
Achernar ( $\alpha$ Eri)	01 37 43	-57 14	0,45	-2,8	B5	44
Betelgeuse ( $\alpha$ Ori)	05 55 10	+07 24	0,45	*	M0	131
Hadar ( $\beta$ Cen)	14 03 49	-60 22	0,61	*	B1	161
Altair ( $\alpha$ Aql)	19 50 47	+08 52	0,76	2,2	A5	5,1
$\alpha$ Cru A+B	12 26 36	-63 06	0,77	-4,2	B1,B3	98
Aldebarán ( $\alpha$ Tau)	04 35 55	+16 31	0,87	*	K5	20
Espiga ( $\alpha$ Vir)	13 25 12	-11 10	0,98	*	B2	80
Antares ( $\alpha$ Sco A+B)	16 29 24	-26 26	1,06	*	M1,B3	185
Pólux ( $\beta$ Gem)	07 45 19	+28 02	1,16	1,1	K0	10
Fomalhaut ( $\alpha$ PsA)	22 57 39	-29 37	1,17	1,7	A3	7,7
Deneb ( $\alpha$ Cyg)	20 41 26	+45 17	1,25	*	A2p	990
Mimosa ( $\beta$ Cru)	12 47 43	-59 41	1,25	*	B1	108

## Estrellas brillantes

nombre	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ ( $^{\circ}$ ' ")	$\mu_{\alpha} \cos \delta, \mu_{\delta}$ ("/milenio)	$\pi$ (")	$V$	$B-V$	tipo esp.
$\alpha$ And	00 08 23,3	+29 05 26	136 -163	0,034	2,07	-0,04	A0p
$\beta$ Cas	00 09 10,7	+59 08 59	523 -180	0,060	2,28	0,38	F5
$\gamma$ Peg	00 13 14,2	+15 11 01	5 -8	0,010	2,83	-0,19	B2
$\beta$ Hya	00 25 45,1	-77 15 15	2220 324	0,134	2,82	0,62	G0
$\alpha$ Phe	00 26 17,0	-42 18 22	233 -354	0,042	2,40	1,08	K0
$\alpha$ Cas	00 40 30,5	+56 32 14	50 -32	0,014	2,24	1,17	K0
$\beta$ Cet	00 43 35,4	-17 59 12	233 33	0,034	2,04	1,02	K0
$\gamma$ Cas	00 56 42,5	+60 43 00	26 -4	0,005	2,15	-0,05	B0p
$\beta$ And	01 09 43,9	+35 37 14	176 -112	0,016	2,07	1,58	M0
$\delta$ Cas	01 25 49,0	+60 14 07	297 -49	0,033	2,66	0,16	A5
$\alpha$ Eri	01 37 42,9	-57 14 12	88 -40	0,023	0,45	-0,16	B5
$\beta$ Ari	01 54 38,4	+20 48 29	96 -109	0,055	2,64	0,17	A5
$\alpha$ Hya	01 58 46,2	-61 34 11	263 27	0,046	2,86	0,29	F0
$\gamma^1$ And	02 03 54,0	+42 19 47	43 -51	0,009	2,10	1,37	K0
$\alpha$ Ari	02 07 10,4	+23 27 45	191 -146	0,049	2,01	1,15	K2
$\beta$ Tri	02 09 32,6	+34 59 14	149 -39	0,026	3,00	0,14	A5
$\alpha$ UMi	02 31 49,1	+89 15 51	44 -12	0,008	1,97	0,64	F8
$\theta$ Eri	02 58 15,7	-40 18 17	-54 26	0,020	2,88	0,13	A2
$\alpha$ Cet	03 02 16,8	+04 05 23	-12 -79	0,015	2,54	1,63	M0
$\gamma$ Per	03 04 47,8	+53 30 23	1 -4	0,013	2,91	0,72	F5,A3
$\beta$ Per	03 08 10,1	+40 57 20	2 -1	0,035	2,09	0,00	B8
$\alpha$ Per	03 24 19,4	+49 51 40	24 -26	0,006	1,79	0,48	F5
$\eta$ Tau	03 47 29,1	+24 06 18	19 -43	0,009	2,85	-0,09	B5p
$\zeta$ Per	03 54 07,9	+31 53 01	4 -9	0,003	2,84	0,27	B1
$\epsilon$ Per	03 57 51,2	+40 00 37	13 -24	0,006	2,90	-0,20	B1
$\gamma$ Eri	03 58 01,8	-13 30 31	61 -111	0,015	2,97	1,59	K5
$\alpha$ Tau	04 35 55,2	+16 30 33	63 -189	0,050	0,87	1,54	K5
$\iota$ Aur	04 56 59,6	+33 09 58	4 -19	0,006	2,69	1,49	K2
$\beta$ Eri	05 07 51,0	-05 05 11	-83 -75	0,037	2,78	0,16	A3
$\beta$ Ori	05 14 32,3	-08 12 06	2 -1	0,004	0,18	-0,03	B8p
$\alpha$ Aur	05 16 41,4	+45 59 53	76 -427	0,077	0,08	0,80	G0
$\gamma$ Ori	05 25 07,9	+06 20 59	-9 -13	0,013	1,64	-0,22	B2
$\beta$ Tau	05 26 17,5	+28 36 27	23 -174	0,025	1,65	-0,13	B8
$\beta$ Lep	05 28 14,7	-20 45 34	-5 -86	0,020	2,81	0,81	G0
$\delta$ Ori	05 32 00,4	-00 17 57	2 1	0,004	2,25	-0,17	B0
$\alpha$ Lep	05 32 43,8	-17 49 20	3 2	0,003	2,58	0,21	F0
$\iota$ Ori	05 35 26,0	-05 54 36	2 -1	0,002	2,75	-0,21	Oe5
$\epsilon$ Ori	05 36 12,8	-01 12 07	1 -1	0,002	1,69	-0,18	B0
$\zeta$ Tau	05 37 38,7	+21 08 33	2 -18	0,008	2,97	-0,15	B3p
$\alpha$ Col	05 39 38,9	-34 04 27	0 -24	0,012	2,65	-0,12	B5p
$\zeta$ Ori	05 40 45,5	-01 56 33	4 3	0,004	1,74	-0,20	B0
$\kappa$ Ori	05 47 45,4	-09 40 11	2 -1	0,005	2,07	-0,17	B0

## Estrellas brillantes

nombre	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ ( $^{\circ}$ ' ")	$\mu_{\alpha} \cos \delta, \mu_{\delta}$ (" / milenio)	$\pi$ (")	$V$	$B-V$	tipo esp.	
$\alpha$ Ori	05 55 10,3	+07 24 25	27	11	0,008	0,45	1,50	M0
$\beta$ Aur	05 59 31,7	+44 56 51	-56	-1	0,040	1,90	0,08	A0p
$\theta$ Aur	05 59 43,3	+37 12 45	42	-74	0,019	2,65	-0,08	A0
$\beta$ CMa	06 22 42,0	-17 57 21	-3	0	0,007	1,98	-0,24	B1
$\mu$ Gem	06 22 57,6	+22 30 49	57	-109	0,014	2,87	1,62	M0
$\alpha$ Car	06 23 57,1	-52 41 44	20	24	0,010	-0,62	0,16	F0
$\gamma$ Gem	06 37 42,7	+16 23 57	-2	-67	0,031	1,93	0,00	A0
$\alpha$ CMA	06 45 08,9	-16 42 58	-546	-1223	0,379	-1,44	0,01	A0
$\tau$ Pup	06 49 56,2	-50 36 52	34	-66	0,018	2,94	1,21	K0
$\epsilon$ CMA	06 58 37,5	-28 58 20	3	2	0,008	1,50	-0,21	B1
$\delta$ CMA	07 08 23,5	-26 23 36	-3	3	0,002	1,83	0,67	F8p
$\pi$ Pup	07 17 08,6	-37 05 51	-11	7	0,003	2,71	1,62	K5
$\eta$ CMA	07 24 05,7	-29 18 11	-4	7	0,001	2,45	-0,08	B5p
$\beta$ CMi	07 27 09,0	+08 17 22	-50	-38	0,019	2,89	-0,10	B8
$\alpha$ Gem	07 34 35,9	+31 53 18	-206	-148	0,063	1,58	0,03	A0,A0
$\alpha$ CMi	07 39 18,1	+05 13 30	-717	-1035	0,286	0,40	0,43	F5
$\beta$ Gem	07 45 19,0	+28 01 34	-626	-46	0,097	1,16	0,99	K0
$\zeta$ Pup	08 03 35,1	-40 00 12	-31	17	0,002	2,21	-0,27	O3
$\rho$ Pup	08 07 32,6	-24 18 15	-83	46	0,052	2,83	0,46	F5
$\gamma$ Vel	08 09 32,0	-47 20 12	-6	10	0,004	1,75	-0,14	Oap
$\epsilon$ Car	08 22 30,8	-59 30 34	-25	23	0,005	1,86	1,20	K0,B
$\delta$ Vel	08 44 42,2	-54 42 32	29	-104	0,041	1,93	0,04	A0
$\lambda$ Vel	09 07 59,8	-43 25 57	-23	14	0,006	2,23	1,66	K5
$\beta$ Car	09 13 12,0	-69 43 02	-158	109	0,029	1,67	0,07	A0
$\iota$ Car	09 17 05,4	-59 16 31	-19	13	0,005	2,21	0,19	F0
$\kappa$ Vel	09 22 06,8	-55 00 39	-11	11	0,006	2,47	-0,14	B3
$\alpha$ Hya	09 27 35,2	-08 39 31	-14	33	0,018	1,99	1,44	K2
$\epsilon$ Leo	09 45 51,1	+23 46 27	-46	-10	0,013	2,97	0,81	G0p
$\nu$ Car	09 47 06,1	-65 04 19	-12	5	0,002	2,92	0,27	F0
$\alpha$ Leo	10 08 22,3	+11 58 02	-249	5	0,042	1,36	-0,09	B8
$\gamma$ Leo	10 19 58,4	+19 50 29	311	-153	0,026	2,01	1,13	K0,K0
$\theta$ Car	10 42 57,4	-64 23 40	-19	12	0,007	2,74	-0,22	B0
$\mu$ Vel	10 46 46,2	-49 25 13	63	-54	0,028	2,69	0,90	G5
$\beta$ UMa	11 01 50,5	+56 22 57	82	34	0,041	2,34	0,03	A0
$\alpha$ UMa	11 03 43,7	+61 45 04	-136	-35	0,026	1,81	1,06	K0
$\psi$ UMa	11 09 39,8	+44 29 55	-62	-27	0,022	3,00	1,14	K0
$\delta$ Leo	11 14 06,5	+20 31 25	143	-130	0,057	2,56	0,13	A3
$\beta$ Leo	11 49 03,6	+14 34 19	-499	-114	0,090	2,14	0,09	A2
$\gamma$ UMa	11 53 49,8	+53 41 41	108	11	0,039	2,41	0,04	A0
$\delta$ Cen	12 08 21,5	-50 43 21	-48	-6	0,008	2,58	-0,13	B3p
$\delta$ Cru	12 15 08,7	-58 44 56	-37	-11	0,009	2,79	-0,19	B3
$\gamma$ Crv	12 15 48,4	-17 32 31	-160	22	0,020	2,58	-0,11	B8

## Estrellas brillantes

nombre	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ ( $^{\circ}$ ' ")	$\mu_{\alpha} \cos \delta, \mu_{\delta}$ (" / milenio)	$\pi$ (")	$V$	$B-V$	tipo esp.
$\alpha$ Cru	12 26 35,9	-63 05 57	-35 -15	0,010	0,77	-0,24	B1,B3
$\delta$ Crv	12 29 51,9	-16 30 56	-210 -139	0,037	2,94	-0,01	A0
$\gamma$ Cru	12 31 09,9	-57 06 48	28 -264	0,037	1,59	1,60	M3
$\beta$ Crv	12 34 23,2	-23 23 48	1 -56	0,023	2,65	0,89	G5
$\alpha$ Mus	12 37 11,0	-69 08 08	-40 -12	0,011	2,69	-0,18	B3
$\gamma$ Cen	12 41 31,0	-48 57 36	-187 -1	0,025	2,20	-0,02	A0
$\gamma$ Vir	12 41 39,6	-01 26 58	-617 61	0,085	2,74	0,37	F0
$\beta$ Cru	12 47 43,2	-59 41 19	-48 -13	0,009	1,25	-0,24	B1
$\epsilon$ UMa	12 54 01,7	+55 57 35	112 -9	0,040	1,76	-0,02	A0p
$\alpha^2$ CVn	12 56 01,7	+38 19 06	-233 55	0,030	2,89	-0,12	A0p
$\epsilon$ Vir	13 02 10,6	+10 57 33	-275 20	0,032	2,85	0,93	K0
$\gamma$ Hya	13 18 55,3	-23 10 18	68 -41	0,025	2,99	0,92	G5
$\iota$ Cen	13 20 35,8	-36 42 44	-341 -88	0,056	2,75	0,07	A2
$\zeta$ UMa	13 23 55,5	+54 55 31	121 -22	0,042	2,23	0,06	A2p
$\alpha$ Vir	13 25 11,6	-11 09 41	-43 -32	0,012	0,98	-0,23	B2
$\epsilon$ Cen	13 39 53,2	-53 27 59	-15 -13	0,009	2,29	-0,17	B1
$\eta$ UMa	13 47 32,4	+49 18 48	-121 -16	0,032	1,85	-0,10	B3
$\eta$ Boo	13 54 41,1	+18 23 52	-61 -358	0,088	2,68	0,58	G0
$\zeta$ Cen	13 55 32,4	-47 17 18	-57 -45	0,008	2,55	-0,18	B2p
$\beta$ Cen	14 03 49,4	-60 22 23	-34 -25	0,006	0,61	-0,23	B1
$\theta$ Cen	14 06 41,0	-36 22 12	-519 -518	0,054	2,06	1,01	K0
$\alpha$ Boo	14 15 39,7	+19 10 57	-1093 -1999	0,089	-0,05	1,24	K0
$\eta$ Cen	14 35 30,4	-42 09 28	-35 -32	0,011	2,33	-0,16	B3p
$\alpha^2$ Cen	14 39 35,1	-60 50 14	-3600 952	0,742	1,35	0,90	K5
$\alpha^1$ Cen	14 39 36,5	-60 50 02	-3678 482	0,742	-0,01	0,71	G0
$\alpha$ Lup	14 41 55,8	-47 23 18	-21 -24	0,006	2,30	-0,15	B2
$\epsilon$ Boo	14 44 59,2	+27 04 27	-51 20	0,016	2,35	0,97	K0
$\beta$ UMi	14 50 42,3	+74 09 20	-32 12	0,026	2,07	1,47	K5
$\alpha^2$ Lib	14 50 52,7	-16 02 30	-106 -69	0,042	2,75	0,15	A3
$\beta$ Lup	14 58 31,9	-43 08 02	-34 -38	0,006	2,68	-0,18	B2p
$\beta$ Lib	15 17 00,4	-09 22 59	-96 -21	0,020	2,61	-0,07	B8
$\gamma$ TrA	15 18 54,6	-68 40 46	-66 -32	0,018	2,87	0,01	A0
$\gamma$ UMi	15 20 43,7	+71 50 02	-18 18	0,007	3,00	0,06	A2
$\alpha$ CrB	15 34 41,3	+26 42 53	120 -89	0,044	2,22	0,03	A0
$\gamma$ Lup	15 35 08,4	-41 10 00	-16 -26	0,006	2,80	-0,22	B3
$\alpha$ Ser	15 44 16,1	+06 25 32	135 44	0,045	2,63	1,17	K0
$\beta$ TrA	15 55 08,5	-63 25 50	-188 -402	0,081	2,83	0,31	F0
$\pi$ Sco	15 58 51,1	-26 06 51	-12 -26	0,007	2,89	-0,18	B2
$\delta$ Sco	16 00 20,0	-22 37 18	-9 -37	0,008	2,29	-0,12	B0
$\beta^1$ Sco	16 05 26,2	-19 48 20	-7 -25	0,006	2,56	-0,06	B1
$\delta$ Oph	16 14 20,7	-03 41 40	-46 -143	0,019	2,73	1,58	M0
$\sigma$ Sco	16 21 11,3	-25 35 34	-10 -18	0,004	2,90	0,30	B1

## Estrellas brillantes

nombre	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ ( $^{\circ}$ ' ")	$\mu_{\alpha} \cos \delta$ , $\mu_{\delta}$ (" / milenio)	$\pi$ (")	$V$	$B-V$	tipo esp.
$\eta$ Dra	16 23 59,5	+61 30 51	-17 57	0,037	2,73	0,91	G5
$\alpha$ Sco	16 29 24,4	-26 25 55	-10 -23	0,005	1,06	1,87	M1,B3
$\beta$ Her	16 30 13,2	+21 29 23	-98 -14	0,022	2,78	0,95	K0
$\tau$ Sco	16 35 53,0	-28 12 58	-9 -23	0,008	2,82	-0,21	B0
$\zeta$ Oph	16 37 09,5	-10 34 02	13 25	0,007	2,54	0,04	B0
$\zeta$ Her	16 41 17,2	+31 36 10	-463 345	0,093	2,81	0,65	G0
$\alpha$ TrA	16 48 39,9	-69 01 40	18 -33	0,008	1,91	1,45	K2
$\epsilon$ Sco	16 50 09,8	-34 17 36	-612 -256	0,050	2,29	1,14	K0
$\mu^1$ Sco	16 51 52,2	-38 02 51	-9 -22	0,004	3,00	-0,20	B3p
$\eta$ Oph	17 10 22,7	-15 43 30	41 98	0,039	2,43	0,06	A2
$\alpha$ Her	17 14 38,9	+14 23 25	-7 33	0,009	2,78	1,16	M2,M2
$\beta$ Ara	17 25 18,0	-55 31 48	-8 -25	0,005	2,84	1,48	K2
$\beta$ Dra	17 30 26,0	+52 18 05	-16 12	0,009	2,79	0,95	G0
$\nu$ Sco	17 30 45,8	-37 17 45	-4 -29	0,006	2,70	-0,18	B3
$\alpha$ Ara	17 31 50,5	-49 52 34	-31 -67	0,013	2,84	-0,14	B3p
$\lambda$ Sco	17 33 36,5	-37 06 14	-9 -30	0,005	1,62	-0,23	B2
$\alpha$ Oph	17 34 56,1	+12 33 36	110 -223	0,070	2,08	0,16	A5
$\theta$ Sco	17 37 19,2	-42 59 52	6 -1	0,012	1,86	0,41	F0
$\kappa$ Sco	17 42 29,3	-39 01 48	-6 -26	0,007	2,39	-0,17	B2
$\beta$ Oph	17 43 28,4	+04 34 02	-41 159	0,040	2,76	1,17	K0
$\iota^1$ Sco	17 47 35,1	-40 07 37	0 -6	0,002	2,99	0,51	F6
$\gamma$ Dra	17 56 36,4	+51 29 20	-9 -23	0,022	2,24	1,52	K5
$\gamma$ Sgr	18 05 48,5	-30 25 27	-56 -182	0,034	2,98	0,98	K0
$\delta$ Sgr	18 20 59,7	-29 49 41	30 -26	0,011	2,72	1,38	K0
$\epsilon$ Sgr	18 24 10,3	-34 23 05	-40 -124	0,023	1,79	-0,03	A0
$\lambda$ Sgr	18 27 58,2	-25 25 18	-45 -186	0,042	2,82	1,02	K0
$\alpha$ Lyr	18 36 56,3	+38 47 01	201 287	0,129	0,03	0,00	A0
$\sigma$ Sgr	18 55 15,9	-26 17 48	14 -53	0,015	2,05	-0,13	B3
$\zeta$ Sgr	19 02 36,7	-29 52 48	-14 4	0,037	2,60	0,06	A4
$\zeta$ Aql	19 05 24,6	+13 51 49	-7 -95	0,039	2,99	0,01	A0
$\pi$ Sgr	19 09 45,8	-21 01 25	-1 -37	0,007	2,88	0,38	F2
$\delta$ Cyg	19 44 58,5	+45 07 51	43 48	0,019	2,86	0,00	A0
$\gamma$ Aql	19 46 15,6	+10 36 48	16 -3	0,007	2,72	1,51	K2
$\alpha$ Aql	19 50 47,0	+08 52 06	537 386	0,195	0,76	0,22	A5
$\gamma$ Cyg	20 22 13,7	+40 15 24	2 -1	0,002	2,23	0,67	F8p
$\alpha$ Pav	20 25 38,9	-56 44 06	8 -86	0,018	1,94	-0,12	B3
$\alpha$ Cyg	20 41 25,9	+45 16 49	2 2	0,001	1,25	0,09	A2p
$\epsilon$ Cyg	20 46 12,7	+33 58 13	356 330	0,045	2,48	1,02	K0
$\alpha$ Cep	21 18 34,8	+62 35 08	150 48	0,067	2,45	0,26	A5
$\beta$ Aqr	21 31 33,5	-05 34 16	23 -7	0,005	2,90	0,83	G0
$\epsilon$ Peg	21 44 11,2	+09 52 30	30 1	0,005	2,38	1,52	K0
$\delta$ Cap	21 47 02,4	-16 07 38	263 -296	0,085	2,85	0,18	A5

## Estrellas brillantes

nombre	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ ( $^{\circ}$ ' ")	$\mu_{\alpha} \cos \delta, \mu_{\delta}$ (" / milenio)	$\pi$ (")	$V$	$B-V$	tipo esp.
$\gamma$ Cru	21 53 55,7	-37 21 54	96 -12	0,016	3,00	-0,08	B8
$\alpha$ Aqr	22 05 47,0	-00 19 11	18 -10	0,004	2,95	0,97	G0
$\alpha$ Gru	22 08 14,0	-46 57 40	128 -148	0,032	1,73	-0,07	B5
$\alpha$ Tuc	22 18 30,1	-60 15 35	-71 -38	0,016	2,87	1,39	K2
$\beta$ Gru	22 42 40,1	-46 53 05	136 -5	0,019	2,07	1,61	M3
$\eta$ Peg	22 43 00,1	+30 13 17	13 -26	0,015	2,93	0,85	G0
$\alpha$ PsA	22 57 39,0	-29 37 20	329 -164	0,130	1,17	0,14	A3
$\beta$ Peg	23 03 46,5	+28 04 58	188 138	0,016	2,44	1,65	M0
$\alpha$ 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  $V = 3$  extraídas 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

$$\alpha = \alpha_{2000} + t \mu_{\alpha} = \alpha_{2000} + \frac{t}{\cos \delta} (\mu_{\alpha} \cos \delta)$$

$$\delta = \delta_{2000} + t \mu_{\delta}$$

siendo  $t = (\text{día juliano} - 2451545) / 365250$ .

La columna etiquetada  $\pi$  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, extraído 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  $-48^{\circ}$ . 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	$\alpha_{2000}$	$\delta_{2000}$	componentes	magnitudes		separ.	A.P.
	(h m)	(° ′)		prim.	sec.		
$\eta$ Cas	00 49,1	57 49	AB	3,52	7,36	13,3	325*
$\gamma$ Ari	01 53,5	19 18	AB	4,52	4,58	7,4	0
$\theta$ Eri	02 58,3	-40 18		3,20	4,12	8,6	91
$\eta$ 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	6,8	348
$\kappa$ Tau	04 25,4	22 18	AB	4,22	5,29	344,5	174
83 Tau	04 30,6	13 43	AC	4,75	6,09	5,0	311
92 tau	04 39,3	15 55		4,69	5,09	444,0	194
$\beta$ Ori	05 14,5	-08 12	A,BC	0,30	6,80	9,5	202
$\beta$ Lep	05 28,2	-20 46	AB	2,90	7,50	2,7	8
$\delta$ Ori	05 32,0	00 18	AC	2,41	6,83	53,3	2
Struve 747	05 35,0	-06 00	AB	4,70	5,51	35,9	224
$\lambda$ Ori	05 35,1	09 56	AB	3,51	5,45	4,5	44
$\iota$ Ori	05 35,4	-05 55	AB	2,77	7,73	11,6	141
$\gamma$ Lep	05 44,5	-22 27	AB	3,64	6,28	95,0	350
$\theta$ Aur	05 59,7	37 13	AB	2,60	7,20	4,0	304
$\zeta$ CMa	06 20,3	-30 04		2,96	7,81	173,3	338
$\beta$ Mon	06 28,8	-07 02	AB	4,62	5,00	7,2	137
$\beta$ Mon	06 28,8	-07 02	AC	4,62	5,39	9,9	130
$\epsilon$ CMa	06 58,6	-28 58		1,50	7,50	7,9	162
$\pi$ 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
$\eta$ CMa	07 24,1	-29 18		2,45	6,77	178,8	286
$\alpha$ Gem	07 34,6	31 53	AB	1,93	2,97	5,2	54*
k Pup	07 38,8	-26 48	AB	4,40	4,62	10,2	317
$\gamma$ Vel	08 09,5	-47 20	AB	1,79	4,14	40,3	221
$\gamma$ Vel	08 09,5	-47 20	AC	1,79	7,26	61,5	152
$\zeta$ Cnc	08 12,2	17 39	AB,C	4,92	5,85	5,9	65*
$\iota$ Cnc	08 46,7	28 46		4,13	5,99	30,1	308
$\epsilon$ Hya	08 46,8	06 25	AB,C	3,49	6,66	2,8	308*
38 Lyn	09 18,8	36 48	AB	3,92	6,09	2,5	224
$\zeta$ Leo	10 16,7	23 25		3,46	6,03	334,8	338
$\gamma$ Leo	10 20,0	19 50	AB	2,37	3,64	4,7	127*
54 Leo	10 55,6	24 45		4,48	6,30	6,7	112
$\alpha$ UMa	11 03,7	61 45	AC	2,02	7,19	380,6	204
HR 4314	11 05,3	-27 18	AD	4,96	5,70	504,1	88
$\gamma$ Vir	12 41,7	-01 27	AB	3,48	3,53	2,6	2*
$\alpha$ CVn	12 56,0	38 19	AB	2,85	5,52	19,3	227

## Estrellas dobles o múltiples

nombre	$\alpha_{2000}$		$\delta_{2000}$		componentes	magnitudes		separ. (")	A.P. (°)
	(h	m)	(°	')		prim.	sec.		
3 Cen	13	51,8	-33	00		4,50	5,97	7,9	104
$\pi$ Boo	14	40,7	16	25	AB	4,88	5,79	5,4	113
$\epsilon$ Boo	14	45,0	27	04	AB	2,58	4,81	2,9	343
$\alpha$ Lib	14	50,9	-16	03	AB	2,74	5,19	231,1	314
$\delta$ Ser	15	34,8	10	32	AB	4,17	5,16	4,0	172*
$\zeta^2$ CrB	15	39,4	36	38		4,96	5,91	6,4	307
$\eta$ Lup	16	00,1	-38	24	AB	3,37	7,50	15,0	19
$\nu$ Sco	16	12,0	-19	28	AC	4,35	6,60	41,3	336
$\epsilon$ Nor	16	27,2	-47	33		4,51	6,12	22,8	334
$\alpha$ Sco	16	29,4	-26	26		0,96	5,40	2,6	277*
$\alpha$ Her	17	14,6	14	23	AB	3,48	5,40	4,6	103*
$\rho$ Her	17	23,7	37	09	AB	4,50	5,40	4,0	321
$\nu$ Dra	17	32,2	55	11		4,87	4,90	62,1	312
$\theta$ Sco	17	37,3	-43	00		1,97	5,36	6,5	315
$\psi$ Dra	17	41,9	72	09	AB	4,60	5,59	29,6	17*
95 Her	18	01,5	21	36		4,85	5,20	6,4	257
70 Oph	18	05,5	02	30	AB	4,22	6,17	6,4	124*
$\epsilon$ Lyr	18	44,3	39	40	AB,CD	4,67	4,56	207,9	171
$\zeta$ Lyr	18	44,8	37	36	AD	4,34	5,62	43,7	150
$\theta$ Ser	18	56,2	04	12	AB	4,59	4,93	22,5	105
$\alpha$ Vul	19	28,7	24	40		4,61	5,93	426,6	28
$\beta$ Cyg	19	30,7	27	58	AB	3,19	4,68	34,3	54
$\delta$ Cyg	19	45,0	45	08	AB	2,89	6,27	2,7	217*
$\epsilon$ Dra	19	48,2	70	16		4,01	6,87	3,2	21
$\alpha$ Cap	20	18,1	-12	33	AE	3,66	4,34	381,2	290
$\gamma$ Del	20	46,7	16	07	AB	4,36	5,03	8,9	265*
$\gamma$ Equ	21	10,3	10	08	AD	4,70	6,06	335,8	152
$\xi$ Cep	22	03,8	64	38	AB	4,45	6,40	8,4	273*
$\zeta^2$ Aqr	22	28,8	00	01	AB	4,34	4,49	2,1	164
$\delta$ Cep	22	29,2	58	25	AC	4,21	6,11	40,7	191

## Estrellas variables

La idea de *estrella variable* como toda aquella 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  $\gamma$  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 ( $\beta$  Cephei =  $\beta$  Canis Majoris,  $\delta$  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  $\alpha$  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 distinguen tres tipos de estrellas variables eclipsantes: Algol,  $\beta$  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 caída sobre la estrella compacta, este material emite rayos X. Los que son capturados por la otra estrella dan lugar a la emisión 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 estudiadas 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 ( $\beta$  Per),  $\beta$  Lyr y RR Lyr. Los instantes de mínimo de las variables eclipsantes prototipo  $\beta$  Per y  $\beta$  Lyr pueden encontrarse en la página 268. Entre las de largo periodo se puede empezar por algunas de las estrellas Mira más brillantes, como son Mira (*o* Cet), R Leo y  $\chi$  Cyg, cuyos instantes de máximo para este año vienen dados en la tabla de la página 269.

## Estrellas variables de otros tipos

nombre	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )	$\delta_{2000}$ ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )	magnitud máx. mín.		periodo (días)	tipo
TV Psc	00 28	+17 24	4,7	5,4	70	Semirregular
$\gamma$ Cas	00 57	+60 43	1,6	3,0		$\gamma$ Cassiopeiae
RX And	01 05	+41 18	10,3	13,6	14,1	Z Camelopardalis
$\zeta$ 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"
$\rho$ Per	03 05	+38 50	3,3	4,4	50	Semirregular
$\beta$ 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		$\gamma$ Cassiopeiae
$\lambda$ 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
$\varepsilon$ Aur	05 02	+43 49	2,9	3,8	9890	Algol
$\zeta$ 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
$\beta$ Dor	05 34	-62 29	3,5	4,1	9,84	$\delta$ Cephei
T Ori	05 36	-05 29	9,5	12,6		T Orionis
$\alpha$ Ori	05 55	+07 24	0,4	1,3	2110	Semirregular
$\delta$ Pic	06 10	-54 58	4,7	4,9	1,673	$\beta$ Lyrae
$\eta$ Gem	06 15	+22 30	3,2	3,9	233	Semirregular
RT Aur	06 29	+30 30	5,0	5,8	3,728	$\delta$ Cephei
$\zeta$ Gem	07 04	+20 34	3,7	4,2	10,15	$\delta$ Cephei
EW CMa	07 14	-26 21	4,4	4,8		$\gamma$ Cassiopeiae
L <sub>2</sub> Pup	07 14	-44 39	2,6	6,2	140	Semirregular
UW CMa	07 19	-24 34	4,8	5,3	4,393	$\beta$ Lyrae
FW CMa	07 25	-16 12	5,0	5,5		$\gamma$ 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	$\beta$ Lyrae
MX Pup	08 14	-35 54	4,6	4,9		$\gamma$ 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	$\delta$ Cephei
AD Leo	10 20	+19 52	9,4	10,4		UV Ceti
$\eta$ 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
$\mu$ Cen	13 50	-42 28	2,9	3,5		$\gamma$ Cassiopeiae
$\delta$ 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	$\alpha_{2000}$ (h m)	$\delta_{2000}$ (° ')	magnitud máx. mín.		periodo (días)	tipo
$\chi$ Oph	16 27	-18 27	4,2	5,0		$\gamma$ Cassiopeiae
$\alpha$ 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
$\mu^1$ Sco	16 52	-38 03	2,8	3,1	1,44	$\beta$ Lyrae
$\alpha$ Her	17 15	+14 23	3,0	4,0		Semirregular
u Her	17 17	+33 06	4,6	5,3	2,051	$\beta$ Lyrae
X Sgr	17 48	-27 50	4,2	4,8	7,01	$\delta$ Cephei
W Sgr	18 05	-29 35	4,3	5,1	7,60	$\delta$ Cephei
$\delta$ Sct	18 42	-09 03	5,0	5,2	0,194	$\delta$ Scuti
R Sct	18 48	-05 42	4,5	8,2	140	RV Tauri
$\beta$ Lyr	18 50	+33 22	3,3	4,3	12,936	$\beta$ Lyrae
$\lambda$ Pav	18 52	-62 11	3,4	4,3		$\gamma$ Cassiopeiae
R Lyr	18 55	+43 57	3,9	5,0	46,0	Semirregular
$\kappa$ Pav	18 57	-67 14	3,9	4,8	9,09	W Virginis
$\epsilon$ 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
$\eta$ Aql	19 53	+01 00	3,5	4,4	7,177	$\delta$ 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
$\delta$ Del	20 43	+15 04	4,4	4,5	0,158	$\delta$ Scuti
T Cyg	20 47	+34 22	5,0	5,5		Irregular
V832 Cyg	21 00	+47 31	4,5	4,9		$\gamma$ 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
$\mu$ Cep	21 44	+58 47	3,4	5,1	730	Semirregular
$\epsilon$ Oct	22 20	-80 26	5,0	5,4	55	Semirregular
$\delta$ Cep	22 29	+58 25	3,5	4,4	5,366	$\delta$ Cephei
RZ Cep	22 39	+64 51	9,2	9,8	0,309	RR Lyrae
$\beta$ Gru	22 43	-46 53	2,0	2,3		Irregular
EW Lac	22 57	+48 41	5,0	5,3		$\gamma$ Cassiopeiae
$\beta$ Peg	23 04	+28 05	2,3	2,7		Irregular
$\lambda$ And	23 38	+46 28	3,7	4,0	54,2	Semirregular
$\rho$ 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  $\alpha$  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 $B_2/B_1$	razón de brillos $B_2/B_1$	diferencia de magnitudes $m_1 - m_2$
0,1	1,10	2	0,75
0,2	1,20	3	1,19
0,3	1,32	4	1,51
0,4	1,45	5	1,75
0,5	1,58	10	2,50
0,6	1,74	15	2,94
0,7	1,91	20	3,25
0,8	2,09	25	3,49
0,9	2,29	30	3,69
1,0	2,51	35	3,86
2,0	6,31	40	4,01
3,0	15,85	50	4,25
4,0	39,81	60	4,45
5,0	100,00	70	4,61
6,0	251,19	80	4,76
7,0	631	90	4,89
8,0	1585	100	5,00

**Tabla de equivalencias  
para distancias en la Vía Láctea**

paralaje anual	tiempo luz (años)	distancia		
		en parsecs	en ua	en km
1"0	3,26	1,00	21 10 <sup>4</sup>	309 10 <sup>11</sup>
0"9	3,62	1,11	23 10 <sup>4</sup>	343 10 <sup>11</sup>
0"8	4,08	1,25	26 10 <sup>4</sup>	386 10 <sup>11</sup>
0"7	4,66	1,43	29 10 <sup>4</sup>	441 10 <sup>11</sup>
0"6	5,44	1,67	34 10 <sup>4</sup>	514 10 <sup>11</sup>
0"5	6,52	2,00	41 10 <sup>4</sup>	617 10 <sup>11</sup>
0"4	8,15	2,50	52 10 <sup>4</sup>	771 10 <sup>11</sup>
0"3	10,87	3,33	69 10 <sup>4</sup>	1029 10 <sup>11</sup>
0"2	16,31	5,00	103 10 <sup>4</sup>	1543 10 <sup>11</sup>
0"1	32,62	10,00	206 10 <sup>4</sup>	3086 10 <sup>11</sup>
0"09	36,24	11,11	23 10 <sup>5</sup>	343 10 <sup>12</sup>
0"08	40,77	12,50	26 10 <sup>5</sup>	386 10 <sup>12</sup>
0"07	46,59	14,29	29 10 <sup>5</sup>	441 10 <sup>12</sup>
0"06	54,36	16,67	34 10 <sup>5</sup>	514 10 <sup>12</sup>
0"05	65,23	20,00	41 10 <sup>5</sup>	617 10 <sup>12</sup>
0"04	81,54	25,00	52 10 <sup>5</sup>	771 10 <sup>12</sup>
0"03	108,72	33,33	69 10 <sup>5</sup>	1029 10 <sup>12</sup>
0"02	163,08	50,00	103 10 <sup>5</sup>	1543 10 <sup>12</sup>
0"01	326,16	100,00	206 10 <sup>5</sup>	3086 10 <sup>12</sup>
0"009	362,4	111,1	23 10 <sup>6</sup>	343 10 <sup>13</sup>
0"008	407,7	125,0	26 10 <sup>6</sup>	386 10 <sup>13</sup>
0"007	465,9	142,9	29 10 <sup>6</sup>	441 10 <sup>13</sup>
0"006	543,6	166,7	34 10 <sup>6</sup>	514 10 <sup>13</sup>
0"005	652,3	200,0	41 10 <sup>6</sup>	617 10 <sup>13</sup>
0"004	815,4	250,0	52 10 <sup>6</sup>	771 10 <sup>13</sup>
0"003	1087,2	333,3	69 10 <sup>6</sup>	1029 10 <sup>13</sup>
0"002	1630,8	500,0	103 10 <sup>6</sup>	1543 10 <sup>13</sup>
0"001	3261,6	1000,0	206 10 <sup>6</sup>	3086 10 <sup>13</sup>

Equivalencias:

$$1 \text{ parsec (pc)} = 3,2615 6378 \text{ años luz} = 206 265 \text{ ua} \\ = 3,085 678 10^{13} \text{ km} = 3,085 678 10^{16} \text{ m}$$

$$1 \text{ año luz} = 0,3066 0139 \text{ parsecs} = 63 241 \text{ ua} \\ = 9,4607 3047 10^{12} \text{ km} = 9,4607 3047 10^{15} \text{ m}$$

$$1 \text{ ua} = 4,8481 3681 10^{-6} \text{ pc} = 1,5812 5074 10^{-5} \text{ años luz} \\ = 1,4959 7871 10^8 \text{ km} = 1,4959 7871 10^{11} \text{ m}$$

$$1 \text{ km} = 3,2407 7929 10^{-14} \text{ pc} = 1,0570 0083 10^{-13} \text{ años luz} \\ = 6,6845 8712 10^{-9} \text{ ua}$$

# 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	$\alpha = 12^{\text{h}}51^{\text{m}}26^{\text{s}}$ , $\delta = +27^{\circ}07'42''$
velocidad respecto del fondo de microondas	$\sim 600 \text{ km s}^{-1}$
luminosidad en banda V	$1,4 \cdot 10^{10} \mathcal{L}_{\odot}$
luminosidad en banda B	$2,3 \cdot 10^{10} \mathcal{L}_{\odot}$
luminosidad infrarroja (4 – 100 $\mu\text{m}$ )	$1,2 \cdot 10^{10} \mathcal{L}_{\odot}$
luminosidad bolométrica	$3,6 \cdot 10^{10} \mathcal{L}_{\odot}$
magnitud absoluta	-20,9
módulo de distancia	14,51
número de estrellas	$> 2 \cdot 10^{11}$

Núcleo:

masa interior a 1 pc (3,26 años luz)	$3 \cdot 10^6 \mathcal{M}_{\odot}$
--------------------------------------	------------------------------------

Bulbo:

masa	$10^{10} \mathcal{M}_{\odot}$
diámetro	2 kpc
luminosidad en banda B	$0,2 \cdot 10^{10} \mathcal{L}_{\odot}$

Disco:

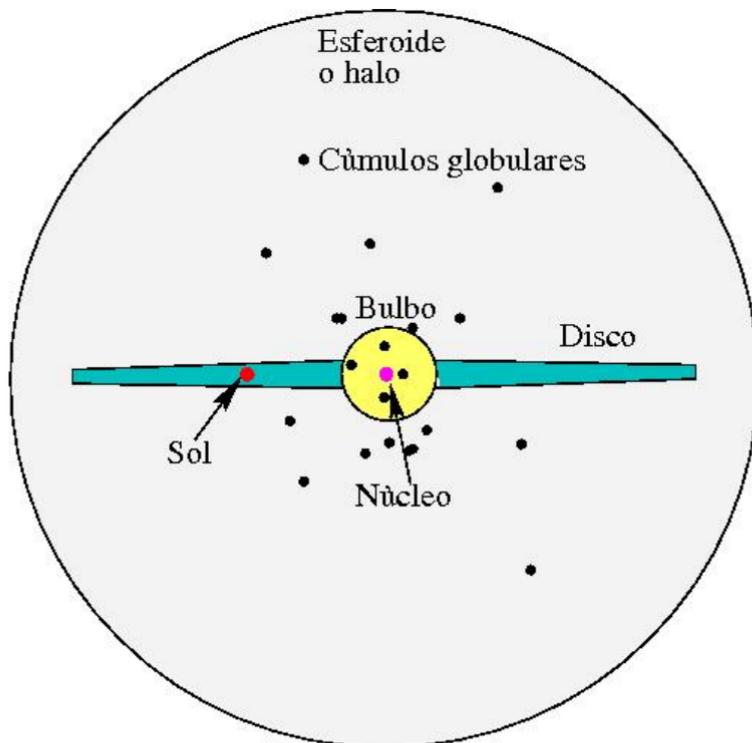
masa	$6 \cdot 10^{10} \mathcal{M}_{\odot}$
diámetro	23–30 kpc
longitud de escala	3,5 kpc
luminosidad en banda V	$1,2 \cdot 10^{10} \mathcal{L}_{\odot}$
ritmo de formación de estrellas	$\sim 3 \mathcal{M}_{\odot}$ por año
masa de gas molecular	$2,5 \cdot 10^9 \mathcal{M}_{\odot}$
masa de gas atómico	$3,0 \cdot 10^9 \mathcal{M}_{\odot}$
periodo de rotación de la espiral	$\sim 50 \cdot 10^6$ años
periodo de rotación de la barra	$\sim 17 \cdot 10^6$ años

Esferoide o halo:

masa	$2\text{--}10 \cdot 10^9 \mathcal{M}_{\odot}$
diámetro	80 kpc
longitud de escala	2,9 kpc
luminosidad en banda V	$0,2 \cdot 10^{10} \mathcal{L}_{\odot}$
luminosidad en banda B	$0,2 \cdot 10^{10} \mathcal{L}_{\odot}$
edad de la estrella más vieja	$13,2 \cdot 10^9$ años

Características de la galaxia en las proximidades del Sol:

velocidad de traslación	$220 \text{ km s}^{-1}$
tiempo necesario para dar una vuelta	240 millones de años
dirección del centro galáctico (J2000)	$\alpha = 17^{\text{h}}45^{\text{m}}37^{\text{s}}$ , $\delta = -28^{\circ}56'10''$
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	$0,044 \mathcal{M}_{\odot} \text{ pc}^{-3}$
densidad total de materia	$0,15\text{--}0,18 \mathcal{M}_{\odot} \text{ pc}^{-3}$
brillo superficial	$15 \mathcal{L}_{\odot} \text{ pc}^{-1}$
metalicidad, $Z$	0,02
velocidad de escape	$\sim 550 \text{ km s}^{-1}$



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	$6 \cdot 10^5$
densidad central (en $\mathcal{M}_{\odot} \text{pc}^{-3}$ )	$\sim 10^2$	$\sim 10^4$
velocidad de dispersión (en $\text{km s}^{-1}$ )	1	7
tiempo de vida/edad (en años)	$2 \cdot 10^8$	$10^{10}$

### Cúmulos globulares

M	NGC	const.	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )	$\delta_{2000}$ ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )	magn. $V_{total}$	tamaño ( <sup>'</sup> )	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	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )	$\delta_{2000}$ ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )	magn. <i>V</i> <sub>total</sub>	tama. ( <sup>'</sup> )	comentarios
	869	02 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 0	+57 10	5,3	30	h Per, junto a NGC884
34	1039	02 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 0	+42 47	5,2	35	en Perseus
	Perseo	03 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 0	+48 36	1,2	190	$\alpha$ Per, Melotte 20
45	Pléyades	03 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 1	+24 08	1,2	110	el mejor conocido
	Híades	04 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> 0	+15 38	0,5	330	en Taurus
38	1912	05 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 6	+35 50	6,4	21	en Auriga
	1976/80	05 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 4	-05 23	2,5	50	<i>El Trapecio</i> , joven
36	1960	05 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 1	+34 08	6,0	12	en Auriga
	Berk 21	05 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 7	+21 47	1,1	6	en Taurus
37	2099	05 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> 4	+32 32	5,6	23	en Auriga
35	2168	06 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 8	+24 21	5,1	28	en Gemini
	2232	06 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 5	-04 45	3,9	30	en Monoceros
	2244	06 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> 4	+04 52	4,8	23	en neb. <i>Roseta</i> , joven
	2264	06 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 0	+09 53	3,9	20	S Mon
41	2287	06 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 1	-20 44	4,5	38	en Canis Major
50	2323	07 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 0	-08 21	5,9	16	en Monoceros
	2362	07 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 8	-24 56	4,1	8	$\tau$ CMa
47	2422	07 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 6	-14 30	4,4	30	en Puppis
46	2437	07 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 8	-14 49	6,1	27	en Puppis
	2451	07 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 4	-37 58	2,8	45	en Puppis
44	2632	08 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 1	+20 00	3,1	95	Praesepe, en Cancer
	IC2395	08 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 0	-48 11	4,6	7	en Vela
67	2682	08 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 5	+11 42	6,9	30	en Cancer
	Tr 16	10 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 2	-59 42	5,0	10	$\eta$ Car y nebulosa
	Coma	12 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 1	+26 06	1,8	300	disperso, Melotte 111
	4755	12 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 6	-60 20	4,2	10	$\kappa$ Cru, <i>El Joyero</i>
	6231	16 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> 0	-41 48	2,6	14	supergig. O, WR; en Sco
6	6405	17 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 1	-32 13	4,2	14	en Scorpius
	IC4665	17 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 7	+05 44	4,2	40	en Ophiuchus
7	6475	17 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 9	-34 48	3,3	80	en Scorpius
23	6494	17 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 9	-19 01	5,5	27	en Scorpius
16	6611	18 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 9	-13 47	6,0	6	en Serpens, +nebulosa
	6633	18 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 6	+06 34	4,6	27	en Ophiuchus
25	IC4725	18 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 7	-19 15	4,6	32	cefeida U Sgr
	IC4756	18 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 3	+05 27	4,6	50	en Serpens
11	6705	18 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 1	-06 17	5,8	13	muy rico, en Scutum
	Steph 1	18 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 5	+36 55	3,8	20	en Lyra
	Col 399	19 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 4	+20 11	3,6	60	en Vulpecula
	6819	19 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 3	+40 11	7,3	5	en Cygnus
	IC1396	21 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 9	+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 vacío 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 constituido 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  $H\alpha$  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 Vulpécua (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	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )	$\delta_{2000}$ ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )	comentario
42/43	1976/82	gran complejo de nebulosas en Orión	5 35	-5 20	brillantes, una nebulosa rodea $\theta$ Ori, incluye el joven cúmulo del <i>Trapezio</i>
	IC 434		5 41	-2 24	débil neb., se extiende 1° al sur de $\theta$ Ori, incluye peq. neb. oscura de Cabeza de Caballo
	2237-9/46	<i>Roseta</i>	6 32	4 52	en Monoceros, débil pero extensa (úse pocos aumentos)
20	6514	<i>Trífida</i>	18 03	-23 02	a 1,5 de la nebulosa <i>Laguna</i> , pueden usarse bastantes aumentos
8	6523	<i>Laguna</i>	18 04	-24 23	visible con pequeños telescopios, cúm. ab. NGC 6530 al este
17	6618	<i>Omega</i>	18 21	-16 11	parcialmente visible con buenos prismáticos, úsense pocos aumentos
16	6611	<i>Aguila</i>	18 19	-13 47	a unos 2° de la neb. Omega, débil, incluye un cúmulo abierto

También son conocidas como *regiones III*.

## Nebulosas por reflexión brillantes

M	NGC	situación	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )	$\delta_{2000}$ ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )	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 $\beta$ Eri	5 07	-3 21	alargada (8'), tiene unas diez estrellas embebidas
78	2068	en Orión	5 47	0 03	a 2,5 de $\zeta$ Ori, hacia Betelgeuse
	7023	en Cepheus	21 01	68 10	6° al NNO de $\alpha$ Cep
	7129	en Cepheus	21 41	66 06	4° al NNE de $\alpha$ Cep, incluye un pequeño cúmulo estelar

## Restos de supernova brillantes

NGC	situación	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )	$\delta_{2000}$ ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )	comentario
1952 (M1)	neb. del <i>Cangrejo</i> , en Taurus	5 34	22 01	1 <sup>o</sup> 3 al NO de $\zeta$ Tau, de 7'x5', visible incluso con pequeños telescopios
IC 443	en Gemini	6 17	22 47	1 <sup>o</sup> 5 al oeste de $\mu$ Gem
6992/60/79	neb. del <i>Velo</i> , en Cygnus	20 50	31 30	gran arco de unos 3 <sup>o</sup> de diámetro, entre $\epsilon$ y $\zeta$ Cyg

## Nebulosas planetarias brillantes

M	NGC	nombre popular	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )	$\delta_{2000}$ ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )	situación, tamaño y magnitud visual total
76	650-1		1 42	51 34	en Perseus, 1',1, muy débil
	2392	<i>Cara de Payaso</i>	7 29	20 54	2 <sup>o</sup> al E de $\delta$ Gem, 0',3, V=8,3
97	3587	<i>Buho, Esquimal</i>	11 15	55 01	2 <sup>o</sup> al E de $\beta$ UMa, 3',3, débil
	6543	<i>Ojos de Gato</i>	17 59	66 37	5 <sup>o</sup> al E de $\delta$ Dra, 0',3, V=8,8
57	6720	<i>Anillo</i>	18 54	33 02	entre $\beta$ y $\gamma$ Lyr, 1',2, V=9,0
27	6853	<i>Pesas (Dumbbell)</i>	19 59	22 43	en Vulpecula, $\sim$ 7', V=7,6, la mejor
	7009	<i>Saturno</i>	21 04	-11 23	en Aquarius, oval $\sim$ 0',5, V=8,3
	7027		21 07	42 14	en Cygnus, 9 <sup>o</sup> al SE de neb. Norteamérica, 0',2, débil
	7293	<i>Hélice</i>	22 30	-20 48	en Aquarius, entre $\alpha$ PsA y $\delta$ Cap, 16', V=6,5, la mayor

## Épocas de observación

La selección de los objetos a observar en una noche dada se puede realizar a partir de la ascensión recta ( $\alpha$ ) de estrellas, cúmulos, nebulosas o galaxias. A continuación se indican los rangos aproximados de ascensión recta adecuados en distintas épocas del año.

Primavera	$\alpha$ entre 9 <sup>h</sup> y 15 <sup>h</sup>
Verano	$\alpha$ entre 15 <sup>h</sup> y 21 <sup>h</sup>
Otoño	$\alpha$ entre 21 <sup>h</sup> y 3 <sup>h</sup>
Invierno	$\alpha$ entre 3 <sup>h</sup> y 9 <sup>h</sup>

## Catálogo de Messier de objetos difusos

M	NGC	$\alpha_{2000}$ (h m)	$\delta_{2000}$ (° ')	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	$\alpha_{2000}$ (h m)	$\delta_{2000}$ (° ')	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	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )	$\delta_{2000}$ ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )	magn.	tama. ( <sup>'</sup> )	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 $\mathcal{M}_{\odot}$	$1,9885 \cdot 10^{30}$ kg
1 $\mathcal{L}_{\odot}$	$3,826 \cdot 10^{26}$ W
1 kpc	$10^3$ parsecs = 3 262 años luz = $3,0857 \cdot 10^{19}$ m
1 Mpc	$10^6$ parsecs = $3,26 \cdot 10^6$ años luz = $3,0857 \cdot 10^{22}$ m
1 Gpc	$10^9$ parsecs = $3,26 \cdot 10^9$ años luz = $3,0857 \cdot 10^{25}$ 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  $10^{10} M_{\odot}$ ), 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  $10^{14} L_{\odot}$ ) y su forma. Los tipos morfológicos principales se expresan, de manera simplificada, mediante:

<b>E</b>	elíptica (de E0 hasta E7)
<b>Im, Irr</b>	irregular
<b>S</b>	espiral (de 'a' a 'c') (SA, SAB, SB)
<b>S0</b>	lenticular (S0 y E8)
<b>dSph</b>	esferoidal enana
<b>d</b>	prefijo indicativo de galaxia enana
<b>B</b>	sufrío 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 Uppsala (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  $10^{15} M_{\odot}$ ) 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	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )	$\delta_{2000}$ ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )	mag. V	tamaño ( <sup>'</sup> <sup>×</sup> <sup>'</sup> )	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	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )	$\delta_{2000}$ ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )
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	$\alpha_{2000}$ (h m)	$\delta_{2000}$ ( $^{\circ}$ ')
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	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )	$\delta_{2000}$ ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )
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
Reticulo, 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	$\alpha_{2000}$ ( $^{\text{h}} \text{ m} \text{ s}$ )	$\delta_{2000}$ ( $^{\circ} \text{ '}$ )	mag. $B_T$	tamaño ( $' \times \text{'}$ )	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 =  $3,26 \cdot 10^6$  años luz =  $3,0857 \cdot 10^{19}$  km =  $3,0857 \cdot 10^{22}$  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 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 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 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 5	40°44'	es la más intensa, considerada como prototipo.
3C236	10 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup> 0	34°54'	la más extensa, con casi 5 Mpc de longitud.
Cent A	13 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 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 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 7	33°10'	históricamente ligado al descubrimiento de los cuásares.
3C273	12 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 1	2°03'	el más intenso en radio, históricamente ligado al descubrimiento de los cuásares.
0957+561	10 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup> 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 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 2	56°52'	una de las más luminosas en IR.
Arp 220	15 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 9	23°30'	prototipo de galaxia IR ultraluminosa.
NGC 6240	16 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 0	2°24'	prototipo de galaxia IR luminosa.

---

## Cúmulos de galaxias

núm. Abell	nombre	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )	$\delta_{2000}$ ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )	diámetro ( <sup>°</sup> )	$z$
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
	Eridano	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  $\lambda$  la longitud de onda. Según este convenio, la velocidad de recesión viene dada por:

$$V_{opt} = 3 \cdot 10^5 z \quad (\text{en km s}^{-1})$$

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  $\nu$ . Por ello la velocidad de recesión se relaciona con el corrimiento al rojo,  $z$ , mediante:

$$V_{rad} = \frac{V_{opt}}{1+z}$$

## Supercúmulos de galaxias próximos

nombre	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> )	$\delta_{2000}$ ( <sup>o</sup> )	tamaño (Mpc)	$z$	comentarios
Laniakea	10,5	-46	135		Contiene los tres siguientes.
Virgo			33		Contiene el Grupo Local y el cúmulo de Virgo.
Hidra-Centauro	13,0	-32	45	0,014	El más cercano, contiene los cúmulos de Hidra (Abell 1060), Regla (3627) y Centauro (3526).
Pavo-Indio	20,6	-37	30	0,017	Pobre, contiene Abell 3656.
Perseo-Peces	02,5	+40	30	0,016	Contiene el cúmulo de Perseo (Abell 426).
Coma (Cab. de B.)	12,4	+24	30	0,021	Pequeño, contiene el cúmulo de Coma (Abell 1656) cuyo análisis reveló la existencia de la materia oscura y el del León (Abell 1367).
Fénix	00,9	-48	45	0,027	Pobre, en ocasiones se le llama también Escultor.
Ofiuco	17,2	-22	20	0,029	Situado al otro lado de la Vía Láctea.
Hércules (Norte)	16,4	+37	30	0,030	Dominado por el cúmulo Abell 2199, en ocasiones se le considera junto con Hércules (Sur).
León	11,1	+23	45	0,032	Pobre, contiene Abell 1228.
Hércules (Sur)	15,8	+16	45	0,037	Dominado por el rico cúmulo de Hércules (Abell 2151).
Shapley	13,4	-30	60	0,048	Es uno de los más densos, contiene más de 20 cúmulos, entre ellos el muy rico Abell 3558.

**Tabla comparativa de distancias**  
a algunas galaxias, cúasares y cúmulos seleccionados

nombre (comentario)	distancia (Mpc)			z
	angular	comóvil	luminosa	
Nube Grande de Magallanes (g. irregular, satélite de la Vía Láctea)	0,048	=	=	
Galaxia de Andrómeda (g. espiral más próxima a la Vía Láctea)	0,78	=	=	
Borde del Grupo Local	~1,5	=	=	
Centauro A (NGC 5128, radiogalaxia muy cercana)	~ 4	=	=	
Galaxia de los Perros de Caza, M51 (g. espiral, interacciona con NGC 5195)	~ 7	=	=	
Cúmulo de Virgo (la Virgen) (cúmulo de galaxias más cercano)	16,5	=	=	0,004
Cúmulo de Norma (la Regla)	68	69	70	0,016
Cúmulo de Coma (la Cabellera de B.)	99	102	104	0,023
3C48 (cuásar muy intenso en radio)	1 080	1 480	2 020	0,367
ULAS J1120+0641 (el cuásar más lejano conocido)	1 095	8 850	71 600	7,085
EGSY8p7 (la galaxia más lejana conocida)	964	9 340	90 400	8,683

1 Mpc =  $10^6$  parsec =  $3,0857 \cdot 10^{22}$  m

Para valores del corrimiento al rojo  $z$  pequeños ( $z < 0,1$ ) la distancia a galaxias o cúmulos de galaxias se obtiene aplicando la *ley de Hubble*, que relaciona la velocidad de alejamiento (recesión) con la distancia según:

$$\text{distancia (en Mpc)} = V/H_0$$

donde  $H_0$  es la *constante de Hubble*, que tiene un valor cercano a  $68 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$  cuando la distancia se expresa en megaparsecs y la velocidad  $V$  en  $\text{km s}^{-1}$ .

Para valores de  $z$  mayores la estimación de la distancia se hace más dependiente de la densidad media del Universo, parámetro mal determinado. Para asignar distancias a los objetos en la tabla anterior se ha supuesto un universo plano ( $\Omega_k = 0$ ) con un cociente entre la densidad de materia y la densidad crítica de  $\Omega_m = 0,31$  (resultados de 2015 de la misión espacial Planck). La *distancia de diámetro angular*  $D_A$  se utiliza para convertir en tamaños lineales los tamaños angulares medidos en imágenes telescópicas. La *distancia luminosa*  $D_L$  a utilizar para convertir el brillo observado en luminosidad intrínseca viene dada por:

$$D_L = D_A (1 + z)^2$$

La distancia medida con una unidad que se expande con el universo se denomina *comóvil* y se representa mediante  $D_C$  o  $\chi$ . En un universo plano

se relaciona con las distancias anteriores según:

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

### Récord de distancia

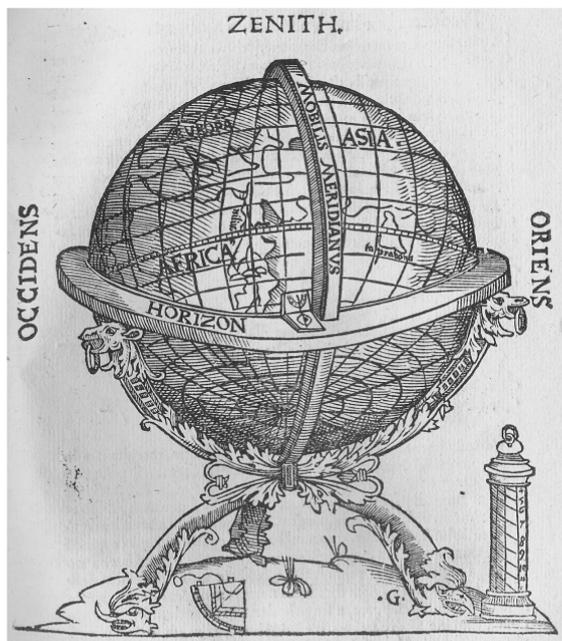
El objeto más lejano descubierto hasta julio de 2015 posiblemente sea la galaxia brillante EGSY8p7, cuyo corrimiento al rojo ha sido determinado espectroscópicamente mediante la inesperada detección de una línea espectral del hidrógeno, Ly $\alpha$ , a  $z = 8,863$ , correspondiente a cuando el universo que conocemos tenía sólo 575 millones de años. Sólo dos meses antes se había publicado la detección espectroscópica de un corrimiento al rojo de 7,730 para la galaxia EGS-zs8-1, que se convirtió de manera efímera en la galaxia más lejana conocida. Hay otras galaxias cuyos corrimientos pudieran ser mayores, con valores entre 8 y 12, pero han sido estimados solo fotométricamente y sin confirmación espectroscópica.

En particular, en marzo de 2016 se publicó la posible identificación de una galaxia más lejana, GN-z11, presumiblemente vista en el período cosmológico conocido como de la *reionización*. Una determinación preliminar de su corrimiento al rojo realizada mediante el Telescopio Espacial Hubble ha dado como resultado  $z = 11,09$  que, si se confirma, correspondería a una distancia comóvil de 9870 Mpc y una edad cósmica de unos 400 millones de años.

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



# LA TIERRA





# 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:*

$$\begin{aligned} \mathcal{R}_{\oplus} &= 6378,1366 \text{ km} \\ \mathcal{M}_{\oplus} &= 5,9726 \cdot 10^{24} \text{ kg} \\ G \mathcal{M}_{\oplus} &= 398\,600 \text{ km}^3 \text{ s}^{-2} \end{aligned}$$

## Datos físicos, geodésicos y cartográficos

### Tamaño (IERS 2000)

Radio ecuatorial	$\mathcal{R}_{\oplus} = 6378,1366 \text{ km}$
Radio polar	$(1 - f)\mathcal{R}_{\oplus} = 6356,7519 \text{ km}$
Radio medio	6371,0004 km
Achatamiento	$f = 1/298,25642 = 0,00335282$
Excentricidad del elipsoide	$e = 0,08181930$
	$e^2 = 0,00669440$
Superficie	510 $10^6 \text{ km}^2$
cubierta por agua	361 $10^6 \text{ km}^2$ (71 %)
cubierta por tierra	134 $10^6 \text{ km}^2$ (26 %)
cubierta por hielo	15 $10^6 \text{ km}^2$ (3 %)
Volumen	1,0832 $10^{12} \text{ km}^3$
Distancia al centro de la Tierra a una latitud $\phi$ y una altura $h = 0$ :	

$$r = (0,9983271 + 0,0016764 \cos(2\phi) - 0,0000035 \cos(4\phi)) \mathcal{R}_{\oplus}$$

### Masa

Masa	$\mathcal{M}_{\oplus} = 5,9726 \cdot 10^{24} \text{ kg} = \mathcal{M}_{\odot}/332946$
	masa de los océanos: $\sim 2 \cdot 10^{-4} \mathcal{M}_{\oplus}$
	masa del hielo: $\sim 5 \cdot 10^{-6} \mathcal{M}_{\oplus}$
	masa de la atmósfera: $\sim 10^{-6} \mathcal{M}_{\oplus}$
Densidad media	5,514 g cm <sup>-3</sup>
Momento de inercia	0,3299765 $\mathcal{M}_{\oplus} \mathcal{R}_{\oplus}^2$
Constante gravitatoria	$G \mathcal{M}_{\oplus} = 398600,4418 \text{ km}^3 \text{ s}^{-2}$
Velocidad de escape	11,18 km s <sup>-1</sup>
Gravedad superficial ( $\phi = 45^\circ$ )	9,8062 m s <sup>-2</sup>
Gravedad en Madrid	9,8000 m s <sup>-2</sup>
Variación de la gravedad $g$ con la latitud $\phi$ al nivel del mar ( $h = 0$ ):	
	$g_{(h=0)} = 9,806228 - 0,025930 \cos(2\phi) + 0,000028 \cos(4\phi)$
Variación de la gravedad con la altura $h$ (en metros):	
	$g = g_{(h=0)} - 3,1 \cdot 10^{-6} h$
Momentos del campo gravitatorio:	
	$J_1 = 0$
	$J_2 = 0,0010826359$
	$J_3 = -2,54 \cdot 10^{-6}$
	$J_4 = -1,61 \cdot 10^{-6}$
	$J_5 = -0,21 \cdot 10^{-6}$
	$J_6 = 0,65 \cdot 10^{-6}$

## Atmósfera

Presión en la superficie	1 013 bar
Temperatura efectiva	255 K
Temperatura en la superficie	288 K
Altura de escala	8,5 km
Gases más abundantes (%):	$N_2$ (78,08), $O_2$ (20,95), $Ar$ (0,9), $H_2O$ (variable < 3%)
Gases menos abundantes (ppm):	$CO_2$ (403), $Ne$ (18), $O_3$ (10), $He$ (5), $CH_4$ (3), $Kr$ (1), $H_2$ (0,5), $N_2O$ (0,35), $CO$ (0,2), $Xe$ (0,09), $NO$ (< 0,01), $C_3H_8$ (0,0187), $C_2H_6$ (0,0136), $C_2H_4$ (0,0112), $C_2H_2$ (0,0087), $SO_2$ (0,0002)

## Rotación

Periodo sidéreo	$86\,164,098\,904\text{ s} = 23^h\,56^m\,4^s,098\,904$
Velocidad angular	$7,292\,115\,10\,10^{-5}\text{ rad s}^{-1} = 15,041\,0672\text{ ''/s}$
Velocidad de rotación en el ecuador	$465,12\text{ m s}^{-1} = 1674\text{ km h}^{-1}$
Aceleración centrífuga en el ecuador	$-0,034\text{ m s}^{-2}$
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  $\phi_{gd}$  y la geocéntrica  $\phi_{gc}$  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	40075014 m
circunferencia polar	40007832 m
valor medio del grado de meridiano	111 133 m
radio de la esfera equivolumen	6371000 m

**Longitud en metros de 1° de paralelo**  
para las latitudes de España considerando el elipsoide IERS 2000

latitud, $\phi$	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 $\phi$ (°)	sobre el paralelo			sobre el meridiano		
	1'	1''	1 <sup>s</sup>	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 <sup>s</sup> sobre el paralelo	353,68 m
1'' sobre el paralelo	23,579 m

**Posición geográfica de las capitales de provincia,  
ciudades de más de 170 000 habitantes, Ceuta y Melilla**

ciudad	latitud $\phi$ ( $^{\circ}$ ' ")	longitud (+E,-O) ( $^{\circ}$ ' ")	( $^{\text{h}}$ $^{\text{m}}$ $^{\text{s}}$ )	altitud (m)
Albacete	38 59 49	01 51 17 O	-07 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup>	686
Alcalá de Henares	40 28 53	03 22 05 O	-13 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup>	588
Alcorcón	40 21 10	03 49 38 O	-15 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup>	718
Alicante / Alacant	38 20 48	00 28 53 O	-01 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup>	7
Almería	36 50 23	02 27 59 O	-09 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup>	17
Avila	40 39 26	04 41 47 O	-18 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup>	1131
Badajoz	38 53 00	06 57 59 O	-27 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup>	209
Badalona	41 27 13	02 14 51 E	+08 <sup>m</sup> 59 <sup>s</sup>	24
Barcelona	41 23 07	02 10 40 E	+08 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup>	12
Bilbao	43 15 30	02 55 21 O	-11 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup>	6
Burgos	42 20 29	03 42 12 O	-14 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup>	861
Cáceres	39 28 28	06 22 11 O	-25 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup>	459
Cádiz	36 32 00	06 17 50 O	-25 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup>	14
Cartagena	37 36 05	00 58 51 O	-03 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup>	69
Castellón de la Plana	39 59 14	00 02 11 O	-9 <sup>s</sup>	29
Ceuta	35 53 22	05 18 20 O	-21 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup>	40
Ciudad Real	38 59 17	03 55 48 O	-15 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup>	626
Córdoba	37 52 51	04 46 45 O	-19 <sup>m</sup> 07 <sup>s</sup>	106
Coruña, A (La Coruña)	43 22 16	08 23 22 O	-33 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup>	26
Cuenca	40 04 40	02 07 49 O	-08 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup>	1001
Donostia-San Sebastián	43 19 05	01 58 49 O	-07 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup>	8
Elche / Elx	38 16 06	00 41 48 O	-02 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup>	86
Fuenlabrada	40 17 00	03 47 22 O	-15 <sup>m</sup> 09 <sup>s</sup>	664
Getafe	40 18 19	03 43 41 O	-14 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup>	559
Gijón	43 32 25	05 39 29 O	-22 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup>	4
Girona (Gerona)	41 59 18	02 49 37 E	+11 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup>	98
Granada	37 10 40	03 35 55 O	-14 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup>	685
Guadalajara	40 38 08	03 09 41 O	-12 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup>	685
Hospitalet de Llobregat, L'	41 21 39	02 06 00 E	+08 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup>	4
Huelva	37 15 41	06 56 56 O	-27 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup>	26
Huesca	42 08 30	00 24 26 O	-01 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup>	488
Jaén	37 45 59	03 47 21 O	-15 <sup>m</sup> 09 <sup>s</sup>	574
Jerez de la Frontera	36 40 52	06 08 10 O	-24 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup>	87
León	42 36 01	05 33 56 O	-22 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup>	838
Leganés	40 19 59	03 45 55 O	-15 <sup>m</sup> 04 <sup>s</sup>	668
Logroño	42 28 04	02 26 39 O	-09 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup>	384
Lugo	43 00 38	07 33 23 O	-30 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup>	454
Lleida (Lérida)	41 37 07	00 37 40 E	+02 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup>	222

**Posición geográfica de las capitales de provincia,  
ciudades de más de 170 000 habitantes, Ceuta y Melilla**

ciudad	latitud $\phi$ ( $^{\circ}$ ' ")	longitud (+E,-O) ( $^{\circ}$ ' ")	altitud (h m s)	altitud (m)
Madrid	40 24 35	03 41 11 O	-14 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup>	655
Málaga	36 43 18	04 25 07 O	-17 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup>	8
Melilla	35 17 46	02 56 28 O	-11 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup>	15
Móstoles	40 19 29	03 51 49 O	-15 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup>	661
Murcia	37 59 09	01 07 38 O	-04 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup>	42
Ourense (Orense)	42 20 15	07 51 43 O	-31 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup>	139
Oviedo	43 21 48	05 50 32 O	-23 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup>	232
Palencia	42 00 32	04 31 59 O	-18 <sup>m</sup> 08 <sup>s</sup>	734
Palma de Mallorca	39 34 36	02 39 11 E	+10 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup>	33
Palmas de G. C., Las	28 06 04	15 24 45 O	-1 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup>	13
Pamplona / Iruña	42 49 15	01 38 25 O	-06 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup>	449
Pontevedra	42 26 05	08 38 46 O	-34 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup>	20
Sabadell	41 32 53	02 06 33 E	+08 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup>	190
Salamanca	40 57 43	05 39 56 O	-22 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup>	803
Sta. Cruz de Tenerife	28 27 53	16 16 48 O	-1 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 07 <sup>s</sup>	5
Santander	43 27 51	03 48 14 O	-15 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup>	15
Segovia	40 57 05	04 07 29 O	-16 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup>	1002
Sevilla	37 23 15	05 59 29 O	-23 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup>	10
Soria	41 46 10	02 27 56 O	-09 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup>	1064
Terrassa (Tarrasa)	41 33 48	02 00 48 E	+08 <sup>m</sup> 03 <sup>s</sup>	286
Tarragona	41 07 13	01 15 34 E	+05 <sup>m</sup> 02 <sup>s</sup>	69
Teruel	40 20 43	01 06 29 O	-04 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup>	913
Toledo	39 51 31	04 01 23 O	-16 <sup>m</sup> 06 <sup>s</sup>	512
Valencia	39 28 35	00 22 29 O	-01 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup>	16
Valladolid	41 39 12	04 43 19 O	-18 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup>	692
Vigo	42 14 26	08 43 29 O	-34 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup>	28
Vitoria-Gasteiz	42 51 05	02 40 17 O	-10 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup>	550
Zamora	41 30 00	05 45 13 O	-23 <sup>m</sup> 01 <sup>s</sup>	649
Zaragoza	41 39 28	00 52 43 O	-03 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup>	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°52'5	-00 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup>	240
Ametlla de Mar (Tarragona)	+40°55'8	+00 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup>	
Calar Alto (Almería)	+37°13'8	-00 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> 09 <sup>s</sup>	2168
La Cañada (Avila)	+40°36'3	-00 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup>	1400
Consell (Mallorca)	+39°39'2	+00 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 70 <sup>s</sup>	130
Ebro (Tarragona)	+40°49'2	+00 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup>	50
Fabra (Barcelona)	+41°25'0	+00 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup>	420
Izaña (I. Tenerife)	+28°17'5	-01 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> 59 <sup>s</sup>	2038
Madrid	+40°24'5	-00 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup>	655
Mallorca	+39°38'6	+00 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup>	160
Pico de Veleta (Granada)	+37°04'1	-00 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup>	2870
Piera (Barcelona)	+41°32'4	+00 <sup>h</sup> 07 <sup>m</sup> 04 <sup>s</sup>	390
Robledo de Chavela (Madrid)	+40°25'6	-00 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 60 <sup>s</sup>	815
Roque de los Muchachos (I. La Palma)	+28°45'5	-01 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup>	2327
La Sagra (Granada)	+37°58'9	-00 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup>	1530
San Fernando (Cádiz)	+36°28'0	-00 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup>	30
Sierra Nevada (Granada)	+37°03'8	-00 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup>	2896
Universidad de Barcelona	+41°23'2	+00 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup>	97
Universidad Complutense (Madrid)	+40°27'1	-00 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup>	640
Yebes (Guadalajara)	+40°31'4	-00 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 21 <sup>s</sup>	931

La anterior lista de observatorios incluye aquellos que están dotados de telescopios profesionales nacionales o extranjeros situados en el país, los observatorios incluidos 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](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://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  $\phi_{gd}$  de los observatorios se obtiene a partir de los valores tabulados del seno y coseno de la latitud geocéntrica  $\phi_{gc}$  y del achatamiento  $f$  del elipsoide:

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

### Observatorios en el resto del mundo

observatorio	latitud	longitud	altura
ALMA, Atacama (Chile)	-23°00'3	-04 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 02 <sup>s</sup>	5080
Arecibo (Puerto Rico)	+18°20'8	-04 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 01 <sup>s</sup>	496
ATCA, Narrabri (Australia)	-30°18'9	+09 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup>	208
Cerro Pachón (Chile)	-30°14'3	-04 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup>	2738
Cerro Paranal (Chile)	-24°37'6	-04 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup>	2635
Effelsberg (Alemania)	+50°31'6	+00 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup>	369
Green Bank (EE.UU.)	+38°25'8	-05 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup>	836
Greenwich (R.U.)	+51°28'6	00 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	47
HET, McDonald O. (EE.UU.)	+30°40'9	-06 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 04 <sup>s</sup>	2026
Jodrell Bank (R.U.)	+53°14'2	-00 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup>	78
Kitt Peak (EE.UU.)	+31°42'5	-07 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup>	2120
La Silla (Chile)	-29°15'4	-04 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup>	2347
Las Campanas (Chile)	-29°00'5	-04 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup>	2282
Lick (EE.UU.)	+37°20'6	-08 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup>	1283
LOFAR (Holanda)	+52°54'5	+00 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup>	
Mauna Kea (EE.UU.)	+19°49'7	-10 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup>	4200
MERLIN (R.U.)	+53°14'2	-00 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup>	78
Meudon (Francia)	+48°48'3	+00 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup>	162
Monte Graham (EE.UU.)	+32°42'1	-07 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup>	3182
Monte Hopkins, F.L. Whipple O. (EEUU)	+31°41'3	-07 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup>	2606
Monte Palomar (EE.UU.)	+33°21'4	-07 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup>	1706
Monte Pastukhov (Rusia)	+43°39'2	+02 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup>	2070
Monte Wilson (EE.UU.)	+34°13'3	-07 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup>	1742
Nançay (Francia)	+47°22'8	+00 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup>	162
Narayangaon, Pune (India)	+19°05'5	+04 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup>	650
París (Francia)	+48°50'0	+00 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> 21 <sup>s</sup>	67
Parkes (Australia)	-33°00'0	+09 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 03 <sup>s</sup>	392
Pico Sacramento y Punto Apache (EEUU)	+32°46'8	-07 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup>	2788
Plateau de Bure (Francia)	+44°38'0	+00 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup>	2552
Potsdam (Alemania)	+52°25'4	+00 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> 03 <sup>s</sup>	46
Sierra Negra (Méjico)	+18°59'1	-06 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup>	4580
Sutherland (Sudáfrica)	-32°22'8	+01 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup>	1771
VLA, Socorro (EEUU)	+34°04'7	-07 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup>	2124
Yerkes (EEUU)	+42°34'2	-05 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup>	334

## Datos geofísicos

### Datos sísmicos

La siguiente tabla muestra la sismicidad de magnitud igual o superior a 4,0 en la península Ibérica, islas Baleares e islas Canarias, ordenada por fecha, durante el periodo comprendido entre setiembre de 2015 y setiembre de 2016.

**Terremotos de magnitud igual o superior a 4,0 en la península Ibérica, islas Baleares e islas Canarias entre el 01/09/2015 y el 01/09/2016**

Fecha	Latitud (°)	Longitud (°)	Prof. (km)	Mag.	Máx. Int. (EMS)	Localización
14/09/15	37,25	-14,00		4,5		Azores-Cabo S. Vicente
17/09/15	35,65	-06,99	53	5,0	I-II	Golfo de Cadíz
18/09/15	36,54	-07,67	48	4,1		Golfo de Cadíz
28/09/15	34,82	-12,00	34	4,5		SW Cabo S. Vicente
29/09/15	41,54	-15,48		4,1		Atlántico
01/10/15	36,71	+02,18	15	4,0		NW Tipasa (Argelia)
04/10/15	36,73	-07,40	52	4,0		Golfo de Cadíz
09/10/15	36,33	+01,79	12	4,0		NW Ain Defla (Argelia)
09/10/15	36,22	+01,85	41	4,5		NW Ain Defla (Argelia)
10/10/15	37,56	-16,00		4,0		Azores-Cabo S. Vicente
11/10/15	36,91	+02,57	10	4,0		Mediterráneo-Argelia
16/10/15	36,92	-13,20		4,2		Azores-Cabo S. Vicente
20/10/15	35,74	-05,68	46	4,7	II	SE Tanger (Marruecos)
29/10/15	42,17	+03,16	4	4,0	IV	NE La Escala (Girona)
30/10/15	37,52	-14,79		4,1		Azores-Cabo S. Vicente
07/11/15	36,69	-05,47	25	4,0	III	S El Bosque (Cadíz)
26/11/15	36,91	+05,32		4,2		Mediterráneo-Argelia
01/12/15	37,02	-11,90	30	4,5		Atlántico-Portugal
04/12/15	37,30	-14,16		4,0		Azores-Cabo S. Vicente
10/12/15	38,56	-18,07		4,6		Atlántico
12/12/15	37,22	-13,19		4,3		Azores-Cabo S. Vicente
16/12/15	39,50	-12,75		4,1		Atlántico
18/12/15	39,61	-12,18		4,2		Atlántico
21/12/15	36,85	-12,71		4,2		Azores-Cabo S. Vicente
27/12/15	39,04	-13,55	30	4,4		Atlántico
28/12/15	36,41	+01,67	27	4,3		NW Ain Defla (Argelia)
09/01/16	36,41	-12,55	20	4,7		Azores-Cabo S. Vicente
12/01/16	30,81	+02,94		4,1		N. Argelia

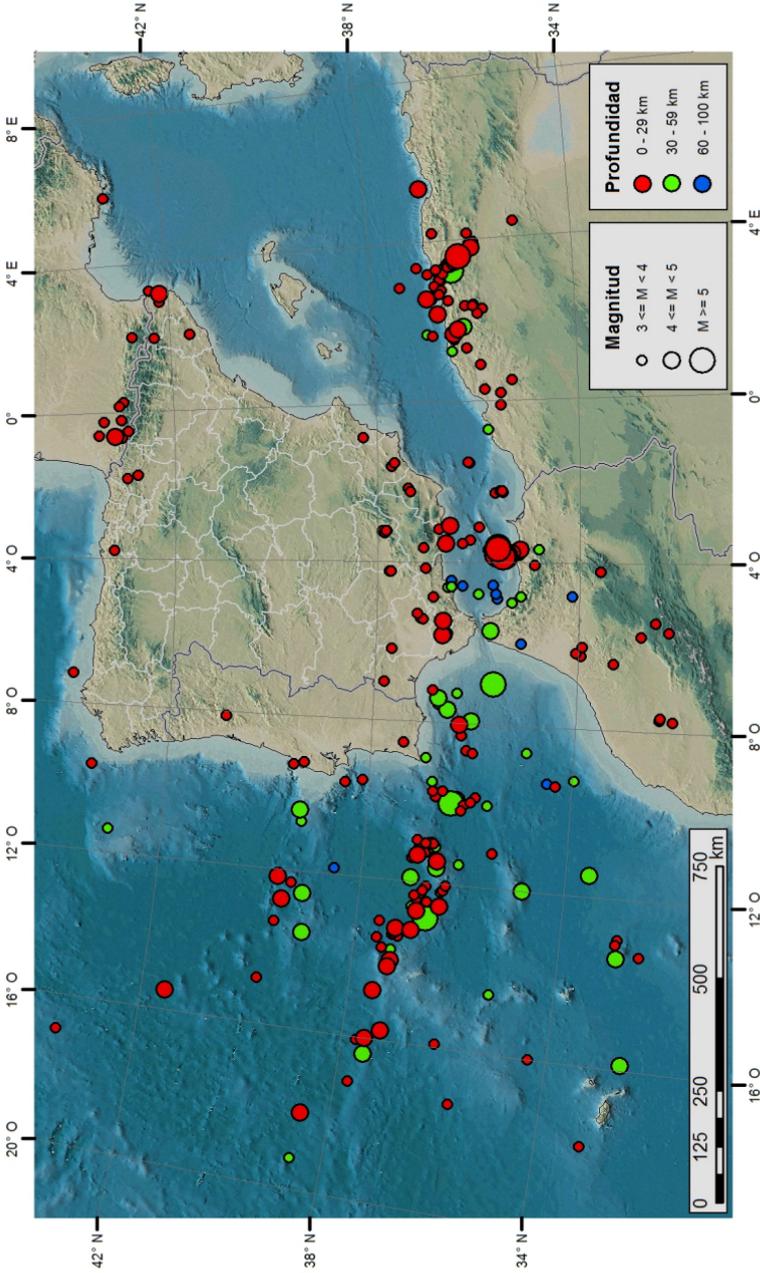
**Terremotos de magnitud igual o superior a 4,0 en la península Ibérica,  
islas Baleares e islas Canarias entre el 01/09/2015 y el 01/09/2016**

Fecha	Latitud (°)	Longitud (°)	Prof. (km)	Mag.	Máx. Int. (EMS)	Localización
14/01/16	32,87	-13,39	36	4,4		Atlántico-Marruecos
21/01/16	35,64	-03,80		5,1	III	Alborán Sur
22/01/16	36,25	-09,90	57	4,5		SW Cabo S. Vicente
23/01/16	36,35	-09,99	55	5,0		SW Cabo S. Vicente
25/01/16	35,60	-03,81	12	6,3	VI	Alborán Sur
25/01/16	35,60	-03,82		4,0		Alborán Sur
25/01/16	35,62	-03,81		4,5	III	Alborán Sur
25/01/16	35,64	-03,84		4,3		Alborán Sur
25/01/16	35,48	-03,85		5,2	III	Alborán Sur
25/01/16	35,53	-03,86		5,1	III-IV	Alborán Sur
25/01/16	35,51	-03,82		4,4	II	Alborán Sur
25/01/16	35,67	-03,71		4,8	III	Alborán Sur
25/01/16	35,56	-03,83		4,1	III	Alborán Sur
27/01/16	35,72	-03,67		4,5	III	Alborán Sur
27/01/16	36,93	-11,32		4,2		SW Cabo S. Vicente
31/01/16	36,57	-03,09		4,5	IV	Alborán Norte
10/02/16	36,40	+03,24	40	5,2		S Argel (Argelia)
22/02/16	35,63	-03,61	12	5,1	IV	Alborán Sur
23/02/16	35,68	-03,61		4,3	III	Alborán Sur
23/02/16	35,61	-03,65		4,1	III	Alborán Sur
23/02/16	37,27	-15,76	26	4,2	I-II	Azores-Cabo S. Vicente
02/03/16	36,29	-08,03	10	4,0	I-II	Golfo de Cadíz
03/03/16	35,48	-03,79	6	4,7	III	Alborán Sur
09/03/16	35,57	-03,60	21	4,5	III	Alborán Sur
11/03/16	35,63	-03,66		5,0	IV	Alborán Sur
11/03/16	35,60	-03,63	13	4,0	III	Alborán Sur
12/03/16	35,57	-03,60	22	4,8	IV	Alborán Sur
12/03/16	35,63	-03,65	1	4,8	IV	Alborán Sur
13/03/16	35,35	-03,77	23	4,0	III	Alhucemas (Marruecos)
15/03/16	35,62	-03,65	11	5,2	IV	Alborán Sur
16/03/16	35,19	-03,67	25	4,2	III	N Anoual (Marruecos)
24/03/16	36,28	+03,51	1	4,0		W Bouira (Argelia)
25/03/16	36,65	-03,53		4,0	IV	S Motril (Granada)
10/04/16	36,24	+03,57	11	4,7		SW Bouira (Argelia)
20/04/16	27,99	-17,93	26	4,2	III	N Valverde (El Hierro)
24/04/16	33,53	-11,49	39	4,7		Atlántico-Marruecos
10/05/16	36,69	-05,82		4,1	IV	Arcos Frontera (Cadíz)

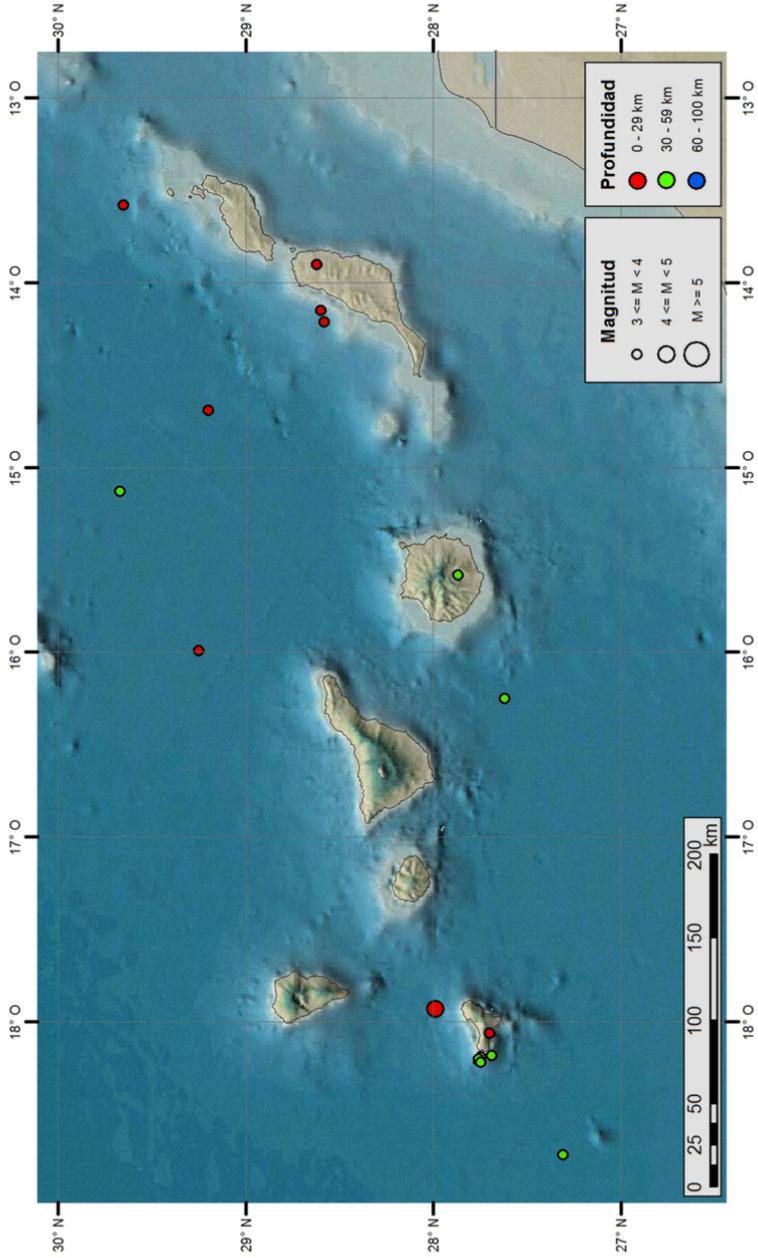
**Terremotos de magnitud igual o superior a 4,0 en la península Ibérica,  
islas Baleares e islas Canarias entre el 01/09/2015 y el 01/09/2016**

Fecha	Latitud (°)	Longitud (°)	Prof. (km)	Mag.	Máx. Int. (EMS)	Localización
11/05/16	43,17	-00,66	12	4,0	II	S Pau (Francia)
16/05/16	36,21	+03,61	13	4,5		SW Bouira (Argelia)
28/05/16	36,24	+03,59	1	5,2	I-II	SW Bouira (Argelia)
29/05/16	36,32	+03,46	1	4,1		W Bouira (Argelia)
29/05/16	35,98	+03,79		4,4	I-II	SW Bouira (Argelia)
31/05/16	36,21	+03,52		4,6		SW Bouira (Argelia)
04/06/16	36,24	+03,60	13	4,0		SW Bouira (Argelia)
04/06/16	44,96	-13,64		4,1		Atlántico
19/06/16	39,11	-12,55	53	4,0		Atlántico
30/06/16	37,53	-16,39	33	4,5		Azores-Cabo S. Vicente
06/07/16	36,21	+03,63	12	4,1		SW Bouira (Argelia)
08/07/16	32,55	-15,87	30	4,1		Atlántico-Madeira
13/07/16	36,54	-11,62	51	4,0		SW Cabo S. Vicente
01/08/16	36,06	-07,94	35	4,0		Golfo de Cádiz
19/08/16	39,31	-10,44	37	4,5		Atlántico-Portugal
25/08/16	36,53	-11,44	22	4,6		SW Cabo S. Vicente

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 2015 y setiembre de 2016.



Sismicidad de la Península Ibérica y zonas próximas registrada desde 01/09/2015 a 01/09/2016 con magnitud igual o superior a 3



Sismicidad de las Islas Canarias registrada desde 01/09/2015 a 01/09/2016 con magnitud igual o superior a 3

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

**Listado de terremotos de magnitud igual o superior a 6,5  
registrados en el mundo entre el 01/09/2015 y el 01/09/2016**

Fecha	Latitud (°)	Longitud (°)	Prof. (km)	Magnitud	Localización
13/09/15	+24,91	-109,62	10	6,7	S Topolobampo (México)
16/09/15	-31,57	-071,67	22	8,3	W Illapel (Chile)
17/09/15	-31,52	-071,80	23	6,7	W Illapel (Chile)
17/09/15	-31,42	-071,69	27	6,5	W Illapel (Chile)
21/09/15	-31,73	-071,38	35	6,6	W Illapel (Chile)
24/09/15	-00,62	+131,26	18	6,6	N Sorong (Indonesia)
20/10/15	-14,86	+167,30	135	7,1	Port-Olry (Vanuatu)
26/10/15	+36,52	+070,37	231	7,5	Farkhar (Afganistán)
04/11/15	-08,34	+124,88	20	6,5	Timor Oriental
07/11/15	-30,88	-071,45	46	6,8	S Ovale (Chile)
08/11/15	+06,84	+094,65	10	6,6	N Sabang (Indonesia)
09/11/15	+51,64	-173,07	15	6,5	S Atka (Alaska)
11/11/15	-29,51	-072,06	10	6,9	W Coquimbo (Chile)
11/11/15	-29,51	-072,01	12	6,9	W Coquimbo (Chile)
13/11/15	+31,00	+128,87	12	6,7	W Makurazaki (Japón)
17/11/15	+38,67	+020,60	11	6,5	SW Nidri (Grecia)
18/11/15	-08,90	+158,42	13	6,8	Islas Sálomon
24/11/15	-10,06	-071,02	621	7,6	S Tarauaca (Brasil)
24/11/15	-10,54	-070,94	606	7,6	NW Iberia (Perú)
26/11/15	-09,18	-071,26	603	6,7	S Tarauaca (Brasil)
04/12/15	-47,62	+085,09	35	7,1	dorsal del Índico Oriental
07/12/15	+38,21	+072,78	22	7,2	W Murghob (Tayikistán)
09/12/15	-04,11	+129,51	21	6,9	SE Amahai (Indonesia)
17/12/15	+15,80	-093,63	85	6,6	SW Tres Picos (México)
03/01/16	+24,80	+093,65	55	6,7	W Imphal (India)
11/01/16	+03,90	+126,86	13	6,5	SE Sarangani (Filipinas)
14/01/16	+41,97	+142,78	46	6,7	SE Shizunai (Japón)
21/01/16	+18,82	-106,93	10	6,6	SW Tomatlan (México)
24/01/16	+59,64	-153,41	129	7,1	E Old Iliamna (Alaska)
30/01/16	+53,98	+158,55	177	7,2	N Yelizovo (Rusia)

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 01/09/2015 y el 01/09/2016**

Fecha	Latitud (°)	Longitud (°)	Prof. (km)	Magnitud	Localización
02/03/16	-04,95	+094,33	24	7,8	Sumatra (Indonesia)
03/04/16	-14,32	+166,86	26	6,9	Port-Olry (Vanuatu)
06/04/16	-14,07	+166,62	24	6,7	Port-Olry (Vanuatu)
07/04/16	-13,98	+166,59	28	6,7	Port-Olry (Vanuatu)
10/04/16	+36,47	+071,13	212	6,6	SW Ashkasham (Afganistán)
13/04/16	+23,09	+094,87	136	6,9	SE Mawlaik (Myanmar)
15/04/16	+32,79	+130,75	10	7,0	E Kumamoto (Japón)
16/04/16	+00,38	-079,92	21	7,8	S Muisne (Ecuador)
28/04/16	-16,04	+167,38	24	7,0	N Norsup (Vanuatu)
29/04/16	+10,28	-103,74	10	6,6	dorsal Pacífico-Antártica
18/05/16	+00,49	-079,62	30	6,9	S Muisne (Ecuador)
18/05/16	+00,43	-079,79	16	6,7	S Muisne (Ecuador)
28/05/16	-56,24	-026,94	78	7,2	Islas Georgias del Sur
28/05/16	-21,97	-178,20	406	6,9	Islas Fiji
01/06/16	-02,10	+100,67	50	6,6	W Sungai Penuh (Indonesia)
29/07/16	+18,54	+145,51	196	7,7	Marianas del Norte
12/08/16	-22,48	+173,11	16	7,2	E Nueva Caledonia
19/08/16	-55,29	-031,88	10	7,4	Islas Georgias del Sur
24/08/16	+20,92	+094,57	82	6,8	W Chauk (Myanmar)
29/08/16	-00,05	-017,83	10	7,1	N Isla Ascensión
31/08/16	-03,69	+152,79	499	6,7	Papua Nueva Guinea
01/09/16	-37,40	+179,05	19	7,1	NE Gisborne (Nueva Zelanda)

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

## Magnitud

El concepto de magnitud sísmica fue introducido por Richter en el año 1935<sup>1</sup> 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

<sup>1</sup>Richter, C.F. 1935, An instrument earthquake magnitude scale. Bulletin seismological society of America 25, 1-32.

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<sup>2</sup> y 1956<sup>3</sup> 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:

$$\begin{aligned} \log(E_s) &= 2,4 m_b - 1,3 \\ \log(E_s) &= 1,5 M_s + 4,2 \end{aligned}$$

donde la energía viene dada en julios (J).

## Intensidad

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

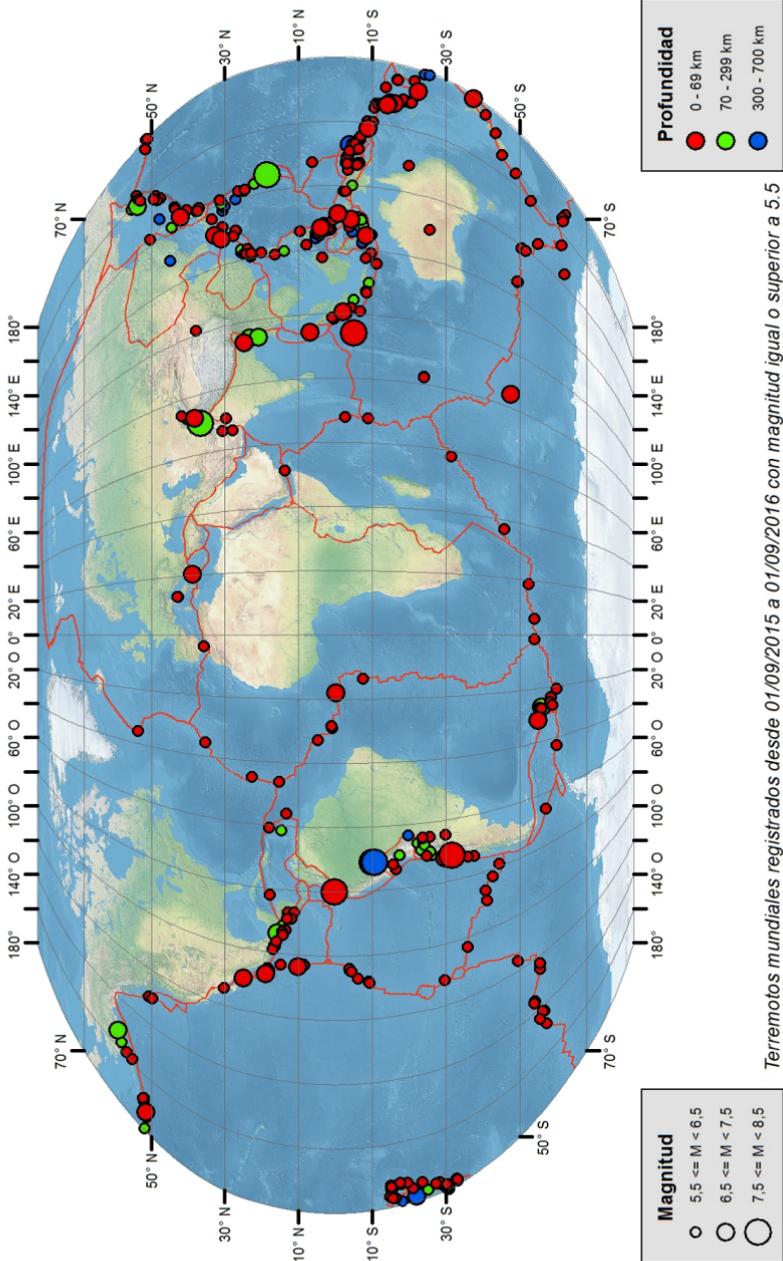
En Europa, la escala utilizada normalmente es la Escala Macrosísmica Europea (EMS-98). En la siguiente tabla se muestra un resumen de la misma<sup>4</sup>.

---

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

<sup>3</sup> Gutenberg, B. & Richter, C.F. 1956, Magnitude and energy of earthquakes. Annali di geofisica 9, 1-15.

<sup>4</sup> 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>.



## 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	Destruutivo	Pánico general. Muchas construcciones débiles colapsan. Incluso los edificios ordinarios bien construidos muestran daños serios, fallas graves en los muros y fallas estructurales parciales.
X	Muy destructivo	Muchos edificios ordinarios bien construidos colapsan.
XI	Devastador	La mayoría de los edificios ordinarios bien construidos colapsan, incluso algunos con buen diseño sismorresistente son destruidos.
XII	Completamente devastador	Casi todos los edificios son destruidos.

## Datos geomagnéticos

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

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

Para una mejor comprensión, indicamos en primer lugar los valores de la declinación en Madrid para una latitud  $40^{\circ}25'05''$  Norte y longitud  $3^{\circ}41'11''$  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 2017, en el mismo punto de Madrid, obtenemos del mapa interpolando en las isóporas (líneas azules) su variación secular ( $\Delta D$ ):

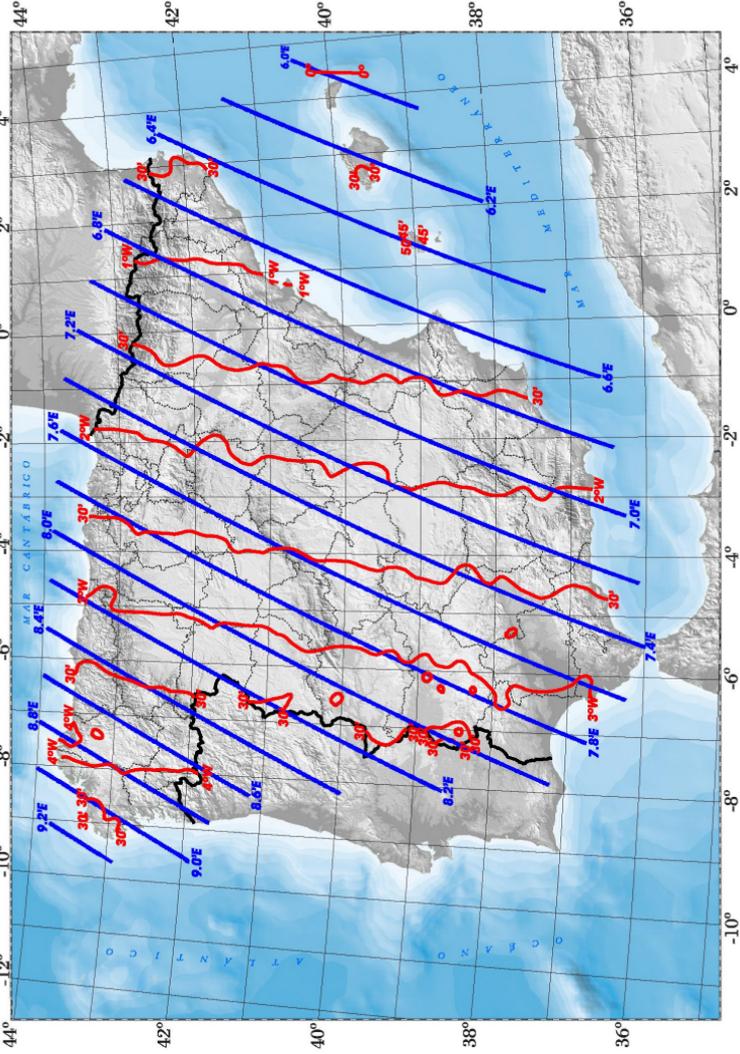
$$\Delta D = 7,5 \text{ Este}$$

Y el valor de la declinación magnética será:

$$\begin{aligned} D_{2017,5} &= -2^{\circ}24' + [7,5 (2017,5 - 2005,0)] \\ &= -50,25 \simeq 50' \text{ Oeste} \end{aligned}$$

DECLINACIONES MAGNÉTICAS

2005.0





# TABLAS COMPLEMENTARIAS

1. Incrementos de meridiano (0.1 4 8 1 2 3 4 5 6 7 8 9)											
a. Tablas de los 20 minutos de la Escala de Diferencia						b. Tablas de los 20 minutos de la Escala de Diferencia					
0.1 4 8 1 2 3 4 5 6 7 8 9						0.1 4 8 1 2 3 4 5 6 7 8 9					
Latitud	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	Latitud	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	24	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	27	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	28	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	29	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	31	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	34	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	35	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	36	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	37	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	38	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	39	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	41	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	42	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	43	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0
46	0	0	0	0	0	46	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	47	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	48	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	49	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	51	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	52	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	53	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	0	54	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	55	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	56	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	0	57	0	0	0	0	0
58	0	0	0	0	0	58	0	0	0	0	0
59	0	0	0	0	0	59	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0
61	0	0	0	0	0	61	0	0	0	0	0
62	0	0	0	0	0	62	0	0	0	0	0
63	0	0	0	0	0	63	0	0	0	0	0
64	0	0	0	0	0	64	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0	65	0	0	0	0	0
66	0	0	0	0	0	66	0	0	0	0	0
67	0	0	0	0	0	67	0	0	0	0	0
68	0	0	0	0	0	68	0	0	0	0	0
69	0	0	0	0	0	69	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0	70	0	0	0	0	0
71	0	0	0	0	0	71	0	0	0	0	0
72	0	0	0	0	0	72	0	0	0	0	0
73	0	0	0	0	0	73	0	0	0	0	0
74	0	0	0	0	0	74	0	0	0	0	0
75	0	0	0	0	0	75	0	0	0	0	0
76	0	0	0	0	0	76	0	0	0	0	0
77	0	0	0	0	0	77	0	0	0	0	0
78	0	0	0	0	0	78	0	0	0	0	0
79	0	0	0	0	0	79	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0
81	0	0	0	0	0	81	0	0	0	0	0
82	0	0	0	0	0	82	0	0	0	0	0
83	0	0	0	0	0	83	0	0	0	0	0
84	0	0	0	0	0	84	0	0	0	0	0
85	0	0	0	0	0	85	0	0	0	0	0
86	0	0	0	0	0	86	0	0	0	0	0
87	0	0	0	0	0	87	0	0	0	0	0
88	0	0	0	0	0	88	0	0	0	0	0
89	0	0	0	0	0	89	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	90	0	0	0	0	0
91	0	0	0	0	0	91	0	0	0	0	0
92	0	0	0	0	0	92	0	0	0	0	0
93	0	0	0	0	0	93	0	0	0	0	0
94	0	0	0	0	0	94	0	0	0	0	0
95	0	0	0	0	0	95	0	0	0	0	0
96	0	0	0	0	0	96	0	0	0	0	0
97	0	0	0	0	0	97	0	0	0	0	0
98	0	0	0	0	0	98	0	0	0	0	0
99	0	0	0	0	0	99	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0



# 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  $\alpha$  y  $\delta$ ) 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:

$$P_{\alpha} = 3,0750 + 1,3362 \operatorname{sen} \alpha \tan \delta$$

$$P_{\delta} = 20,043 \cos \alpha$$

expresiones en las que la ascensión recta,  $\alpha$ , debe ser expresada en grados. Dadas unas coordenadas  $\alpha_0, \delta_0$  referidas a una época  $t_0$ , las coordenadas  $\alpha_1, \delta_1$  referidas a una época  $t_1$  se obtienen mediante:

$$\alpha_1 = \alpha_0 + (t_1 - t_0) P_{\alpha}$$

$$\delta_1 = \delta_0 + (t_1 - t_0) P_{\delta}$$

donde típicamente  $t_0 = 2000$ .

### Precesión anual en declinación

ascensión recta, $\alpha$		$P_{\delta}$	ascensión recta, $\alpha$		$P_{\delta}$
00 00	24 00	20 <sup>o</sup> 04	12 00	12 00	-20 <sup>o</sup> 04
00 20	23 40	19 <sup>o</sup> 96	12 20	11 40	-19 <sup>o</sup> 96
00 40	23 20	19 <sup>o</sup> 73	12 40	11 20	-19 <sup>o</sup> 73
01 00	23 00	19 <sup>o</sup> 36	13 00	11 00	-19 <sup>o</sup> 36
01 20	22 40	18 <sup>o</sup> 83	13 20	10 40	-18 <sup>o</sup> 83
01 40	22 20	18 <sup>o</sup> 16	13 40	10 20	-18 <sup>o</sup> 16
02 00	22 00	17 <sup>o</sup> 35	14 00	10 00	-17 <sup>o</sup> 35
02 20	21 40	16 <sup>o</sup> 41	14 20	09 40	-16 <sup>o</sup> 41
02 40	21 20	15 <sup>o</sup> 35	14 40	09 20	-15 <sup>o</sup> 35
03 00	21 00	14 <sup>o</sup> 17	15 00	09 00	-14 <sup>o</sup> 17
03 20	20 40	12 <sup>o</sup> 88	15 20	08 40	-12 <sup>o</sup> 88
03 40	20 20	11 <sup>o</sup> 49	15 40	08 20	-11 <sup>o</sup> 49
04 00	20 00	10 <sup>o</sup> 02	16 00	08 00	-10 <sup>o</sup> 02
04 20	19 40	08 <sup>o</sup> 47	16 20	07 40	-08 <sup>o</sup> 47
04 40	19 20	06 <sup>o</sup> 85	16 40	07 20	-06 <sup>o</sup> 85
05 00	19 00	05 <sup>o</sup> 18	17 00	07 00	-05 <sup>o</sup> 18
05 20	18 40	03 <sup>o</sup> 48	17 20	06 40	-03 <sup>o</sup> 48
05 40	18 20	01 <sup>o</sup> 74	17 40	06 20	-01 <sup>o</sup> 74
06 00	18 00	00 <sup>o</sup> 00	18 00	06 00	00 <sup>o</sup> 00

**Precisión anual en ascensión recta**

si $\delta \geq 0$		$P_\alpha$								si $\delta \leq 0$	
$\alpha$		declinación, $\delta$								$\alpha$	
h m	h m	0°	10°	20°	30°	40°	50°	55°	60°	h m	h m
1800	1800	3:07	2:83	2:58	2:30	1:95	1:48	1:16	0:76	0600	0600
1820	1740	3:07	2:84	2:59	2:30	1:95	1:48	1:17	0:76	0620	0540
1840	1720	3:07	2:84	2:59	2:31	1:97	1:50	1:19	0:79	0640	0520
1900	1700	3:07	2:84	2:60	2:32	1:99	1:53	1:23	0:83	0700	0500
1920	1640	3:07	2:85	2:61	2:35	2:02	1:57	1:28	0:90	0720	0440
1940	1620	3:07	2:86	2:63	2:37	2:05	1:63	1:34	0:97	0740	0420
2000	1600	3:07	2:87	2:65	2:40	2:10	1:69	1:42	1:07	0800	0400
2020	1540	3:07	2:88	2:67	2:44	2:15	1:77	1:51	1:17	0820	0340
2040	1520	3:07	2:89	2:70	2:48	2:21	1:85	1:61	1:30	0840	0320
2100	1500	3:07	2:90	2:73	2:52	2:28	1:94	1:72	1:43	0900	0300
2120	1440	3:07	2:92	2:76	2:57	2:35	2:05	1:84	1:58	0920	0240
2140	1420	3:07	2:93	2:79	2:63	2:43	2:16	1:98	1:74	0940	0220
2200	1400	3:07	2:95	2:83	2:68	2:51	2:27	2:12	1:91	1000	0200
2220	1340	3:07	2:97	2:86	2:74	2:60	2:40	2:26	2:09	1020	0140
2240	1320	3:07	2:99	2:90	2:81	2:69	2:53	2:42	2:28	1040	0120
2300	1300	3:07	3:01	2:94	2:87	2:78	2:66	2:58	2:47	1100	0100
2320	1240	3:07	3:03	2:99	2:94	2:88	2:79	2:74	2:67	1120	0040
2340	1220	3:07	3:05	3:03	3:00	2:97	2:93	2:90	2:87	1140	0020
0000	1200	3:07	3:07	3:07	3:07	3:07	3:07	3:07	3:07	1200	2400
0020	1140	3:07	3:09	3:11	3:14	3:17	3:21	3:24	3:27	1220	2340
0040	1120	3:07	3:11	3:15	3:20	3:26	3:35	3:40	3:47	1240	2320
0100	1100	3:07	3:13	3:20	3:27	3:36	3:48	3:56	3:67	1300	2300
0120	1040	3:07	3:15	3:24	3:33	3:45	3:61	3:72	3:86	1320	2240
0140	1020	3:07	3:17	3:28	3:40	3:54	3:74	3:88	4:05	1340	2220
0200	1000	3:07	3:19	3:31	3:46	3:63	3:87	4:02	4:23	1400	2200
0220	0940	3:07	3:21	3:35	3:51	3:71	3:98	4:16	4:40	1420	2140
0240	0920	3:07	3:22	3:38	3:57	3:79	4:09	4:30	4:56	1440	2120
0300	0900	3:07	3:24	3:41	3:62	3:86	4:20	4:42	4:71	1500	2100
0320	0840	3:07	3:25	3:44	3:66	3:93	4:29	4:53	4:84	1520	2040
0340	0820	3:07	3:26	3:47	3:70	3:99	4:37	4:63	4:97	1540	2020
0400	0800	3:07	3:27	3:49	3:74	4:04	4:45	4:72	5:07	1600	2000
0420	0740	3:07	3:28	3:51	3:77	4:09	4:51	4:80	5:17	1620	1940
0440	0720	3:07	3:29	3:53	3:79	4:12	4:57	4:86	5:24	1640	1920
0500	0700	3:07	3:30	3:54	3:82	4:15	4:61	4:91	5:31	1700	1900
0520	0640	3:07	3:30	3:55	3:83	4:17	4:64	4:95	5:35	1720	1840
0540	0620	3:07	3:30	3:55	3:84	4:19	4:66	4:97	5:38	1740	1820
0600	0600	3:07	3:31	3:56	3:84	4:19	4:66	4:98	5:38	1800	1800

## Cálculo riguroso de la precesión

En este apartado se describe el método general de cálculo riguroso de los efectos de la precesión a las coordenadas de un astro entre una cierta época origen (dada por  $DJ_{origen}$ ) y una cierta fecha o época final (dada por  $DJ_{fecha}$ ). Es decir, este método es aplicable incluso en aquellos casos en que la época a que se refieren las coordenadas originales no es la época J2000, sino otra cualquiera (J1900, B1950, etc). Algunas épocas típicas vienen dadas en el apartado **Día Juliano** en *CALENDARIOS*).

1) Cálculo de los argumentos temporales  $T$  y  $t$ , dados en siglos julianos:

$$T = (\text{época origen} - 2000,0) / 100 = (DJ_{origen} - 2451\,545,0) / 36525$$

$$t = (DJ_{fecha} - DJ_{origen}) / 36525$$

2) Cálculo de los coeficientes para la época origen:

$$\zeta_1 = 2306''.2181 + 1''.39656 T - 0''.000139 T^2$$

$$\zeta_2 = 0''.30188 - 0''.000344 T$$

$$\zeta_3 = 0''.017998$$

$$z_1 = \zeta_1$$

$$z_2 = 1''.09468 + 0''.000066 T$$

$$z_3 = 0''.018203$$

$$\theta_1 = 2004''.3109 - 0''.85330 T - 0''.000217 T^2$$

$$\theta_2 = -0''.42665 - 0''.000217 T$$

$$\theta_3 = -0''.041833$$

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 ( $\alpha_0, \delta_0$ ) a la fecha ( $\alpha, \delta$ ) por efecto de la precesión. Es necesario expresar todos los ángulos en grados (o en radianes). La declinación  $\delta$  se determina a partir de la ecuación:

$$\text{sen } \delta = \cos(\alpha_0 + \zeta) \text{sen } \theta \cos \delta_0 + \cos \theta \text{sen } \delta_0$$

y la ascensión recta  $\alpha$  se determina, en el cuadrante adecuado, a partir de

$$\text{sen } (\alpha - z) = \text{sen } (\alpha_0 + \zeta) \cos \delta_0 / \cos \delta$$

$$\cos(\alpha - z) = \frac{\cos(\alpha_0 + \zeta) \cos \theta \cos \delta_0 - \text{sen } \theta \text{sen } \delta_0}{\cos \delta}$$

## 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,  $\Omega_{\parallel}$ ), podemos expresar la corrección por nutación a aplicar a las coordenadas ecuatoriales ( $\alpha, \delta$ ) con las siguientes fórmulas:

$$\Delta\alpha = Ec.Eq. - (0^{\circ}46 \text{ sen } \Omega_{\parallel} \text{ sen } \alpha + 0^{\circ}61 \text{ cos } \Omega_{\parallel} \text{ cos } \alpha) \tan \delta$$

$$\Delta\delta = 9^{\circ}2 \text{ cos } \Omega_{\parallel} \text{ sen } \alpha - 6^{\circ}8 \text{ sen } \Omega_{\parallel} \text{ cos } \alpha$$

donde *Ec.Eq.* es el valor de la ecuación de los equinoccios para la fecha (ver las tablas en *TIEMPOS*), y  $\Omega_{\parallel}$  viene dada para este año en la primera página de **Datos lunares** o bien se puede calcular a partir del día juliano *DJ* mediante:

$$\Omega_{\parallel} = 125^{\circ}045 - 0^{\circ}05295376 (DJ - 2451545)$$

## Corrección de las coordenadas por aberración ánu

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 ánu*. En primera aproximación, prescindiendo de la pequeña excentricidad de la órbita terrestre, la corrección a las coordenadas ecuatoriales ( $\alpha, \delta$ ) viene dada por:

$$\Delta\alpha = - (1^{\circ}366 \text{ sen } L_{\odot} \text{ sen } \alpha + 1^{\circ}253 \text{ cos } L_{\odot} \text{ cos } \alpha) / \text{cos } \delta$$

$$\Delta\delta = 18^{\circ}80 \text{ sen } \delta \text{ sen } \alpha \text{ cos } L_{\odot} - 20^{\circ}49 \text{ sen } \delta \text{ cos } \alpha \text{ sen } L_{\odot} \\ - 8^{\circ}15 \text{ cos } \delta \text{ cos } L_{\odot}$$

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:

$$L_{\odot} = 280^{\circ}466 + 0^{\circ}98564736 (DJ - 2451545)$$

## 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:

$$\text{altura verdadera} = \text{altura observada} - \text{Refracción}$$

$$\text{distancia cenital verdadera} = \text{distancia cenital observada} + \text{Refracción}$$

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:

$$\begin{aligned} \text{longitud de onda, } \lambda_0 &= 0,575 \mu\text{m} \\ \text{presión atmosférica, } P_0 &= 1000 \text{ mbar} \\ \text{temperatura ambiente, } T_0 &= 10^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Los factores de corrección a emplear en caso de que tales condiciones de contorno sean distintas son, respectivamente y en primera aproximación:

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

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

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

### Fórmula aproximada para determinar la corrección por refracción

La sencilla fórmula siguiente (de Bennett) da valores adecuados de la corrección  $R$  salvo en trabajos que requieran una elevada precisión:

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

siendo  $h$  la altura observada. Esta fórmula lleva incluidos los parámetros atmosféricos ( $P$  en milibares y  $T$  en grados centígrados). Si éstos son próximos a los normales antes indicados o no se conocen, la última fracción se puede sustituir por la unidad.

**Corrección de la refracción atmosférica media,  $R_0$**   
 con entradas cada grado para alturas entre 20° y 90°  
 ( $\lambda = 0,575 \mu\text{m}$ ,  $P=1000 \text{ mbar}$ ,  $T=10^\circ\text{C}$ )

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°  
 ( $\lambda = 0,575 \mu\text{m}$ ,  $P=1000 \text{ mbar}$ ,  $T=10^\circ\text{C}$ )

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  $0,575 \mu\text{m}$ . La banda *visual* de magnitudes está centrada a una longitud de onda muy próxima,  $0,55 \mu\text{m}$ .

**Constantes fundamentales usuales**

cantidad	símbolo	valor
velocidad de la luz	$c$	$2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$
permeabilidad del vacío	$\mu_0$	$4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N A}^{-2}$
permitividad del vacío	$\epsilon_0$	$1/\mu_0 c^2 \text{ F m}^{-1}$
constante gravitacional de Newton	$G$	$6,67408 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$
constante de Planck	$h$	$6,6260696 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$
constante de Boltzmann	$k$	$1,380649 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
número de Avogadro	$N_A$	$6,0221413 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
constante de los gases perfectos	$R$	$8,314462 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

**Constantes electromagnéticas y radiativas**

cantidad	símbolo	valor
carga elemental	$e$	$1,60217656 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
constante de Faraday	$F$	$9,6485336 \cdot 10^4 \text{ C mol}^{-1}$
constante de Stefan-Boltzmann	$\sigma$	$5,67037 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$
primera constante de radiación	$2\pi hc^2$	$3,7417715 \cdot 10^{-16} \text{ W m}^2$
segunda constante de radiación	$hc/k$	$1,438777 \cdot 10^{-2} \text{ m K}$

**Constantes atómicas y espectroscópicas**

cantidad	símbolo	valor
masa del electrón en reposo	$m_e$	$5,485799095 \cdot 10^{-4} \text{ u}$
masa del protón en reposo	$m_p$	$1,007276467 \text{ u}$
masa del neutrón en reposo	$m_n$	$1,008664916 \text{ u}$
masa del muón en reposo	$m_\mu$	$0,113428927 \text{ u}$
momento magnético del electrón	$\mu_e$	$-9,2847643 \cdot 10^{-24} \text{ J T}^{-1}$
momento magnético del protón	$\mu_p$	$1,41060674 \cdot 10^{-26} \text{ J T}^{-1}$
momento magnético del muón	$\mu_\mu$	$-4,4904481 \cdot 10^{-26} \text{ J T}^{-1}$
magnetón de Bohr	$\mu_B$	$9,2740097 \cdot 10^{-24} \text{ J T}^{-1}$
magnetón nuclear	$\mu_N$	$5,0507835 \cdot 10^{-27} \text{ J T}^{-1}$
constante de estructura fina	$\alpha$	$7,297352570 \cdot 10^{-3}$
constante de Rydberg	$R_\infty$	$1,097373156854 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$
radio de Bohr	$a_0$	$0,5291772109 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
longitud de onda Compton del electrón	$\lambda_c$	$2,426310239 \cdot 10^{-12} \text{ m}$
(unidad de masa atómica unificada	$u$	$1,66053892 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ )

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  $6,62606957 \cdot 10^{-34}$ , con una incertidumbre de  $0,00000029 \cdot 10^{-34}$ , el valor que figurará en la tabla será  $6,6260696 \cdot 10^{-34}$ , siendo incierta la última cifra dada.

**Constantes cosmológicas**

cantidad	símbolo	valor
constante de Hubble	$H_0$	$69 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$
distancia de Hubble	$c/H_0$	4400 Mpc
edad del Universo	$t_0$	$1,38 \cdot 10^{10}$ años
edad del desacoplamiento	$t_{dec}$	380 000 años
densidad crítica	$\rho_c$	$8,6 \cdot 10^{-27} \text{ kg m}^{-3}$
densidad de bariones	$\Omega_b$	0,049
densidad total de materia	$\Omega_m$	0,309
constante cosmológica	$\Omega_\Lambda$	0,691
temperatura del fondo cósmico de microondas (CBR)	$T_0$	2,725 K
velocidad del Sol respecto del CBR		$370 \text{ km s}^{-1}$

(1 pc =  $3,085678 \cdot 10^{16}$  m, 1 Mpc =  $10^6$  pc =  $3,085678 \cdot 10^{22}$  m)

**Constantes astronómicas**

cantidad	símbolo	valor
unidad astronómica	ua	149597870700 m
masa de la Tierra	$\mathcal{M}_\oplus$	$5,9724 \cdot 10^{24}$ kg
radio ecuatorial de la Tierra	$\mathcal{R}_\oplus$	$6,3781366 \cdot 10^6$ m
masa solar	$\mathcal{M}_\odot$	$1,988547 \cdot 10^{30}$ kg
radio solar	$\mathcal{R}_\odot$	$6,9566 \cdot 10^8$ m
luminosidad solar absoluta	$L_\odot$	$3,828 \cdot 10^{26}$ W
temperatura solar efectiva	$T_\odot$	5772 K
constantes gravitacionales:		
Sol	$G\mathcal{M}_\odot$	$1,3271244 \cdot 10^{20} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$
Tierra	$G\mathcal{M}_\oplus$	$3,9860044 \cdot 10^{14} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$
Luna	$G\mathcal{M}_\updownarrow$	$4,9028001 \cdot 10^{12} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$
de Gauss	k	0,01720209895
razón de masa lunar a terrestre	$\mu_\updownarrow$	0,0123000371

**Algunos factores de conversión de interés práctico**

1 año luz	= $0,9461 \cdot 10^{16}$ m $\simeq 10^{16}$ m $\simeq 0,3$ pc (parsec)
1 día luz	= 173,145 ua
1 hora luz	$\simeq 7,21$ ua
$c$	= 300 MHz m = 300 GHz mm = 300 THz $\mu\text{m}$
1 km $\text{s}^{-1}$	$\simeq 1$ pc / millón de años
1 ua / año	= $4,740470 \text{ km s}^{-1}$
1 ua / día	= $1731,457 \text{ km s}^{-1}$
$\mathcal{M}_\odot / L_\odot$	$\simeq 0,52 \text{ s}^3 \text{ cm}^{-2}$ (unidades cgs)
	$\simeq 5200 \text{ kg W}^{-1}$ (unidades SI)
1 $\mathcal{M}_\odot \text{ pc}^{-3}$	$\simeq 40$ átomos de $H$ por $\text{cm}^3$
1 Jy (Jansky)	= $10^{-26} \text{ W m}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$ = $10^{-23} \text{ erg cm}^{-2}$

## 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	$\mu$
$10^9$	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  $T_{-1}, T_{-2}, \dots$  y a los posteriores  $T_1, T_2, \dots$ . Es decir, en la tabla tenemos una distribución como:

$$\begin{array}{l}
 T_{-2} \quad V_{-2} \\
 T_{-1} \quad V_{-1} \\
 T_0 \quad V_0 \\
 T_1 \quad V_1 \\
 T_2 \quad V_2
 \end{array}$$

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<sup>er</sup> 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<sup>do</sup> 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<sup>er</sup> 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<sup>to</sup> 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 9<sup>h</sup> TU del día 31 de enero de 2017. De la tabla correspondiente al mes obtenemos los valores:

$T_{-2}$ :	29 de enero	$V_{-2} = 21^{\text{h}}54433$
$T_{-1}$ :	30 de enero	$V_{-1} = 22^{\text{h}}41497$
$T_0$ :	31 de enero	$V_0 = 23^{\text{h}}27958$
$T_1$ :	1 de febrero	$V_1 = 24^{\text{h}}14267$
$T_2$ :	2 de febrero	$V_2 = 25^{\text{h}}01175$

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 ( $0^{\text{s}}1 = 0^{\text{s}}00003$ ). 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  $24^{\text{h}}$  a  $0^{\text{h}}$  hemos mantenido el sentido creciente de los valores de la ascensión recta añadiendo  $24^{\text{h}}$  cuando ha sido necesario. En este ejemplo:  $p = 9^{\text{h}}0^{\text{m}}/24^{\text{h}} = 0,37500$ . Siguiendo los pasos anteriores, obtenemos los siguientes valores:

$$V = V_0 + \frac{p}{2}(V_1 - V_{-1}) = 23,60352$$

Dado que  $|V_1 - 2V_0 + V_{-1}| = 0,00152 \geq 0,00003$ , añadimos otro término:

$$V = 23,60352 + \frac{p^2}{2}(V_1 - 2V_0 + V_{-1}) = 23,60341$$

Dado que  $|V_2 - 2V_1 + 2V_{-1} - V_{-2}|/30 = 0,00040 \geq 0,00003$ , añadimos otro término:

$$V = 23,60341 + \frac{p(p^2 - 1)}{12}(V_2 - 2V_1 + 2V_{-1} - V_{-2}) = 23,60309$$

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

$$V = 23^{\text{h}}36^{\text{m}}11^{\text{s}}9$$

El valor que se obtiene a partir de las efemérides del JPL es:  $23^{\text{h}}36^{\text{m}}10^{\text{s}}97$ , 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  $\Delta p$  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 31 de enero de 2017 la ascensión recta de la Luna es exactamente  $0^h00^m00^s$ . Ello corresponde a determinar el instante  $T$  para el que, en la notación anterior,  $V = 24,0000$ . Primera iteración:

$$p = 2 \frac{V - V_0}{V_1 - V_{-1}} = 0,8340$$

instante al que le corresponde un valor calculado:  $V_{calc} = 23,99925$ . La corrección a aplicar a  $p$  es:

$$\Delta p = 2 \frac{V - V_{calc}}{V_1 - V_{-1}} = 0,0009$$

Al nuevo valor  $p = 0,8349$  le corresponde  $V_{calc} = 24,00002$ , valor que consideramos suficientemente aproximado, pues su discrepancia con el valor buscado es menor o similar a  $0^s1 = 0^h00^m00^s$ . El instante de tiempo buscado es:

$$T = T_0 + p(T_1 - T_0) = 0^h + 0,8349 \times 24^h = 20^h038$$

o sea, las  $20^h2^m3$  del día 31 de enero de 2017. El instante calculado a partir de las efemérides es:  $20^h2^m18^s$ .

### Moléculas detectadas en el medio interestelar y el circunestelar

#### Moléculas con hidrógeno

H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub> <sup>+</sup>	HD	H <sub>2</sub> D <sup>+</sup>
HD <sub>2</sub> <sup>+</sup>			

#### Moléculas con solo hidrógeno y carbono

C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>5</sub>	CH <sup>+</sup>
CH	C <sub>2</sub> H	C <sub>3</sub> H	C <sub>4</sub> H
C <sub>5</sub> H	C <sub>6</sub> H	C <sub>7</sub> H	C <sub>8</sub> H
CH <sub>3</sub> C <sub>2</sub> H	CH <sub>3</sub> C <sub>4</sub> H	CH <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	[C <sub>3</sub> H <sub>2</sub> ]	H <sub>2</sub> C <sub>3</sub>
H <sub>2</sub> C <sub>4</sub>	[C <sub>3</sub> H]	H <sub>2</sub> C <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>
[C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ]	CH <sub>3</sub>	HC <sub>4</sub> H	HC <sub>6</sub> H
CH <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H	C <sub>6</sub> H <sup>-</sup>	C <sub>4</sub> H <sup>-</sup>	C <sub>8</sub> H <sup>-</sup>
C <sub>3</sub> H <sup>+</sup>	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub> <sup>+</sup> ?		

#### Moléculas con oxígeno, hidrógeno y/o carbono

CO	CO <sup>+</sup>	C <sub>3</sub> O	C <sub>2</sub> O
O <sub>2</sub>	OH	H <sub>2</sub> O	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>
HCO	HCO <sup>+</sup>	HOC <sup>+</sup>	HOCO <sup>+</sup>
H <sub>2</sub> CO	CH <sub>3</sub> OH	CH <sub>3</sub> CHO	CH <sub>3</sub> COOH
CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	HCOOCH <sub>3</sub>	HC <sub>2</sub> CHO	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
HCOOH	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
H <sub>2</sub> COH <sup>+</sup>	[C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O]	CH <sub>2</sub> OHCHO	H <sub>2</sub> CCHOH
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CHO	CH <sub>2</sub> CHCHO ?	(CH <sub>2</sub> OH) <sub>2</sub>	[H <sub>2</sub> C <sub>3</sub> O]
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OCH <sub>3</sub> ?	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OCHO	CH <sub>3</sub> OCOCH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub> O
OH <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	HO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
HCCO	CH <sub>3</sub> CHCH <sub>2</sub> O		

#### Moléculas con nitrógeno, hidrógeno y/o carbono

CN	C <sub>3</sub> N	HC <sub>3</sub> NH <sup>+</sup>	HCCN
HCN	HC <sub>3</sub> N	HC <sub>2</sub> NC	HNC <sub>3</sub>
HC <sub>5</sub> N	HC <sub>7</sub> N	HC <sub>9</sub> N	HC <sub>11</sub> N
HNC	H <sub>2</sub> CN	NH	NH <sub>3</sub>
N <sub>2</sub> H <sup>+</sup>	CH <sub>3</sub> CN	CH <sub>3</sub> NC	CH <sub>3</sub> C <sub>5</sub> N
HCNH <sup>+</sup>	NH <sub>2</sub> CN	CH <sub>2</sub> CN	CH <sub>2</sub> NH
CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	CH <sub>2</sub> CHCN	CH <sub>3</sub> C <sub>3</sub> N
NH <sub>2</sub>	C <sub>5</sub> N	HC <sub>4</sub> N	CH <sub>2</sub> CCHCN
H <sub>2</sub> CCNH ?	H <sub>2</sub> CCN	H <sub>2</sub> NCH <sub>2</sub> CN	C <sub>3</sub> N <sup>-</sup>
C <sub>5</sub> N <sup>-</sup>	HNCNH	HNCHCN	CH <sub>3</sub> CHNH
CN <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> CN	C <sub>2</sub> N
CCN ?	NCCNH <sup>+</sup>		

#### Moléculas con nitrógeno y oxígeno

NO	N <sub>2</sub> O	HNO	HNCO
NH <sub>2</sub> CHO	CH <sub>3</sub> CONH <sub>2</sub>	HCNO	HOCN
HCOCN	H <sub>2</sub> NCO <sup>+</sup> ?	NO <sup>+</sup> ?	CH <sub>3</sub> NCO

*Moléculas con azufre, silicio o fósforo*

SO	SO <sub>2</sub>	NS	H <sub>2</sub> S
OCS	HCS <sup>+</sup>	CS	C <sub>2</sub> S
C <sub>3</sub> S	SO <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> CS	HNCS
CH <sub>3</sub> SH	PN	CP	SiC
SiO	[SiC <sub>2</sub> ]	SiS	SiN
SiH <sub>4</sub>	SiC <sub>4</sub>	SH	SiCN
[SiC <sub>3</sub> ]	SiH ?	PO	HCP
SiNC	CCP	HSCN	PH <sub>3</sub>
SH <sup>+</sup>	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> SH ?	C <sub>5</sub> S ?	NCCP ?
SiH <sub>3</sub> CN ?	Si <sub>2</sub> C		

*Moléculas "metálicas"*

HCl	NaCl	KCl	AlCl
AlF	NaCN	MgNC	MgCN
HF	FeO ?	CF <sup>+</sup>	AlNC
AlO	AlOH	HCl <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> Cl <sup>+</sup>
TiO	KCN	FeCN	TiO <sub>2</sub>
HMgNC	ArH <sup>+</sup>	MgCCH ?	

*Fulerenos*

C <sub>60</sub>	C <sub>70</sub>	C <sub>60</sub> <sup>+</sup>
-----------------	-----------------	------------------------------

Tabla actualizada a junio 2016. En ella hay 203 especies moleculares, incluidas 13 detectadas tentativamente, lo que se indica con un interrogante. De las numerosas variedades isotópicas detectadas (HDO, DCO<sup>+</sup>, 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 eclipse del Sol se haze quando el Sol, y la Luna se juntan en la cabeza, 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 priva al mundo de su luz, y lo dexa en sombra: y tanto es mayor el eclipse, y de mas cantidad, quanto mas llegados se hallan los luminares a la cabeza, o cola del dragon: y assi, que no puede ser eclipse de Luna, sin ser oposicion, o Luna llena, ni eclipse de Sol, sin ser conjuncion de Luna: empero como dicho es, ha de ser estando en la cabeza, o cola del dragon, porque muchas vezes sucederá conjuncion, y oposicion, y no aver eclipse, porque ni la Luna, ni el Sol estará en la cabeza, 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 cabeza, y el otro en la cola del dragon, porque entonces estan opuestos el Sol, y la Luna linealmente en tanto grado, que facada una linea del vno al otro, passaria por el centro del mundo, y en esta oposicion de necesidad ha de aver eclipse de Luna.

Oposicion imperfecta se dize, quando la Luna dista del Sol la mitad de la esfera, que son ciento y ochenta grados, mas no que esté la Luna en la ecliptica, cabeza, 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 ay eclipse en ella.

*Eclipse del Sol.*  
*Luna cubre la luz del Sol.*



*Demost-  
racion  
del eclip-  
se del Sol.*

*Oposicion  
perfecta.*

*Oposicion  
imperfecta.*



# ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN

**Luchas de titanes: interacciones y fusiones de galaxias**

por *Almudena Alonso Herrero*

**Discos circunestelares: la cuna de los planetas**

por *Tomás Alonso Albi*



# Luchas de titanes: interacciones y fusiones de galaxias

**Almudena Alonso Herrero**

*Centro de Astrobiología (CSIC-INTA)  
ESAC Campus, 28692 Villanueva de la Cañada, Madrid*

## **Abstract**

Interacting galaxies and mergers are one of the most spectacular events of the Universe that can produce fundamental morphological transformations in galaxies. Moreover, galaxy interactions and mergers give rise to intense periods of star formation activity, active galactic nuclei including quasars, the formation of super-star clusters, and may be responsible for the formation of elliptical galaxies. In this article we briefly touch on all these aspects from both an observational and numerical simulation point of view. We give a concise historic perspective and also summarize some results in the Local Universe.

## **Introducción**

Cuando uno piensa en algunas de las imágenes más espectaculares de galaxias, inmediatamente nos vienen a la mente esas *luchas de titanes* que son las interacciones y fusiones entre algunas de ellas. En la figura 1 se muestran algunos ejemplos obtenidos con dos de los instrumentos ópticos del telescopio espacial Hubble. Las interacciones o choques de galaxias son efectivamente fenómenos muy energéticos que ocurren en escalas de tiempo muy grandes, varios centenares de millones de años, que producen consecuencias fundamentales en la evolución de galaxias.

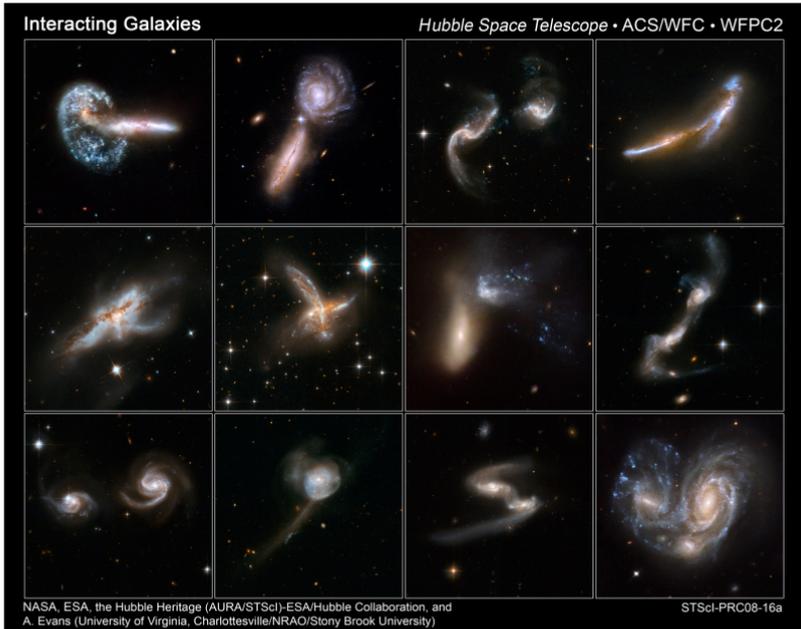


Figura 1: Imágenes tomadas con el telescopio espacial Hubble de interacciones y fusiones de galaxias, todas ellas clasificadas como LIRGs y ULIRGs (ver texto para su definición). Las observaciones se obtuvieron en varios filtros ópticos con los instrumentos WFPC2 y ACS. Los colores más rojos indican longitudes de onda más largas. Créditos: NASA, ESA, Colaboración Hubble-ESA y A. Evans (Universidad de Virginia/NRAO/Universidad Stony Brook).

Como veremos a lo largo de este artículo, la interacciones y fusiones de galaxias producen transformaciones fundamentales en las morfologías de las mismas y son la base del modelo cosmológico jerárquico de la formación y evolución de galaxias. Durante estos procesos se transportan grandes cantidades de gas (muchas veces vistas en forma de filamentos y puentes de materia en las zonas de solapamiento) y polvo (visto en imágenes ópticas como bandas oscuras) desde los discos de las galaxias hacia sus regiones centrales. Cuando este gas se ve comprimido se generan intensos procesos de formación de nuevas generaciones de estrellas en los puentes de materia entre las galaxias y también en las colas de marea generadas en las zonas externas de las galaxias o de la galaxia fusionada. En estos procesos se forman cúmulos estelares jóvenes y en algunos casos incluso galaxias enanas en las colas de marea. Todas estas características morfológicas que resultan del choque de galaxias se pueden observar

claramente en los ejemplos de la figura 1. Finalmente, si las galaxias inicialmente son muy masivas y contienen grandes cantidades de gas también se pueden dar fenómenos de actividad nuclear intensa. En estos procesos los agujeros negros supermasivos que inicialmente contienen los centros de las galaxias o el agujero negro supermasivo fusionado acretan grandes cantidades de gas. Durante estos periodos los centros de estas galaxias pueden presentar grandes luminosidades que incluso pueden dominar en brillo sobre la luz emitida por las estrellas de la galaxia y son clasificadas como cuásares<sup>1</sup> u otros tipos de galaxias activas o AGN (por sus siglas en inglés, *active galactic nuclei*).

Claramente la interacción de galaxias abarca una gran diversidad de fenómenos y es muy posible que la mayor parte de las galaxias del Universo haya experimentado en algún momento de su evolución una interacción con otra galaxia o incluso varias galaxias. Por ejemplo, imágenes muy profundas de galaxias de tipos tempranos e incluso galaxias espirales en nuestro Universo Local (ver la figura 2) que en principio parecen estar aisladas pueden mostrar los rasgos característicos de interacciones pasadas como son colas de marea que contienen estrellas. Incluso nuestra propia galaxia, la Vía Láctea, empezará probablemente a fusionarse con nuestra vecina la galaxia espiral Andrómeda (Messier 31 o M31) en unos 4000 millones de años y el proceso de fusión terminará formando una galaxia elíptica gigante al cabo de 10 000 millones (ver el artículo de Santiago García Burillo publicado en este Anuario en el año 2016).

Debido a la amplitud del tema, en este artículo nos centraremos fundamentalmente en los procesos de interacción y fusión de galaxias que se observan en nuestro Universo Local tanto desde el punto observacional como desde el punto de vista de las simulaciones numéricas realizadas con ordenadores para intentar modelar estos procesos.

## **Perspectiva histórica de los inicios del estudio de la interacción de galaxias**

Sin pretender que esta sección sea exhaustiva, sí que es de interés describir algunos de los hitos históricos más relevantes para entender cómo nuestro conocimiento sobre las interacciones de galaxias ha evolucionado a lo largo de los dos últimos siglos. En el siglo XIX, mucho antes de que los astrónomos supieran que algunas de las *nebulosas* que observaban con sus telescopios eran realmente galaxias externas a nuestra Vía Láctea, ya se apreció que algunas de estas nebulosas tenían compañeras. El astrónomo William Herschel en 1811 remarcó la posible existencia de nebulosas dobles.

---

<sup>1</sup>El origen de este término es debido a la apariencia cuasi puntual en imágenes ópticas de estos objetos, casi como estrellas. Se denominaron en inglés *quasi-stellar objects* o *quasars* (Schmidt 1963).

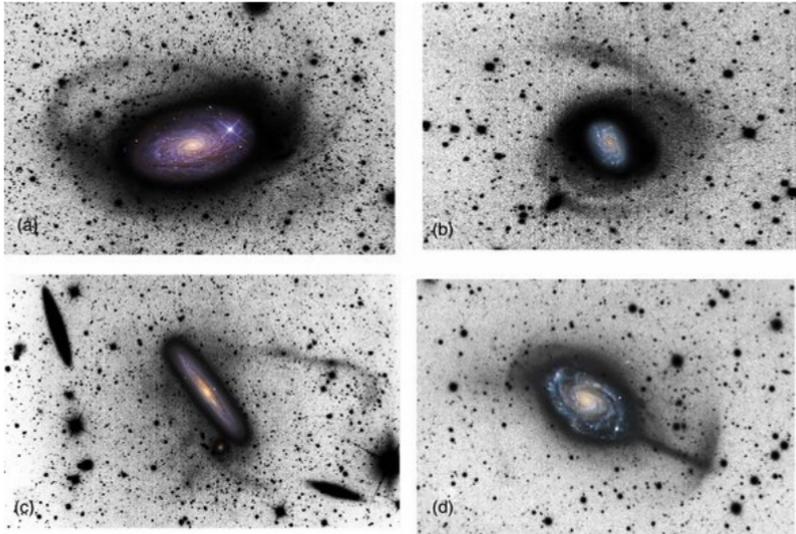


Figura 2: Imágenes muy profundas de galaxias aparentemente clasificadas como espirales en las que se aprecian grandes estructuras de luz difusa en sus zonas externas que demuestran la existencia de episodios de interacción ocurridos en el pasado. En el panel (a) se observa la corriente estelar de efecto de marea alrededor de M 63, en el panel (b) plumas gigantes alrededor de NGC 1085, en el panel (c) algunas de las galaxias satélite de NGC 4216 parecen estar sufriendo procesos de transformación morfológica por los efectos de la interacción con la galaxia principal y en el panel (d) una estructura en forma de paraguas probablemente asociada a fenómenos de marea en NGC 4651. Figura adaptada del trabajo de Martínez-Delgado et al. (2010). Cortesía de la *American Astronomical Society* (AAS).

Pero quizás la primera mención explícita a la existencia de interacciones de galaxias fuera el trabajo del Conde de Rosse publicado en 1850 en el cual observó las nebulosas del catálogo de John Herschel (el hijo de William Herschel) publicado en 1833 usando un telescopio construido por él mismo con un diámetro de 72 pulgadas (1,83 m) en el Castillo de Birr en Irlanda. En esta publicación y refiriéndose a la compañera de la galaxia M 51 y cuyo grabado se reproduce en la figura 3 nos relata: “... *The connection of the companion with the greater nebula, of which there is not the least doubt, and in the way represented in the sketch...*”. Es decir, no solo sus observaciones revelaron en gran detalle la estructura espiral de M 51 sino también la clara conexión con la galaxia compañera.

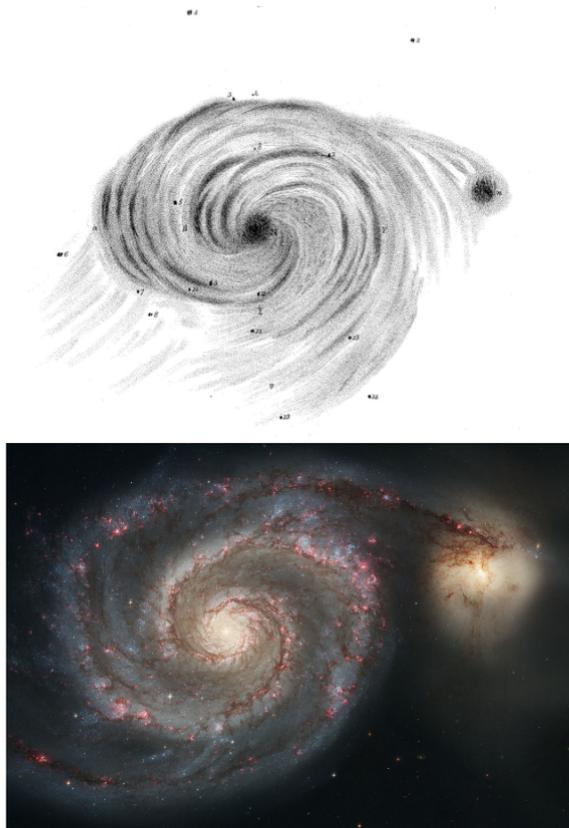


Figura 3: En el panel superior se muestra una adaptación de la ilustración de la galaxia M 51 y su compañera publicada por el Conde de Rosse (1850) y en el panel inferior una imagen moderna del mismo sistema tomada con el telescopio espacial Hubble. Créditos: Imagen superior Rosse (1850, a través de JSTOR) e imagen inferior: NASA, ESA, S. Beckwith-STSci y el *Hubble Heritage Team*.

A principios del siglo XX, en el año 1926, el astrónomo estadounidense Edwin Hubble propuso la clasificación morfológica de galaxias (Hubble 1926) conocida como la Secuencia de Hubble. Ya entonces se hizo aparente que había una pequeña fracción de objetos, aproximadamente un 3%, que no se podía clasificar como galaxias elípticas o galaxias espirales. Estas galaxias se consideraron como irregulares. A finales de los años 20 y durante los años 30 los astrónomos suecos Knut Lundmark y Erik Holmberg empezaron a realizar estudios más detallados y sistemáticos so-

bre galaxias dobles y múltiples en el Universo Local utilizando observaciones obtenidas con placas fotográficas tomadas con diferentes telescopios. Además introdujeron una definición de galaxia doble basada en la separación angular aparente de los sistemas en relación a su tamaño aparente observado. Sin embargo, durante muchos años este tipo de objetos todavía se consideraba como una *rara avis* como nos relata Curtis Struck en su artículo titulado *Galaxy Collisions* (Curtis 1999)<sup>2</sup> por astrónomos tan importantes de la primera mitad del siglo XX como Hubble, Shapley y Baade.

A partir de la segunda mitad del siglo XX los avances en la astronomía extragaláctica observacional fueron imparables gracias a la compilación de grandes catálogos de galaxias y por lo tanto en la identificación de galaxias peculiares. En la entonces Unión Soviética, Boris Vorontsov-Velyaminov y sus colaboradores publicaron el atlas de galaxias en interacción (Vorontsov-Velyaminov 1959, posteriormente ampliado en 1977) y cuyos objetos se conocen por la denominación VV. Casi al mismo tiempo, en 1961, Fritz Zwicky publicó del catálogo de galaxias y cúmulos de galaxias (CGCG por sus siglas en inglés *Catalogue of Galaxies and Clusters of Galaxies*) usando las placas fotográficas tomadas en dos filtros del *Palomar Observatory Sky Survey*. En este catálogo se vio que existía un número significativo de galaxias sufriendo procesos de interacción (Zwicky 1961). Por último, cabe resaltar la publicación de Halton Arp en 1966 del denominado catálogo de galaxias peculiares (Arp 1966), construido también a partir de la inspección detallada de las placas fotográficas de Palomar. Este compendio tuvo tal impacto que hoy en día todavía usamos la nomenclatura para estos sistemas en interacción con su nombre en este catálogo, como el par de galaxias Arp 299 que mostramos en la figura 4.

La disponibilidad de estos grandes catálogos de galaxias en interacción dio lugar también a un gran impulso en el desarrollo de simulaciones numéricas de estos fenómenos con ordenadores. Aunque no el primero, el trabajo de Toomre & Toomre (1972) sentó las bases para estos modelos teóricos y reprodujeron morfologías peculiares como colas de marea, puentes de materia entre las galaxias, etc. En particular, modelaron algunos de los sistemas en interacción más conocidos, como M 51 (figura 3) y el par de galaxias conocido como Las Antenas (figura 10) por la forma que tienen las colas de marea del sistema. Su conclusión más importante es que estas morfologías eran debidas a los efectos en las órbitas de las estrellas de fenómenos de marea que se producen durante las interacciones. Además demostraron que estos fenómenos pueden llevar a la fusión final de las dos galaxias involucradas en el choque y que esto podría también estar relacionado con la formación de las galaxias elípticas que se observan en el Universo Local. Finalmente, dedujeron que la agitación y transporte del gas durante el proceso de interacción daría lugar a la disponibilidad de

---

<sup>2</sup>Este artículo también se puede acceder on-line en:  
<https://ned.ipac.caltech.edu/level5/Struck/frames.html>

combustible que quizás fuese el responsable de la actividad tanto de formación estelar como actividad nuclear que se observa en este tipo de galaxias.

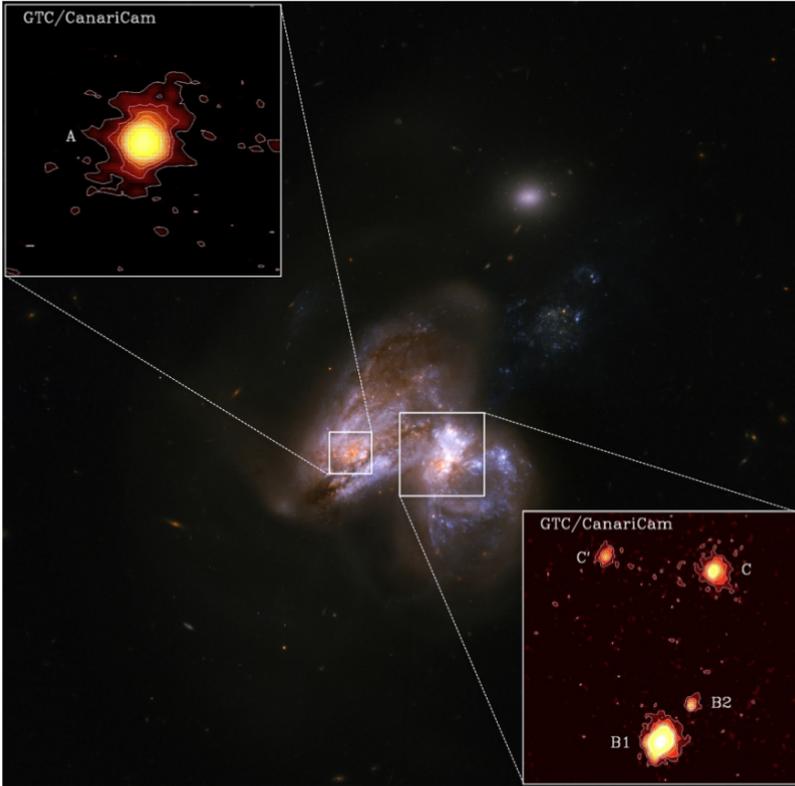


Figura 4: El sistema de galaxias en interacción Arp 299 (también conocido como VV 118), que también está clasificado como LIRG (ver definición en el texto). La imagen está tomada en dos filtros ópticos con el telescopio espacial Hubble. Los colores azulados indican regiones donde están teniendo lugar procesos de formación de nuevas estrellas mientras que los colores rojizos indican la presencia de grandes cantidades de polvo. Las imágenes pequeñas se obtuvieron con el Gran Telescopio CANARIAS (GTC) utilizando el instrumento CanariCam en el infrarrojo medio ( $8,7\mu\text{m}$ ) para buscar emisión de núcleos activos (AGN) en los centros de las dos galaxias (denominados en esta figura como fuentes “A” y “B1”) que forman este sistema (Alonso-Herrero et al. 2013). Créditos de las imágenes: NASA y *Hubble Space Telescope*, y Gran Telescopio Canarias (GTC) y A. Alonso Herrero.

A continuación se describen de manera breve algunos de los fenómenos asociados con las interacciones y fusiones de galaxias así como los avances en el campo teórico para entender estos procesos.

## Episodios de formación estelar intensa

Desde el punto de vista observacional hay numerosas indicaciones de la relación entre interacciones y la presencia de formación estelar activa. El estudio pionero de Larson & Tinsley (1978) demostró que los colores ópticos de galaxias peculiares cuando se comparan con los de galaxias morfológicamente clasificadas como normales se pueden explicar como debidos a episodios recientes (ocurridos en escalas de tiempo de menos de  $2 \cdot 10^7$  años) de formación estelar usando sus propios modelos de síntesis evolutiva de poblaciones estelares. Otro avance fundamental se produjo con el lanzamiento del satélite infrarrojo IRAS en el año 1983, que permitió catalogar un gran número de galaxias que emiten la mayor parte de su energía en los cuatro filtros utilizados a 12, 25, 60 y  $100 \mu\text{m}$ . En particular, las galaxias clasificadas como luminosas y ultraluminosas infrarrojas (LIRGs y ULIRGs, por sus siglas en inglés), con luminosidades en el rango espectral infrarrojo  $8\text{--}1000 \mu\text{m}$   $L_{\text{IR}} = 10^{11}\text{--}10^{12} L_{\odot}$ <sup>3</sup> y  $L_{\text{IR}} > 10^{12} L_{\odot}$ , en el Universo Local están formando una gran cantidad de estrellas. Además una gran mayoría de ellas también contiene un núcleo activo en sus centros. Si se supone que la emisión infrarroja de estos objetos se debe a emisión de polvo calentado por estrellas jóvenes y masivas entonces sus luminosidades infrarrojas se pueden transformar en tasas de formación estelar (SFR, por sus siglas en inglés *star formation rate*). Se obtienen SFR entre 14 y  $140 M_{\odot}$  por año<sup>4</sup> para las LIRGs y entre 140 y  $1400 M_{\odot}$  por año para las ULIRGs. Como referencia nuestra galaxia tiene una SFR estimada de  $1\text{--}2 M_{\odot}$  por año. Otro resultado fundamental es que los sistemas más luminosos con  $L_{\text{IR}} > 3 \cdot 10^{11} L_{\odot}$  están prácticamente en su totalidad asociados con galaxias en interacción y objetos ya fusionados (ver Sanders & Mirabel 1996 para un artículo de revisión sobre las propiedades de este tipo de galaxias y las figuras 1 y 4 para varios ejemplos de LIRGs y ULIRGs). Sin embargo, es importante resaltar que las galaxias clasificadas como LIRG y ULIRG son poco numerosas en el Universo Local aunque su abundancia aumenta de manera significativa para edades más jóvenes del Universo.

En la actualidad se pueden estudiar grandes muestras de galaxias en interacción gracias a los cartografiados astronómicos que se realizan de áreas extensas del cielo y con profundidades mayores, lo que nos permite estudiar estos procesos no solamente en el Universo Local sino también en épocas más tempranas en la vida del Universo. Uno de los proyectos

<sup>3</sup>Una luminosidad solar ( $1 L_{\odot}$ ) equivale a  $3,83 \cdot 10^{26}$  W.

<sup>4</sup>Una masa solar ( $1 M_{\odot}$ ) equivale a  $1,99 \cdot 10^{30}$  kg.

más ambiciosos en la actualidad es el cartografiado denominado *Sloan Digital Sky Survey* o SDSS (<http://www.sdss.org>). Desde 2000 y utilizando un telescopio de 2,5 m de diámetro situado en el Observatorio de Apache Point (Nuevo México, EEUU) SDSS está obteniendo imágenes y espectros ópticos de millones de galaxias. Esto permite seleccionar muestras de galaxias en interacción con diferentes propiedades para realizar estudios estadísticos de los efectos de la interacción.

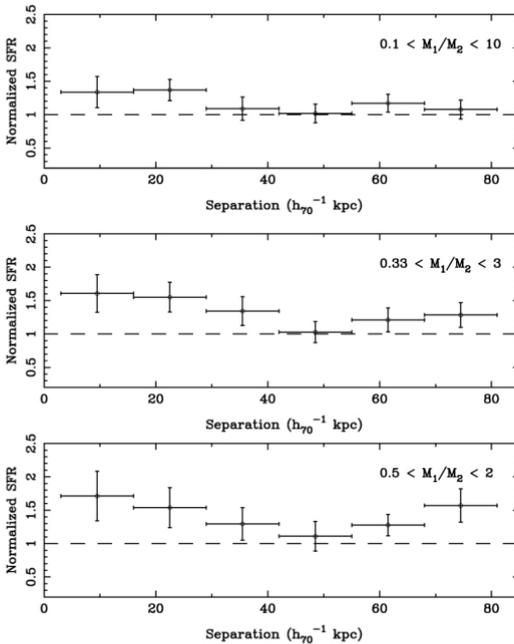


Figura 5: Observaciones de la tasa de formación estelar (SFR) de pares de galaxias en SDSS relativa a la de galaxias aisladas en una muestra de control en función de la separación proyectada de las galaxias. El panel inferior representa casos donde las masas estelares ( $M_1$  y  $M_2$ ) de las galaxias en los pares son similares (dentro de un factor dos) mientras que el panel central son pares de galaxias con diferencias de masas de hasta un factor 3 y el panel inferior son pares de galaxias con diferencias de hasta un factor 10. Las líneas de rayas indican cuando no hay exceso de formación estelar. Para cualquier rango de masas se puede observar que los incrementos mayores en SFR ocurren para separaciones proyectadas entre las galaxias menores que aproximadamente 40  $\text{kpc } h_{70}^{-1}$  (40  $\text{kpc}$  equivalen a 130 000 años luz). Figura adaptada del trabajo de Ellison et al. (2008). Cortesía de la *American Astronomical Society* (AAS).

Usando datos de SDSS, Ellison et al. (2008) demostraron que las tasas de formación estelar de pares de galaxias tienden a ser mayores que las de galaxias aisladas con propiedades similares. Esto se puede ver en la figura 5, donde en el eje Y se representa el exceso de formación estelar en pares de galaxias con respecto a si las galaxias no tuvieran compañeras y en el eje X la separación entre las galaxias. Las SFR de pares de galaxias con separaciones proyectadas menores que unos 40 kpc  $h_{70}^{-1}$  aproximadamente<sup>5</sup> pueden llegar a ser un 70% superiores a las SFR de galaxias aisladas. Además, existe un efecto muy claro con las masas estelares (denotadas  $M_1$  y  $M_2$  en esta figura) de las dos galaxias involucradas en la interacción. Los mayores excesos se ven cuando los pares tienen cocientes de masas próximos a la unidad y van disminuyendo a medida que las masas estelares de las galaxias se hacen más dispares, como se aprecia en la figura 5. Esto confirma de manera cuantitativa la predicción teórica de que las interacciones entre galaxias con masas similares son más eficientes en inducir la formación de generaciones nuevas de estrellas, como veremos más adelante.

En las simulaciones numéricas de interacciones entre galaxias en las que se incluyen efectos hidrodinámicos en el gas se puede modelar además de la evolución de las estrellas también el movimiento del gas hacia los centros de las galaxias (*inflows* por su denominación en inglés) y simular procesos de formación estelar intensos (ver figura 6 para un ejemplo de simulación). Además, si se incluye una receta para la SFR, se puede estudiar su evolución en el tiempo a lo largo del proceso de interacción y fusión de las galaxias así como la dependencia con las masas de las galaxias, las propiedades morfológicas de las galaxias y las trayectorias del encuentro entre las galaxias.

Las simulaciones de Mihos & Hernquist (1996) para fusiones de galaxias fueron unas de las primeras en modelar en detalle el comportamiento del gas. Eran simulaciones de fusiones mayores (normalmente referidas en inglés como *major mergers*), es decir, interacciones entre galaxias masivas y ricas en gas con masas estelares similares (o relación de masas estelares 1:1) que son apropiadas para representar galaxias clasificadas como LIRGs y ULIRGs (como las que se muestran en la figura 1). En ellas utilizaron la ley de Schmidt & Kennicutt para parametrizar la densidad de formación estelar SFRD en función de la densidad del gas  $n_{\text{gas}}$ :

$$SFRD = C n_{\text{gas}}^{1.5} \quad (7)$$

donde  $C$  es una constante.

---

<sup>5</sup>En esta notación  $h_{70}$  significa que las separaciones proyectadas entre las galaxias están escaladas a un valor de la constante de Hubble de  $H_0 = 70 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ .

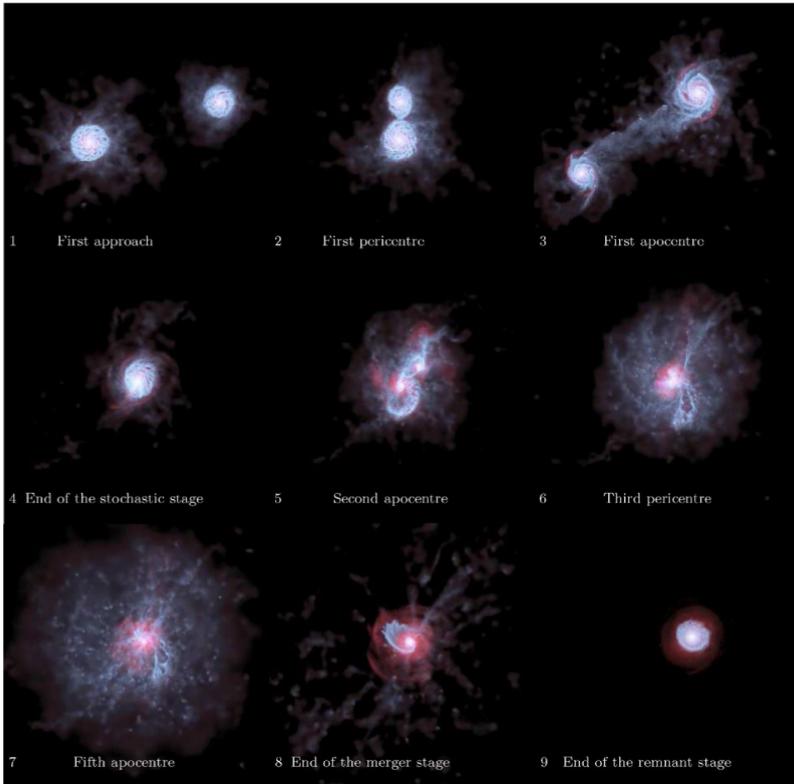


Figura 6: Instantáneas de la simulación de la interacción de dos galaxias con relaciones de masas 2:1 vistas de cara para las estrellas representadas en azul y el gas representado en rojo. Los diferentes paneles representan tiempos en unidades de gigaaños o  $10^9$  años: (1) 0,20 (primera aproximación entre las galaxias), (2) 0,32 (primer periastro, es decir, menor distancia entre las galaxias), (3) 0,55 (primer apoastro, es decir máxima separación entre las galaxias), (5) 0,85 (apocentro de la segunda pasada), (6) 0,92 (tercer periastro), (7) 0,98 (quinto apoastro), (8) 1,1 (final del proceso de fusión), (9) 2 (final del estado de remanente). Los tamaños físicos de las imágenes son 75 x 75 kpc. Figura adaptada del trabajo de Volonteri et al. (2015).

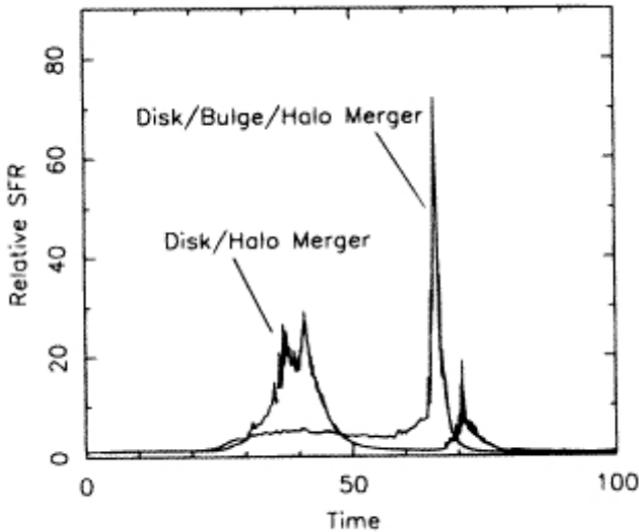


Figura 7: Resultados de las simulaciones numéricas de la interacción de dos galaxias con masas estelares similares (relación de masas 1:1) para la tasas de formación estelar relativa a galaxias aisladas en función del tiempo desde el comienzo de la interacción. Se han representado dos modelos representativos de galaxias con y sin bulbo. Figura adaptada del trabajo de Mihos & Hernquist (1996). Cortesía de la *American Astronomical Society* (AAS).

Como se puede apreciar en los resultados de estas simulaciones en la figura 7, en una interacción con galaxias con relación de masas 1:1 la tasa de formación estelar relativa a la de un disco aislado en función del tiempo desde el comienzo de la interacción tiene picos en diferentes épocas dependiendo de las propiedades estructurales de las galaxias. En ambos casos se observa que la SFR aumenta durante la interacción entre 30 y 70 veces con respecto a un disco aislado y estos picos se mantienen durante intervalos de tiempo de unos 150 millones de años. En el caso de las galaxias sin bulbo la disipación del gas y la generación del brote de formación estelar ocurren en épocas más tempranas cuando los discos de las galaxias todavía no se han fusionado completamente, mientras que en el caso de galaxias con bulbos estos procesos ocurren cuando las galaxias ya se han fusionado (Mihos & Hernquist 1996).

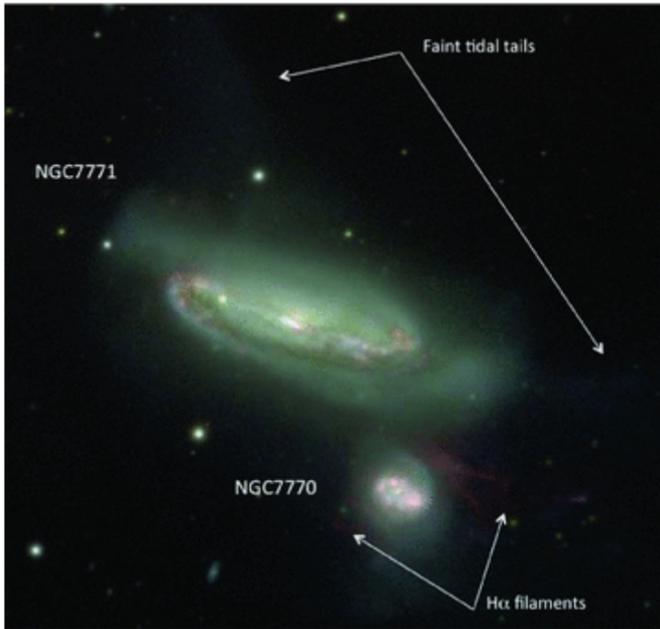


Figura 8: Imagen en colores falsos del sistema de galaxias NGC 7771 + NGC 7770, una interacción menor, tomada con tres filtros ópticos incluyendo un filtro de banda estrecha que cubre la línea de emisión H $\alpha$  (zonas en colores rojizos) que traza gas ionizado por estrellas jóvenes y masivas y que se puede utilizar para obtener las SFR de las galaxias. Se puede apreciar que la formación estelar está ocurriendo en los brazos espirales de las galaxias y en sus centros. También se detectan filamentos de gas en las zonas externas de la galaxia satélite (NGC 7770), gas que probablemente se ha arrancado de las galaxias durante el proceso de interacción, así como colas de marea débiles en la galaxia principal (NGC 7771). Figura adaptada del trabajo de Alonso-Herrero et al. (2012).

Otros parámetros que influyen en los incrementos de las tasas de formación estelar son el tipo de órbitas del encuentro y la dirección relativa de las rotaciones de las galaxias. Además, la relación de masas estelares de las dos galaxias involucradas en el choque es otro parámetro fundamental. Cox et al. (2008) simularon en detalle fusiones menores (denominados en inglés *minor mergers*) considerando relaciones de masas estelares de hasta 1:10. En la figura 8 se muestra la imagen del sistema NGC 7771 (galaxia principal) + NGC 7770 (galaxia satélite) en el que se estima una relación entre las masas estelares de las galaxias de 10:1 (Alonso-Herrero et al.

2012). Los efectos de la interacción se aprecian con mayor facilidad en la galaxia satélite (la de menor masa) en el sistema como se puede deducir a partir de los filamentos de gas ionizado (que emite en la línea óptica  $H\alpha$ ) observados en las zonas externas de NGC 7770 así como las regiones de formación estelar en su disco. Sin embargo, el incremento de SFR total del sistema respecto al que se observaría si las galaxias estuviesen aisladas es solo de un factor dos, aunque el efecto es mucho mayor en la galaxia satélite donde se observa una elevada tasa de formación estelar específica, definida como el cociente entre la SFR y la masa en estrellas, que es mayor que el valor esperado para galaxias con masas estelares similares y sin compañeras.

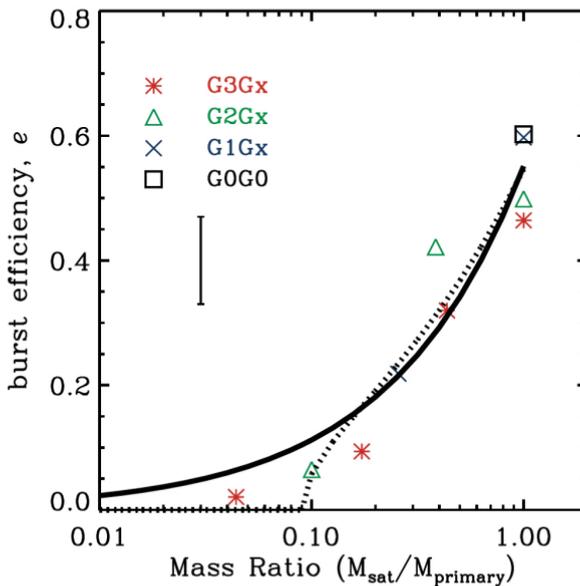


Figura 9: Eficiencia del brote de formación estelar  $e$  (ver definición en el texto) en función del cociente de masas entre la galaxia satélite ( $M_{\text{sat}}$ ) y la galaxia principal ( $M_{\text{primary}}$ ) para simulaciones de interacciones de galaxias. Los símbolos indican diferentes masas iniciales de la galaxia principal en las simulaciones: G3 para  $5 \cdot 10^{10} M_{\odot}$  (asteriscos), G2 con  $1,5 \cdot 10^{10} M_{\odot}$  (triángulos), G1 con  $0,5 \cdot 10^{10} M_{\odot}$  (aspas) y G0 con  $0,1 \cdot 10^{10} M_{\odot}$  (cuadrados). Las curvas indican diferentes ajustes a los puntos representados y la línea vertical es el error estimado en la eficiencia del brote de formación estelar. Como se puede apreciar, cuanto mayor es la diferencia entre las masas de las galaxias principal y satélite, menor es la eficiencia en formar estrellas. Figura adaptada del trabajo de Cox et al. (2008).

En las simulaciones de Cox et al. (2008) se vio efectivamente que las fusiones menores son menos eficientes formando nuevas estrellas que las fusiones mayores y que esta relación depende fundamentalmente del cociente de masas de las galaxias que chocan. El resultado se puede ver en la figura 9 donde se ha definido la eficiencia  $e$  del brote de formación estelar como la cantidad de gas transformado en estrellas durante la interacción frente a la misma cantidad si las galaxias estuviesen aisladas. Se observa que  $e$  depende claramente del cociente de masas de las galaxias y disminuye casi un factor 6 desde interacciones 1:1 (interacción mayor) hasta interacciones menores con relaciones de masas 10:1. También se puede observar que la eficiencia del brote es prácticamente independiente de la masa inicial del progenitor más masivo.

## Formación de cúmulos estelares masivos

El telescopio espacial Hubble ha tenido un papel fundamental en el estudio de los denominados supercúmulos estelares o cúmulos estelares masivos en una gran variedad de objetos como galaxias enanas, irregulares, con brotes intensos de formación estelar, en interacción o fusiones y en LIRGs y ULIRGs. En la figura 10 se muestra una imagen del Hubble de las galaxias en interacción Las Antenas (NGC 4038 + NGC 4039 o Arp 244) donde se puede observar un gran número de estos supercúmulos estelares en la zona de solapamiento de las galaxias así como en los brazos espirales de las galaxias. Los supercúmulos estelares se caracterizan por ser jóvenes o relativamente jóvenes (edades menores que  $10^9$  años), compactos y típicamente con masas estelares de entre  $10^4$  y  $10^6 M_{\odot}$ . Uno de los mayores interrogantes sobre estos supercúmulos estelares es si podrían sobrevivir un tiempo de Hubble (es decir, un tiempo de unos 14 gigaaños, parecido a la edad del Universo) y ser los progenitores de los cúmulos globulares de poblaciones estelares viejas similares a los que se observan en la Vía Láctea.

En la sección anterior se describieron algunos resultados de trabajos que modelan numéricamente interacciones entre galaxias. Estas simulaciones están normalmente restringidas a unas cuantas configuraciones orbitales y diferentes propiedades de las galaxias que interaccionan así como resoluciones angulares de unos cientos de parsecs<sup>6</sup>. No obstante, si se quiere estudiar la formación y evolución de cúmulos estelares durante los procesos de interacción de galaxias, es necesario resolver las escalas de los tamaños físicos de las nubes donde se forman dichos cúmulos, es decir, unos 10 parsec. Por ejemplo, en el trabajo de Renaud et al. (2015) simularon la interacción del sistema de Las Antenas (ver la figura 10)

---

<sup>6</sup>Parsec o pársec (símbolo pc) es una unidad de longitud equivalente a  $3,09 \cdot 10^{16}$  m y a unos 3,26 años luz. Sus múltiplos son el kiloparsec (kpc), el megaparsec (Mpc) y el gigaparsec (Gpc), equivalentes a mil, un millón y mil millones de parsecs, respectivamente.

usando una resolución física de 1,5 pc y además incluyeron efectos de formación estelar y retroalimentación de origen estelar (supernovas, presión de radiación, etc).



Figura 10: Una imagen obtenida con varios filtros ópticos con el telescopio espacial Hubble de las galaxias en interacción NGC 4038 + NGC 4039 (Arp 244) conocidas también como Las Antenas. En este sistema se observa un gran número de supercúmulos estelares jóvenes en los brazos espirales y también en la región de solapamiento entre las dos galaxias donde además hay una gran cantidad de polvo (visto en colores rojizos y bandas oscuras en esta imagen). Crédito: NASA, ESA, y el *Hubble Heritage Team* (STScI/AURA)-ESA/*Hubble Collaboration* y B. Whitmore (Space Telescope Science Institute).

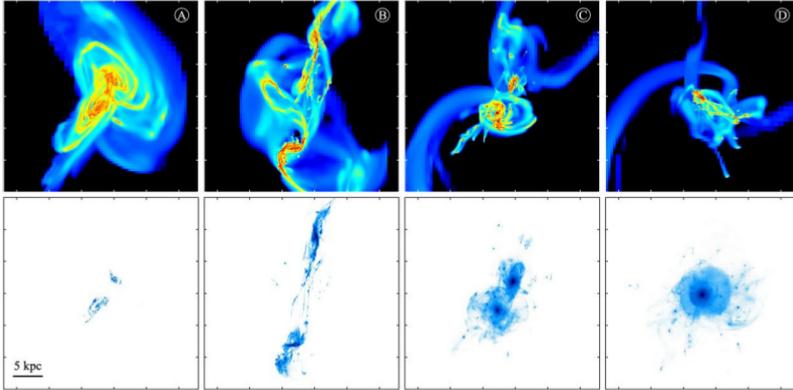


Figura 11: Simulación de la interacción de las galaxias Antenas a lo largo del tiempo. Los paneles superiores representan la densidad superficial de la componente del gas mientras que los inferiores son las estrellas formadas durante la interacción. Se muestran cuatro momentos claves en este proceso para  $t = -6 \cdot 10^6$  años,  $44 \cdot 10^6$  años,  $137 \cdot 10^6$  años y  $192 \cdot 10^6$  años, donde  $t = 0$  corresponde al primer periastro o distancia más corta entre las dos galaxias. Estos mapas revelan las zonas donde se forman los cúmulos estelares y en particular en el puente de marea que conecta las galaxias. Según esta simulación el momento en el que observamos Las Antenas en la actualidad (ver figura 10) corresponde a  $t = 152 \cdot 10^6$  años después del primer periastro. Figura adaptada de Renaud et al. (2015).

En la figura 11 se muestran algunas instantáneas de esta simulación (en el panel superior para la componente del gas y en el inferior para las estrellas formadas) en varios momentos de la interacción. El inicio ( $t = 0$  años) se ha establecido para el primer periastro, es decir, la menor distancia entre las galaxias. Las observaciones de las propiedades de formación estelar situarían a Las Antenas en  $t = 152 \cdot 10^6$  años en esta simulación. Como se puede observar en la figura, la componente gaseosa en el puente de material entre las dos galaxias se fragmenta rápidamente para formar cúmulos estelares. En la figura 12 se muestra la tasa de formación estelar frente al tiempo para la misma simulación de Las Antenas. Como se ha visto en muchos otros estudios (ver por ejemplo la figura 7), los brotes de formación estelar intensos ocurren en los momentos de los periastrós y justo antes de la fusión completa de las dos galaxias. Sin embargo, la tasa de formación de cúmulos estelares es diferente y en el caso de esta simulación la mayor parte de los cúmulos compactos en Las Antenas se han formado justo después de los primeros picos de formación estelar en el primer y segundo periastrós. Aunque, como discuten los autores de este trabajo,

todavía hay procesos físicos que no se han incluido en esta simulación, claramente se demuestra que los procesos de interacción entre galaxias son eficientes en formar cúmulos estelares.

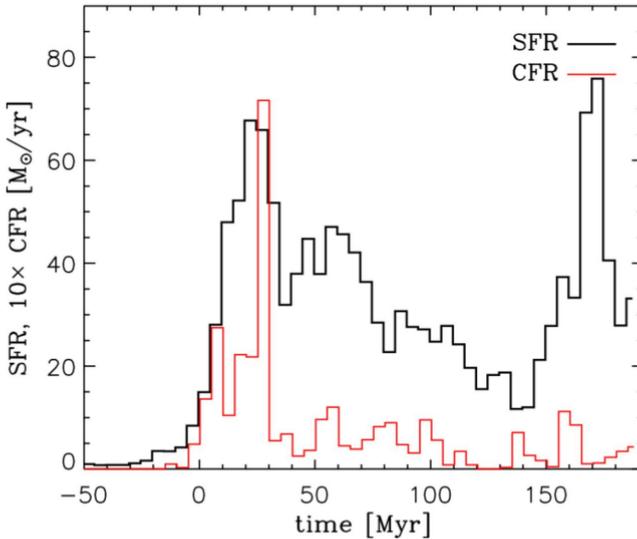


Figura 12: Resultados de las simulaciones del sistema Las Antenas (figura 11) para la tasa de formación en cúmulos estelares (CFR, por sus siglas en inglés *Cluster Formation Rate*) multiplicada  $\times 10$  comparada con la tasa de formación estelar frente al tiempo (en unidades de millones de años). Ambas tasas están cuantificadas en unidades de  $M_{\odot}$  por año. Figura adaptada de Renaud et al. (2015).

## Actividad nuclear (AGN)

En las secciones anteriores se ha mostrado que las interacciones entre galaxias son capaces de canalizar grandes cantidades de gas hacia los centros de las galaxias, comprimirlo y dar lugar a episodios de formación estelar violentos tanto en los discos y centros de las galaxias como en las colas de marea. Si el gas canalizado es además capaz de llegar a la zona de influencia del agujero negro supermasivo (a distancias menores que 1 parsec de él) entonces este gas sería acretado y daría lugar a un episodio de actividad nuclear. Entonces se detectaría como un AGN a través de, por ejemplo, líneas de emisión características, emisión en rayos X intensa e incluso elevadas luminosidades en el infrarrojo. Esto sugiere que tiene que haber una conexión entre los procesos de interacción entre galaxias, brotes de formación estelar y la presencia de actividad nuclear.

En el escenario propuesto por David Sanders y sus colaboradores, las galaxias ULIRG podrían representar una fase importante en la formación de los cúasares (ver Sanders & Mirabel 1996). Estos sistemas son mayormente interacciones/fusiones de galaxias masivas ricas en gas, tienen episodios de formación estelar en sus regiones centrales y algunas de ellas contienen AGN muy luminosos en sus centros. Si uno se fija en AGN locales menos luminosos que los cúasares, también se observa que muchos de ellos presentan en sus regiones centrales (tamaños físicos de unos pocos cientos de parsecs o menores) evidencia de episodios de formación estelar reciente con edades de unas decenas de millones de años. Cuando la relación entre estos fenómenos se estudia en escalas que incluyen toda la galaxia se encuentra que la actividad nuclear se incrementa cuando las poblaciones estelares globales son del orden de unos cientos de millones de años. Todos estos resultados por lo tanto sugieren que efectivamente la formación estelar y los fenómenos AGN están relacionados pero no son necesariamente coetáneos.

En el trabajo de Hopkins (2012) se analizó en detalle la evolución temporal de la tasa de formación estelar y la tasa de acreción de un agujero negro supermasivo (BHAR, por sus siglas en inglés *black hole accretion rate*) utilizando simulaciones numéricas de interacciones entre galaxias ricas en gas y masivas (tipo la Vía Láctea) y relaciones de masas 1:1. La BHAR (en unidades de  $M_{\odot}$  por año) y la luminosidad bolométrica del AGN  $L_{\text{bol}}$  están relacionadas con la siguiente expresión:

$$\text{BHAR} = 0,15 \frac{0,1}{E} \frac{L_{\text{bol}}}{10^{38} \text{W}} \quad (8)$$

donde  $E$  es la eficiencia de conversión de masa a energía.

En la figura 13 se presentan los resultados de una de las simulaciones de Hopkins (2012) de interacciones de galaxias en dos escalas físicas diferentes. En el panel superior se muestra la evolución con el tiempo de la tasa de formación estelar integrada para toda la galaxia y la tasa de acreción del agujero negro en épocas próximas a la fusión completa de las dos galaxias (correspondiente a  $1,1 \cdot 10^9$  años). Ambas cantidades alcanzan sus picos en este momento pero el agujero negro sigue creciendo mientras que la formación estelar se empieza a apagar porque el gas se ha consumido casi en su totalidad. Sin embargo, los agujeros negros no necesitan tanto material para ser alimentados y la galaxia se podría observar como AGN durante otros  $10^8$  años. En el panel inferior se presenta una ampliación de la misma simulación para escalas físicas menores que 20 parsecs alrededor de la época en del pico de acreción de material por el agujero negro. De nuevo se observan estos retrasos dinámicos entre la SFR y la BHAR. Por lo tanto estas simulaciones numéricas son capaces de reproducir algunas de las observaciones mencionadas anteriormente.

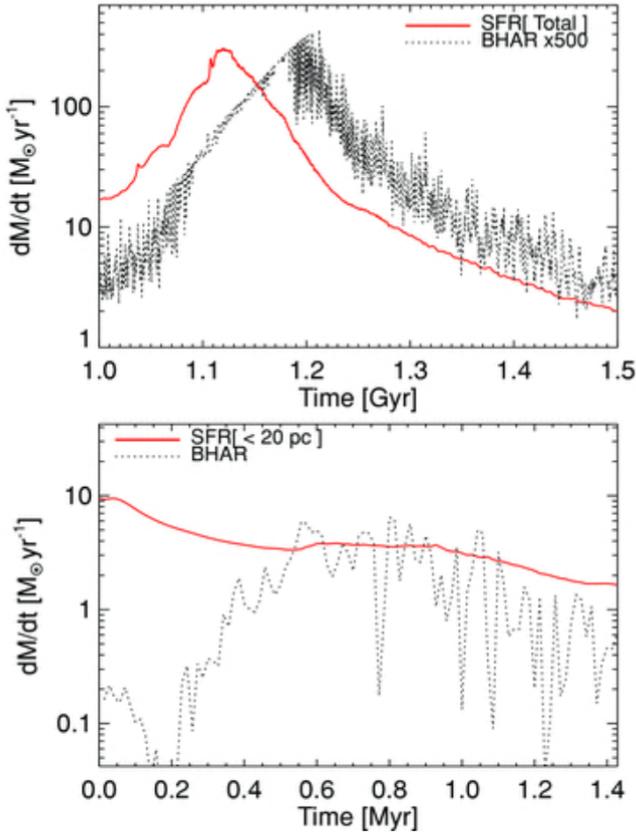


Figura 13: Evolución temporal de la tasa de formación estelar (SFR) y la tasa de acreción del agujero negro (BHAR), ambas en unidades de  $M_{\odot}$  por año, para un simulación de interacción. El panel superior es para la SFR integrada a toda la galaxia y en la época donde ocurren los máximos de SFR y BHAR. Para facilitar la comparación la BHAR está multiplicada por un factor 500. En el panel inferior se hace una reducción en el intervalo de tiempo y a escalas físicas menores que 20 pc para medir la tasa de formación estelar. Figura adaptada del trabajo de Hopkins (2012).

En general la mayoría de los trabajos observacionales que han estudiado la presencia de AGN en pares de galaxias han encontrado una correlación positiva. Ellison et al. (2011) realizó un estudio estadístico usando datos de SDSS para una muestra de pares de galaxias y otra de control de galaxias aisladas. Se vio que efectivamente hay un exceso de AGN en las

galaxias que están interactuando. En el panel superior de la figura 14 se representa la fracción de AGN para las muestras de galaxias en pares frente a la distancia proyectada de las galaxias y se compara con la muestra de control de galaxias sin compañeras. Para identificar los AGN se utilizaron cocientes de líneas de emisión ópticas y también se incluyeron como una

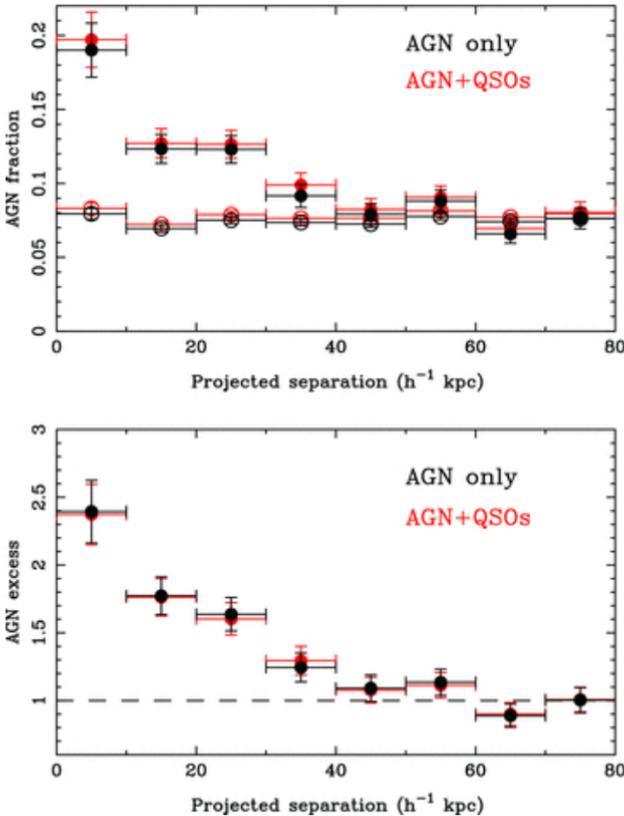


Figura 14: Presencia de AGN en pares de galaxias seleccionados en SDSS en función de la separación proyectada de las galaxias. El panel superior representa la fracción observada de AGN. Los símbolos rellenos son galaxias en pares y los símbolos sin rellenas son galaxias sin compañeras en la muestra de control. Los AGN identificados por sus cocientes de líneas de emisión se representan en negro y cuando incluyen además los cuásares en rojo. El panel inferior muestra el exceso de AGN en pares de galaxias con respecto a galaxias sin compañeras. La línea de rayas indica cuando no hay exceso. Figura adaptada del trabajo de Ellison et al. (2011).

clase separada los objetos en SDSS clasificados como cúasares<sup>7</sup>. Esta comparación muestra que la fracción de pares de galaxias que contiene un AGN se incrementa a medida que disminuye la distancia proyectada entre las dos galaxias a partir de distancias menores que  $40 h_{70}^{-1}$  kpc. Por el contrario, en las galaxias sin compañeras la fracción de AGN es siempre menor que el 10%. Nótese que la muestra de galaxias de control tiene propiedades similares a los pares de galaxias con la distancia proyectada que se representa en esta figura. En el panel inferior de la figura 14 se representa el cociente de fracción de AGN en pares relativo a la muestra de control, es decir, representa el exceso de AGN. En los pares de galaxias más próximos ( $r < 10 h_{70}^{-1}$  kpc) los AGN son aproximadamente un factor 2,5 más comunes que en pares con mayores separaciones entre las galaxias, siempre comparando con galaxias aisladas.

Ellison et al. (2011) también demostraron que hay una pequeña dependencia en la fracción de AGN en pares de galaxias próximos con la relación de masas estelares en el sentido de mayores excesos en pares de galaxias con relaciones de masa 1:1 mientras que en pares de galaxias con masas estelares diferentes hay muy poco exceso de AGN con respecto a la muestra de control de galaxias sin compañeras. Si los episodios de formación estelar y la presencia de AGN están relacionados en los procesos de interacción de galaxias entonces el pequeño exceso de AGN en interacciones menores también concuerda con las predicciones de excesos similares en la SFR (figura 9).

## Formación de galaxias elípticas

Acabamos este artículo de forma muy breve con uno de los aspectos más controvertidos y todavía no resueltos sobre el origen de las galaxias elípticas y de tipos tempranos en general (como, por ejemplo, las galaxias lenticulares). Se ha postulado que son el producto final de la interacción entre dos galaxias espirales masivas, ricas en gas y con masas similares. Esta hipótesis fue planteada por primera vez por Toomre (1977) basándose en los resultados de sus simulaciones numéricas. Como se mencionó en la introducción de este artículo, este escenario para la formación de galaxias elípticas es una de las predicciones del modelo jerárquico.

Una manera de trazar la historia de fusiones previas de las galaxias de tipos tempranos del Universo Local es buscar características morfológicas en forma de capas concéntricas o conchas alrededor de las galaxias, plumas, colas de marea y corrientes estelares. Estas reliquias de colisiones pasadas se piensa que puedan sobrevivir desde unos cientos de millones de años hasta unos pocos gigaaños. Para detectarlas es necesario tomar

<sup>7</sup>Los cúasares con datos espectroscópicos en el cartografiado de SDSS se definieron de la manera clásica usando un criterio de magnitud absoluta en el óptico  $M_i < -22$  magnitudes.

imágenes superprofundas como las que se muestran en la figura 15 (y también en la figura 2 para galaxias espirales).



Figura 15: Colección de imágenes profundas tomadas en el óptico de galaxias elípticas del trabajo Atlas3D donde se puede ver que todas ellas muestran claros signos de colisiones recientes. Créditos: *Canada-French-Hawaii Telescope (CFHT), CEA y P.-A. Duc.*

Duc et al. (2015) en un estudio muy reciente han obtenido imágenes muy profundas de casi un centenar de galaxias de tipos tempranos en el Universo Local y han detectado estas peculiaridades de bajo brillo superficial asociadas con fusiones pasadas en una gran mayoría de ellas y que no habían sido detectadas con anterioridad, por ejemplo por el cartografiado SDSS. No obstante, aproximadamente una tercera parte de estas galaxias, incluso en estas imágenes superprofundas, siguen apareciendo con una morfología regular y son por lo tanto un reto para este escenario jerárquico de formación de galaxias muy masivas.

En conclusión, las interacciones entre galaxias son capaces de generar episodios de intensa formación estelar y actividad nuclear, así como formar cúmulos estelares masivos e incluso galaxias elípticas. No obstante, es importante hacer notar dos aspectos sobre el papel de las fusiones en la formación y evolución de galaxias. En primer lugar, no explican todas las observaciones de galaxias en el Universo Local, por ejemplo algunos tipos de galaxias elípticas. Además, en el Universo joven hay evidencia de procesos anti jerárquicos debidos a fenómenos extremos de retroalimentación. El segundo aspecto es que la interacción entre galaxias

no es el único mecanismo que da lugar a episodios de formación estelar y AGN. Otros mecanismos como los procesos seculares (por ejemplo, la presencia de una barra en la galaxia), retroalimentación positiva o la acreción de filamentos cósmicos pueden ser igual de eficientes en generar estos procesos.

## Referencias

- Alonso-Herrero, A., et al., 2013, "Uncovering the Deeply Embedded Active Galactic Nucleus Activity in the Nuclear Regions of the Interacting Galaxy Arp 299", *Astrophysical Journal*, núm. 779, págs. L14 (5 páginas).
- Alonso-Herrero, A., et al., 2012, "The NGC 7771+NGC 7770 minor merger: harassing the little one?", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, núm. 425, págs. L45-L50.
- Arp H., 1966, "Atlas of Peculiar Galaxies", *Astrophysical Journal Supplement Series*, núm. 14, págs. 1-77.
- Cox, T. J., et al., 2008, "The effect of galaxy mass ratio on merger-driven starbursts", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, núm. 384, págs. 386-409.
- Curtis, S., 1999, "Galaxy Collisions", *Physics Reports*, núm. 321, págs. 1-137.
- Duc, P.-A., et al., 2015, "The ATLAS3D project – XXIX. The new look of early-type galaxies and surrounding fields disclosed by extremely deep optical images", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, núm. 446, págs., 120-143.
- Ellison, S., et al. 2008, "Galaxy Pairs in the Sloan Digital Sky Survey. I. Star Formation, Active Galactic Nucleus Fraction, and the Mass-Metallicity Relation", *Astronomical Journal*, núm. 135, págs. 1877-1899.
- Ellison, S., et al. 2011, "Galaxy pairs in the Sloan Digital Sky Survey - IV. Interactions trigger active galactic nuclei", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, núm. 418, págs. 2043-2053.
- García Burillo, S., 2016, "¿Cuál es del destino de la Vía Láctea?", *Anuario del Real Observatorio*, núm. 1, págs. 419-435.
- Herschel, W., 1811, "Astronomical Observations Relating to the Construction of the Heavens, Arranged for the Purpose of a Critical Examination, the Result of Which Appears to Throw Some New Light

- upon the Organization of the Celestial Bodies", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, núm. 101, págs. 269-336.
- Hopkins, P. F., 2012, "Dynamical delays between starburst and AGN activity in galaxy nuclei", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, núm. 420, págs. L8-L12.
- Hubble, E. P., 1926, "Extragalactic Nebulae", *Astrophysical Journal*, núm. 64, págs. 321-369.
- Larson, R. B. & Tinsley B. M., 1978, "Star Formation Rates in normal and peculiar galaxies", *Astrophysical Journal*, núm. 219, págs. 46-59.
- Martínez-Delgado, D., et al., 2010, "Stellar tidal streams in spiral galaxies of the local volume: A pilot study with modest aperture telescopes", *Astronomical Journal*, núm. 140, págs. 962-967.
- Mihos, J. C., & Hernquist, L., 1996, "Gasdynamics and starbursts in major mergers", *Astrophysical Journal*, núm. 464, págs. 641-663.
- Renaud, F., et al., 2015, "A parsec-resolution simulation of the Antennae galaxies: formation of star clusters during the merger", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, núm. 446, págs. 2038-2054.
- Rosse, Earl of, 1850, "Observations of the Nebulae", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, núm. 140, págs. 499-514.
- Sanders, D. & Mirabel, F. I., 1996, "Luminous Infrared Galaxies", *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, núm. 34, págs. 749-792.
- Schmidt, M., 1963, "3C273: A star-like object with large red-shift", *Nature*, núm. 197, pág. 1040.
- Toomre, A., & Toomre, J., 1972, "Galactic Bridges and Tails", *Astrophysical Journal*, núm. 178, págs. 623-666.
- Toomre, A., 1977, "Mergers and Some Consequences", en *Evolution of Galaxies and Stellar Populations, Proceedings of a Conference at Yale University, May 19-21, 1977*. Edited by Beatrice M. Tinsley and Richard B. Larson. New Haven: Yale University Observatory, págs. 401-426.
- Volonteri, M., et al., 2015, "Growing black holes and galaxies: black hole accretion versus star formation rate", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, núm. 449, págs. 1470-1485.

- Vorontsov-Velyaminov, B.A., 1959, "Atlas and Catalogue of interacting galaxies, Part 1." Moscow University, Moscow: SAI. OCLC 657642954.
- Vorontsov-Velyaminov B.A., 1977, "Atlas of interacting galaxies, part II and the concept of fragmentation of galaxies", *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, núm. 28, págs. 1-116.
- Zwicky, F. 1961, "Catalogue of Galaxies and Clusters of Galaxies", California Institute of Technology, Pasadena.

# Discos circunestelares: la cuna de los planetas

**Tomás Alonso Albi**

*Observatorio Astronómico Nacional  
Instituto Geográfico Nacional - Ministerio de Fomento*

## Abstract

From our own perspective the Universe is so big and old that we cannot realize most of the interconnected processes that led to the formation of the Earth. These events are still taking place all over the galaxy, but until recently we did not have the right tools to disentangle them. This paper is a summary of our current understanding of the star formation process, with special attention to the first direct observations of circumstellar disks in which planets are born.

## Introducción

A principios del siglo XX Ernest Rutherford descubrió que los átomos radiactivos de algunos elementos muy pesados son inestables y se transmutan en otros elementos químicos, de manera que tras un cierto tiempo, que llamó vida media, la mitad de los átomos radiactivos presentes cuando se formó una roca se han transformado en otro elemento más estable. Inmediatamente Bertram Boltwood utilizó este descubrimiento como herramienta para datar las rocas más antiguas que pudo encontrar en la Tierra. Para ello se sirvió de la desintegración del uranio-235 y 238 en plomo, un proceso que tiene una vida media enorme (700 millones de años para el  $^{235}\text{U}$  y 4500 para el  $^{238}\text{U}$ ), publicando en 1907 el primer trabajo en el que se demuestra que existen rocas de más de 2000 millones de años de edad. Posteriormente estos trabajos se extendieron a más muestras (incluyendo meteoritos) que permitieron establecer una edad definitiva para

nuestro planeta, coincidente con la del resto de cuerpos de nuestro Sistema Solar<sup>1</sup>.

Así es como sabemos que el origen del Sistema Solar se remonta, sorprendentemente, a unos 4600 millones de años en el pasado. Ante tal magnitud es natural que uno de los grandes objetivos de la astrofísica moderna sea explicar el origen del Sol y los planetas. Al igual que sucede en otros campos de la astrofísica desgranar este proceso equivale a resolver un complicado puzle en el que intervienen muchos fenómenos diversos. Cada astro o fuente ha seguido una evolución particular dependiendo de las propiedades a menudo cambiantes de su entorno, de manera que cuando la observamos es como si en una película viéramos sólo un fotograma aleatorio y difuminado e intentáramos a partir de él deducir todo el argumento. Es evidente que resulta preciso estudiar muchas fuentes en distintas fases evolutivas para obtener conclusiones válidas sobre cada una en particular, que luego puedan extrapolarse y generalizarse a todas las estrellas. Es un reto complicado que sólo ha sido posible asumir tras el desarrollo de nuevas generaciones de telescopios cada vez más potentes, que nos han permitido observar con mayor detalle las regiones de formación estelar. Las estrellas y planetas no se pueden crear en un laboratorio, así que en la astronomía todo cuanto podemos hacer es observarlas.

Quando miramos el cielo nocturno lejos de una ciudad podemos contar a ojo varios miles de estrellas. Todas se formaron hace entre decenas y miles de millones de años a partir del colapso gravitatorio de gigantesas nubes compuestas de gas (principalmente hidrógeno y helio) y algo de polvo (1% en masa). Las estrellas suelen formarse en grupos de decenas o cientos que se mantienen inicialmente unidas por la gravedad. Según nacen, las partículas que emiten las estrellas (electrones y protones principalmente, que en la Tierra generan las famosas auroras) forman un intenso viento que tiende a arrastrar el gas y dispersar la nube. De hecho, el 90% de la masa contenida en las nubes es dispersada y no forma nuevas estrellas, y esta gran pérdida de masa impide que las nuevas estrellas puedan mantenerse unidas con su mutua gravedad por mucho tiempo. Las estrellas tienden a separarse lentamente mientras la nube progenitora se dispersa completamente, de manera que el resultado final de esta película de más de 100 millones de años es lo que observamos: muchas estrellas aisladas en el cielo. Pero incluso a simple vista aún podemos retroceder en el tiempo y observar algunas regiones de formación estelar, principalmente durante el verano. La Vía Láctea se aprecia como una débil banda que recorre el cielo, formada por un gran número de estrellas muy débiles como para apreciarlas a simple vista. Sobre ella se localizan estas nubes de gas y polvo, algunas de ellas visibles al ojo como pequeñas condensaciones que brillan débilmente

---

<sup>1</sup> Un pequeño resumen de las rocas más antiguas encontradas en diferentes partes del mundo puede encontrarse, en inglés, en la dirección <http://pubs.usgs.gov/gip/geotime/age.html>.

gracias a las estrellas jóvenes que se han formado en ella y la iluminan. Su luz es roja porque el gas emite en la línea de recombinación del hidrógeno (el elemento más abundante) ionizado, principalmente  $H\alpha$ , una transición cuya energía corresponde a este color. La coloración azulada se debe habitualmente, en cambio, a la reflexión de la luz de estrellas jóvenes en el polvo interestelar, lo que suele observarse claramente en los cúmulos estelares. Sin embargo, la mayoría de las nubes de gas y polvo son opacas y oscuras, y destacan sobre la Vía Láctea como regiones llamativamente vacías de estrellas.



Figura 1: A la izquierda se presenta una fotografía de la Vía Láctea durante el mes de agosto (se aprecia una estrella fugaz de las Perseidas). En la parte inferior, junto al árbol, se observa una pequeña nube rojiza sobre la Vía Láctea. La imagen superior derecha presenta una ampliación de esta región similar a la que se obtendría con unos prismáticos. Se observan dos nebulosas en su parte inferior, y varios cúmulos estelares cerca del borde superior. La imagen inferior derecha muestra una ampliación de la nube rojiza más brillante, conocida como la nebulosa de la Laguna o M 8, y situada a unos 5000 años luz de distancia. En ella el gas está formando estrellas, y en su centro se aprecia un cúmulo estelar joven (Cortesía del autor).

## De las nubes moleculares a las protoestrellas

Las nubes moleculares gigantes tienen tamaños típicos de 100 años luz, y masas de decenas de miles de veces la masa del Sol. A pesar de ocupar sólo el 1% del espacio interestelar dentro de las galaxias, estas nubes contienen la mitad de su masa de gas (sin considerar estrellas ni planetas), así que a gran escala son los objetos más densos. Aún así son muy difusos, con densidades típicas de  $10^3$  moléculas por centímetro cúbico, parecidas al vacío que se puede conseguir en los mejores laboratorios terrestres.

Estas nubes se encuentran en un estado de equilibrio en el que los movimientos aleatorios de las moléculas, que tienden a dispersar la nube, se ven compensados por la atracción gravitatoria del gas, que tiende a concentrarlo. Este equilibrio es un tanto precario, pues hay varios efectos que contribuyen al movimiento del gas compitiendo simultáneamente. Uno de ellos es la temperatura, consecuencia de la inyección de energía por radiación desde el medio interestelar circundante. La temperatura típica en las nubes moleculares es extremadamente fría ( $250^\circ$  bajo cero), así que estos movimientos térmicos son pequeños. Otro factor son los campos magnéticos generados por las partículas cargadas eléctricamente (electrones y átomos ionizados) del medio interestelar, partículas que también son consecuencia de la radiación y el viento de otras estrellas. Los valores habituales son de  $10 \mu\text{G}$ , extremadamente bajos también, pero el efecto que tiene sobre las partículas cargadas del interior de la nube contribuye a sustentarla frente al colapso gravitatorio. Esta inyección de energía es el origen de las diferencias en la distribución de la temperatura y densidad en las diferentes poblaciones de partículas y moléculas dentro de la nube, las cuales tienden a sumarse con el tiempo a medida que su movimiento se vuelve, puntualmente, más rápido, caótico, y turbulento.

Las turbulencias, si no son muy grandes, tienden a mantener la nube estable a gran escala al estimular el movimiento aleatorio del gas. Pero también pueden retroalimentarse y generar ondas de choque que comprimen el gas y alteran su distribución puntualmente, generando regiones más densas donde la gravedad es mayor. Estamos hablando de fuerzas muy débiles actuando a lo largo de una nube enorme, de manera que este proceso lleva miles de años y aún hoy es difícil de entender o modelizar por ordenador. Si en una zona de la nube la masa (y por tanto la gravedad) supera un valor crítico el colapso gravitatorio para formar estrellas es inevitable. Cuando se hace un formalismo simplificado que no incluye el efecto de la turbulencia la masa crítica se denomina masa de Jeans (James Jeans, 1902). Su resultado para una nube de hidrógeno atómico<sup>2</sup> es  $M_J \sim 10^{-8} \sqrt{T^3/\rho}$ , donde  $T$  es la temperatura del gas (K),  $\rho$  la densidad ( $\text{kg m}^{-3}$ ), y  $M_J$  la masa de Jeans resultante en masas solares.

<sup>2</sup>La derivación clásica de la masa de Jeans puede consultarse, en inglés, en la dirección <http://burro.astr.cwru.edu/Academics/Astr221/LifeCycle/jeans.html>

El colapso gravitatorio de la nube es inicialmente isoterma, y en estas condiciones la masa de Jeans disminuye a medida que aumenta la densidad. En consecuencia, el colapso de la nube viene seguido de una fragmentación sucesiva de la misma en núcleos que colapsan individualmente. Según el tamaño de la nube y su turbulencia se puede formar un cúmulo con centenares de estrellas parecidas al Sol, o sólo unas decenas de mayor masa. En el segundo caso la fragmentación suele alcanzar hasta el nivel de los núcleos, y en vez de objetos individuales se forman sistemas dobles con dos estrellas orbitando una alrededor de la otra, o incluso algunos sistemas múltiples. La formación estelar es, por tanto, un proceso local dentro de la nube un tanto aleatorio o estocástico, si bien algunas propiedades de las estrellas recién formadas están ligadas a las propiedades de la nube original, al menos cuando se hace un estudio estadístico.

Cada uno de los núcleos menores en colapso se denominan núcleos preestelares, y consisten en un núcleo denso rodeado de una envoltura. Debido a la creciente opacidad a partir de cierto punto la energía gravitatoria liberada por la contracción del núcleo no puede escapar en forma de radiación, de manera que la contracción ya no es isoterma, sino que conlleva un incremento progresivo de la temperatura del núcleo. El núcleo se contrae lentamente reduciendo su tamaño e incrementando su temperatura, y este cambio se traslada a la envoltura. La evolución de estas condiciones físicas conlleva también una evolución química, dado que los cambios de temperatura, densidad e intensidad del campo de radiación favorecen la formación de unas moléculas y la destrucción de otras. Aunque poco abundantes en masa en relación con el gas, los granos de polvo juegan un papel muy relevante en la química al interactuar con el gas, atrapándolo en el manto de hielo de los granos y sirviendo de refugio para generar nuevos productos en las reacciones químicas, los cuales luego pueden liberarse cuando el manto de hielo de los granos se evapora en fases posteriores de evolución del núcleo. Por tanto, el estudio de la química en estas regiones permite deducir tanto las condiciones físicas a las que está sometido el gas como las propiedades de los granos de polvo, y es una herramienta fundamental para comprender la evolución de estos objetos.

El aumento de densidad y temperatura del núcleo termina por disociar los átomos de las moléculas, principalmente hidrógeno ( $H_2$ ), en núcleos individuales de hidrógeno atómico (H). La disociación aumenta el número de partículas y por ello reduce la energía transportada por cada una. Se puede entender como una forma de enfriamiento del gas que permite que la gravedad se imponga brevemente al movimiento aleatorio de las partículas. Al vencer la gravedad el núcleo se contrae, lo que a su vez aumenta la temperatura y energía de las partículas, y cuyo número, al ser ahora algo mayor, genera una mayor presión térmica que equilibra la gravedad y devuelve la situación de semi-equilibrio. Cuando todas las moléculas están disociadas en el núcleo preestelar éste pasa a denominarse protoestrella.



Figura 2: Las fotografías de campo amplio y muy larga exposición, como ésta de la región de Sagitario y el Escorpión, muestran el complejo intrincado de nebulosas, tanto brillantes como oscuras, en el que la distribución o morfología del gas parece retorcerse bajo los efectos de la turbulencia. Las estrellas se forman a escalas espaciales mucho menores, donde el efecto de la turbulencia es aún más caótico. La nebulosa de la Laguna aparece a la izquierda, en el centro las nebulosas oscuras de la Serpiente y la Pipa, y a la derecha el complejo de  $\rho$  Ophiuchi (Cortesía de Stéphane Guisard, ESO).

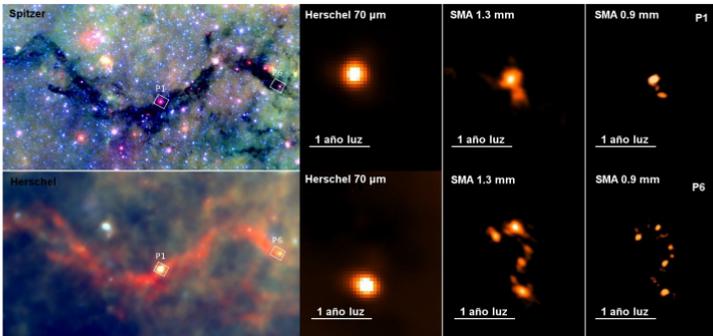


Figura 3: La imagen de la nebulosa de la Serpiente en el infrarrojo cercano (Spitzer) es sensible al polvo más caliente que la nebulosa, que aparece oscura. En el infrarrojo lejano (Herschel) el polvo frío de la nebulosa aparece brillando. Las regiones P1 y P6 observadas en longitudes de onda más largas con el interferómetro SMA (los dos paneles de la derecha) muestran la presencia de núcleos preestelares en colapso, invisibles en el infrarrojo (Cortesía de ESO y CfA).

## De las protoestrellas a las estrellas

Existe un principio en física llamado conservación del momento angular, como consecuencia del cual la velocidad de giro aumenta cuando el radio disminuye, igual que un patinador gira más rápido cuando junta los brazos al cuerpo. El gas de la envoltura cae al núcleo aumentando su velocidad de giro, y como consecuencia de ello se distribuye formando un disco circunestelar con una forma peculiar llamada disco “acampanado”, o *flared* en su acepción inglesa. Visto de perfil, la altura del disco aumenta según nos alejamos del núcleo, parecido a lo que ocurre cuando giramos rápido con una cuchara el líquido contenido en el interior de un vaso. La forma tan peculiar de este disco sólo es posible en las fases iniciales de formación de una protoestrella, cuando la envoltura es masiva y el ritmo de caída de masa al interior es alto. Las partículas del disco interactúan y colisionan entre sí, de manera que unas ganan momento angular y se desplazan hacia el exterior del disco, y otras lo pierden y caen al interior. El disco no sólo permite el flujo o acreción de masa desde la envoltura a la protoestrella, sino que al mismo tiempo libera el exceso de momento angular generado por este proceso, llevando este exceso de energía de rotación a la región exterior del disco, la cual queda más ensanchada. En nuestro Sistema Solar el 99,8% de la masa se encuentra en el Sol, pero el 98% del momento angular lo han retenido los planetas que se formaron en el disco.

La acreción de masa hacia la protoestrella a través de la región interna del disco circunestelar genera un espectacular fenómeno llamado flujos bipolares. La mayor parte del material que cae a la protoestrella lo hace en forma de partículas ionizadas que son expulsadas violentamente en dirección perpendicular al disco a lo largo de las líneas del campo magnético de la protoestrella. Los flujos bipolares alcanzan velocidades de cientos de km/s y pueden expulsar el material a varios años luz de distancia, convirtiéndolos a menudo en las mayores evidencias de formación estelar en una nube molecular. Esta eyección de material libera el exceso de momento angular en torno a la protoestrella y permite que ésta acrete más masa sin que su velocidad de rotación aumente hasta terminar por destruirla.

Recordemos que la protoestrella tiende a contraerse a medida que aumenta su masa y gravedad, y esta contracción lleva consigo un calentamiento que aumenta la presión interna del núcleo y lo equilibra con la gravedad. La protoestrella atraviesa por tanto sucesivas etapas de equilibrio dentro de un proceso general de contracción en el que su tamaño se reduce y su temperatura aumenta. Eventualmente la temperatura del núcleo interno alcanza un valor de un millón de grados, suficiente para la fusión del deuterio en helio-3. Esta reacción libera mucha energía, de manera que la presión térmica vence a la gravedad y las capas externas de la

protoestrella se expanden de tamaño hasta alcanzar una nueva situación de equilibrio con la gravedad. La reacción nuclear del deuterio, previa a la del hidrógeno y mucho menos energética que ésta, actúa como un termostato que permite que la protoestrella siga acretando más material y entre en una nueva fase de contracción.

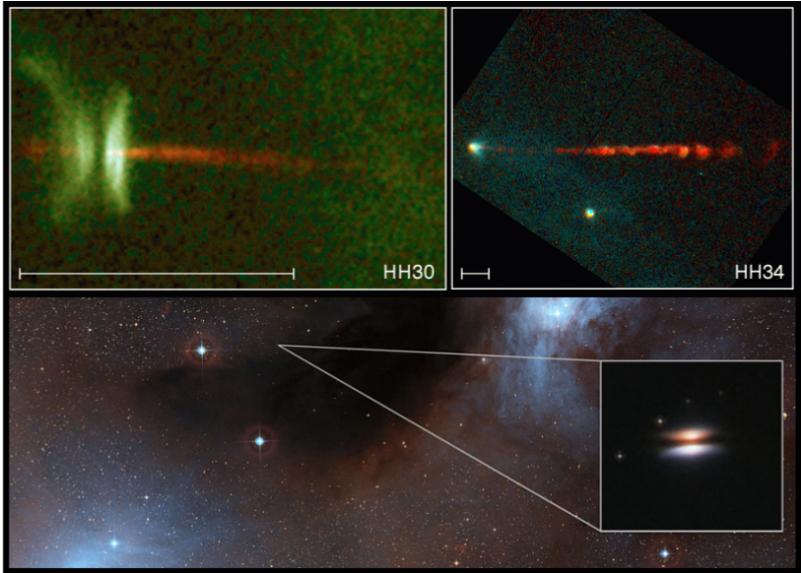


Figura 4: Arriba: imágenes de diversos objetos Herbig-Haro (HH), que surgen del choque del material expulsado en los flujos bipolares con el gas de la nube principal. La fuente del chorro de HH 30 muestra claramente el disco acampanado, opaco y casi de perfil. Abajo: disco apodado “platillo volante” en torno a la protoestrella 2MASS J16281370-2431391, situada a 400 años luz en el complejo de  $\rho$  Ophiuchi. Las imágenes proceden del telescopio espacial Hubble. El polvo presente en el disco impide la visión directa de la protoestrella (Cortesía de NASA/ESA/STScI y ESO).

Durante la fase de eyección de flujos bipolares la envoltura es progresivamente dispersada, en parte porque se agota el material presente en ella (sin cuya caída los flujos bipolares cesan), y en parte por la erosión provocada por los propios flujos bipolares de la protoestrella o de otras vecinas. La acreción se frena, el exceso de momento angular también, y el disco circunestelar pasa a una fase más estable con un perfil plano y fino. La protoestrella, por su parte, prosigue con su contracción, pues aunque no haya un ritmo alto de acreción de masa el deuterio, escaso frente al

hidrógeno, tiende a consumirse. A medida que las reacciones de fusión del deuterio disminuyen en su intensidad, la presión térmica del núcleo no puede sostener a la protoestrella frente a la gravedad. Aunque los detalles dependen mucho de la masa de la protoestrella, el resultado final es que la contracción de la protoestrella es tal que la temperatura del núcleo alcanza valores suficientemente altos (más de 20 millones de grados) como para generar reacciones nucleares de fusión del hidrógeno en helio. En este momento es cuando empezamos a llamar a estos objetos verdaderas estrellas, con una temperatura superficial suficientemente alta como para mostrar una emisión intensa en el espectro visible. Esto significa que se hacen visibles al ojo, aunque sólo las podemos observar con telescopios ópticos si la envoltura ha sido suficientemente dispersada.



Figura 5: Detalle de una región de la nebulosa de Carina. En la parte superior derecha se aprecian claramente los flujos bipolares de dos protoestrellas. Las estrellas recién formadas dispersan el gas y dejan al descubierto penachos o pilares que corresponden a regiones densas y opacas que están siendo erosionadas por la radiación. Seguramente están formando estrellas, aunque aún no hayan alcanzado la fase de eyección de flujos bipolares. En esta imagen tomada en el óptico las protoestrellas no son directamente visibles y se encuentran en el interior de la nube de gas y polvo (Cortesía de NASA/ESA/STScI).

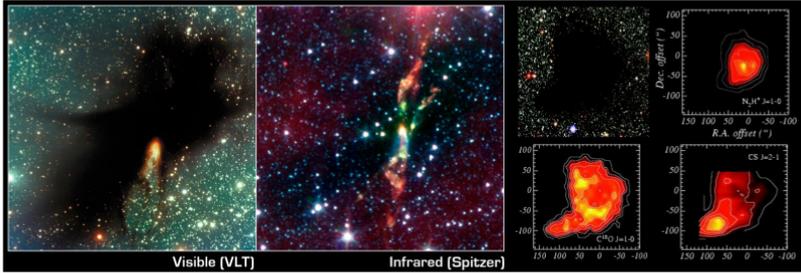


Figura 6: Izquierda: imagen de los flujos bipolares de una protoestrella en el interior de la pequeña nube oscura BHR 71. En luz visible es posible ver uno de los flujos, pero el otro está oculto tras la nube y requiere de observaciones en longitudes de onda más largas como el infrarrojo para observarlo (con telescopios espaciales). Derecha: imagen de la nebulosa oscura Barnard 68, en la que aún no existe formación estelar. Las observaciones en longitudes de onda muy largas (radio) de las transiciones rotacionales de CO, CS, y  $\text{N}_2\text{H}^+$  permiten estudiar las perturbaciones en la distribución y la dinámica del gas (Cortesía de NASA/JPL-Caltech/CfA, y Lada & Bergin 2002).

Este proceso puede durar decenas de millones de años (o sólo unos pocos millones para estrellas varias veces más masivas que el Sol, cuya evolución es más rápida), y como hemos visto acontece en los núcleos que se forman en el interior de la nube molecular. Al ser objetos muy fríos emiten radiación de baja energía (ondas de radio), y al ser densos se encuentran inmersos en zonas opacas de la nube. En consecuencia, normalmente sólo es posible observarlos en sus fases iniciales mediante la técnica de la radioastronomía milimétrica. Con esta técnica es posible atravesar el obstáculo que supone el gas y el polvo de la nube para observar cómo se forman las estrellas en el interior, de una manera parecida a cuando nos conectamos a una red inalámbrica a pesar de que el router pueda estar en otra habitación. El precio a pagar por observar en estas longitudes de onda es una limitación en la resolución o detalle de las observaciones en comparación con el espectro visible, aunque el desarrollo de la tecnología ha permitido construir recientemente en Chile el interferómetro ALMA, que acapara todas las virtudes deseables por un astrónomo para sus observaciones. A medida que la nube se dispersa las protoestrellas quedan al descubierto y pueden ser observadas directamente con telescopios infrarrojos e incluso ópticos, como el telescopio espacial Hubble u otros situados en tierra. Las observaciones en el infrarrojo medio y lejano deben hacerse con telescopios espaciales como Spitzer y Herschel porque la atmósfera terrestre bloquea el infrarrojo.

## De los discos circunestelares a los planetas

Como hemos visto, los discos circunestelares son estructuras de una importancia crucial en el proceso de formación estelar, pues liberan a la protoestrella del exceso de momento angular y permiten que ésta acrete masa de forma estable. La evolución del disco depende de las propiedades físicas de la protoestrella (masa y su ritmo de acreción, temperatura, tamaño e intensidad de la radiación que emite), del ritmo de caída de material desde la envoltura, y también de la posible presencia de otras protoestrellas cercanas (o incluso supernovas) que puedan afectar, con su contribución al campo de radiación, a los procesos físicos que tienen lugar en el disco. Dado que todos estos factores son a su vez variables en el tiempo y el espacio, es fácil imaginar que no existen dos objetos iguales, y la evolución del disco atraviesa fases muy diversas y extremas que hacen muy complicado su estudio detallado. Por otro lado, en el disco se dan múltiples fenómenos que afectan a las propiedades del polvo y el gas y que dependen de las anteriores, de manera que el propio disco se transforma con el tiempo física y químicamente. A pesar de esta complejidad hay un denominador común: casi todos (o quizá todos) los discos acaban formando planetas, como si ello fuera un destino inevitable. Al igual que sucede con el proceso de contracción en una región de la nube para formar núcleos preestelares, o con el proceso de contracción de la protoestrella, los discos circunestelares son estructuras ligadas que inevitablemente interactúan y se equilibran continuamente con su entorno, de manera que, a pesar de su propia evolución interna, las propiedades finales de los planetas que se forman en él deben depender fuertemente de esta conexión.

Inicialmente el disco circunestelar tiene mucha más masa de gas que de polvo, en una proporción de 100 a 1. El disco tiene un tamaño típico de varios cientos de Unidades Astronómicas (ua)<sup>3</sup>, y una masa en torno a 0,1 masas solares. La temperatura en el exterior es de pocas decenas de Kelvin a lo sumo (unos 250 grados Celsius bajo cero<sup>4</sup>), y de miles de grados en torno a la protoestrella. La radiación ultravioleta de la protoestrella central calienta la región interna y produce la fotodisociación de las moléculas del gas, de manera que en esta región el gas queda en forma atómica. Si hay alguna protoestrella vecina muy masiva (recordemos que la mayoría de las estrellas se forman en cúmulos y permanecen juntas los primeros millones de años) ésta también contribuirá a calentar el disco y mantener una capa superficial de fotodisociación más fina en regiones algo más alejadas. Las regiones más internas pueden calentarse hasta varios miles de grados, suficiente como para el que hidrógeno se ionice, poblando la

---

<sup>3</sup>La Unidad Astronómica está definida como la distancia media Tierra-Sol, equivalente a unos 150 millones de km.

<sup>4</sup>Recordar que en la escala Celsius que usamos habitualmente para la temperatura, el 0 absoluto, o 0 K, corresponde a  $-273\text{ C}$  o  $273\text{ grados bajo cero}$ .

región de electrones libres. El viento de la estrella, consistente en protones y electrones acelerados, presiona el interior del disco y tiende a dispersar el gas de las capas más superficiales, el cual puede arrastrar también las partículas de polvo más ligeras menores que una micra. Este proceso de dispersión tiende a destruir el disco en una escala de tiempo de unos 10 millones de años, similar tanto a la escala de formación de la estrella propiamente dicha como al periodo en que todas permanecen juntas en el cúmulo. En las estrellas de alta masa la dispersión del disco es más rápida debido a que la protoestrella emite más radiación ultravioleta, y el proceso se complica en la región interna porque la frecuencia en que se dan sistemas dobles es mucho mayor en estrellas de alta masa.

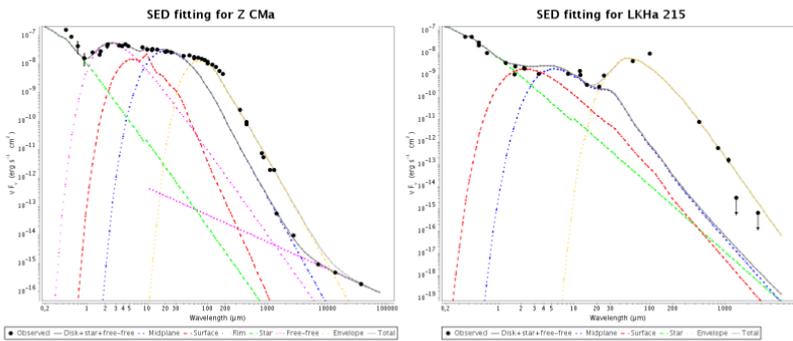


Figura 7: Ajuste completo de la distribución espectral de energía desde el ultravioleta a longitudes de onda centimétricas mediante la combinación de modelos para la estrella, la emisión del polvo debida al disco y la envoltura, y emisión libre-libre del viento de la estrella. Izquierda: Z Cma es una estrella de alta masa muy joven, con un disco y envoltura muy masivas y compactas. Derecha: LkH $\alpha$  215 es una protoestrella más evolucionada cuyo disco y envoltura han sido en gran medida dispersadas (Cortesía de Alonso-Albi et al. 2009).

En las fases iniciales las interacciones entre las protoestrellas pueden por tanto originar pérdidas súbitas de masa en el disco circunestelar y la envoltura, o intercambios de material entre ellas. Si bien esto no es lo habitual, es un posible origen para los planetas huérfanos que se han encontrado flotando libremente en el espacio, sin orbitar estrella alguna.

La región interior más caliente y densa es el medio adecuado para la combinación de los granos de polvo con el gas atómico, dando lugar a cadenas de carbono llamadas PAHs y otras moléculas complejas esenciales para la vida. Fuera del plano medio del disco la radiación puede destruir las cadenas menos complejas. En el exterior del disco el plano medio no está expuesto a una radiación ultravioleta intensa, de manera que las moléculas

pueden reaccionar entre sí y generar nuevos productos químicos. Como se mencionó antes los granos de polvo pueden atrapar el gas y servir de base para generar nuevos productos en el manto de hielo de los granos.

Además de los efectos del campo de radiación tenemos del efectos dinámicos por el propio movimiento del material del disco. El plano medio del disco es más denso y está más protegido de la radiación. Los choques entre las partículas del gas provocan la caída de parte del gas y el polvo más fino hacia el interior del disco, el cual es calentado y expulsado (empujado de nuevo por la radiación hacia las capas superficiales del disco o expulsado en los flujos bipolares) o acretado por la protoestrella.

Los granos de polvo de mayor tamaño no pueden ser arrastrados por el gas, y se desacoplan de él desde el punto de vista dinámico. Estos granos se forman por procesos de coagulación que son consecuencia de colisiones de baja velocidad entre granos de polvo de menor tamaño (menor que la micra) y formas irregulares, que se unen unos con otros por fuerzas eléctricas entre las partículas cargadas presentes en el manto de hielo. Al coagular, los granos más gruesos sedimentan hacia el plano medio, que progresivamente se ve enriquecido en granos cada vez mayores en relación con las capas más superficiales del disco, en donde los granos son más finos. Eventualmente el plano medio del disco se ve poblado de granos con diferentes distribuciones de tamaños, de manera que los más pequeños son arrastrados por el gas radialmente (ya sea al interior por movimientos de acreción, o hacia el exterior por la radiación de la protoestrella, especialmente en los discos menos densos). Los granos mayores se ven afectados de manera diferente por la radiación y pueden migrar radialmente también, aunque en menor medida y hacia el interior.

Esta situación da lugar a movimientos turbulentos y la formación de vórtices o torbellinos en el que el movimiento del gas y el polvo se vuelve caótico. Los detalles, una vez más, resultan muy difíciles de comprender, en buena medida porque las observaciones actuales de mayor resolución sólo han empezado a mostrarnos esta realidad con la estructura espiral a gran escala (el vórtice principal) que se origina en esta fase de evolución del disco. La turbulencia incrementa la posibilidad de colisiones entre los granos de polvo, lo que convierte el doble proceso de coagulación para generar granos mayores (colisiones lentas) y la destrucción de granos entre sí (colisiones violentas) en procesos paralelos cada vez más numerosos. Las colisiones destructivas generan muchos granos de tamaño menor, con los cuales las posibilidades de coagulación en otros granos aumentan. Si a esto sumamos el efecto de la gravedad en el disco, cada vez más importante a medida que los granos alcanzan tamaños de varios metros y se convierten en planetesimales, todo este conjunto de procesos da lugar a vórtices secundarios, algunos de los cuales crecen lo suficiente como para acabar siendo estables por su propia gravedad. Tenemos entonces el embrión de lo que será un planeta.

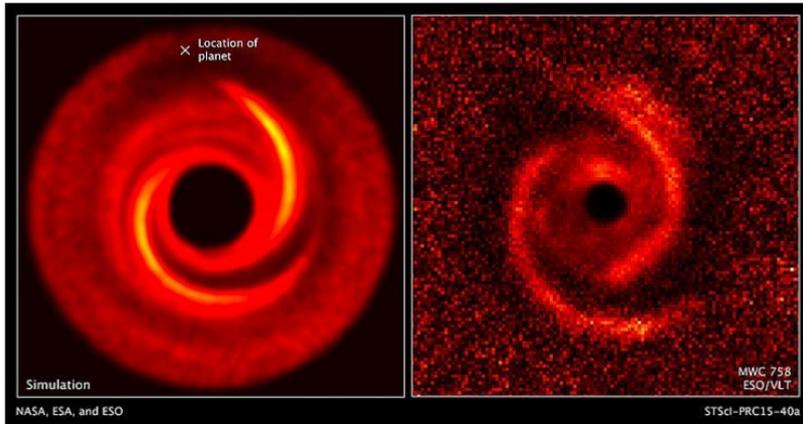


Figura 8: La imagen derecha muestra el disco circunestelar en torno a MWC 758 observado por el VLT en 2015. A la izquierda aparece una simulación con la posición de un hipotético planeta no visible que podría ser el origen de la estructura espiral (Cortesía de NASA/ESA/ESO).

Estos embriones entran en una fase de crecimiento acelerado oligárquico, de manera que cuanto mayores son, más rápido crecen y devoran a los pequeños núcleos o vórtices menores. La gravedad y la resistencia de estos núcleos a las colisiones, incluso las catastróficas, hace el resto. Una gran colisión primigenia en la Tierra es el origen probable de la Luna, pero la mayor parte de los restos de la colisión se quedaron en la Tierra. Los planetas que se forman en el exterior pueden tener una mayor reserva de gas en el disco a su disposición, la cual al ser acretaada por el embrión da lugar a planetas gigantes compuestos principalmente de gas, como Júpiter.

Hay muchos detalles en todo este proceso que son desconocidos. Por ejemplo, no se sabe si los planetas provocan vórtices y la estructura espiral, o si es al revés. Otra cuestión es el crecimiento de los granos desde el centímetro hasta el nivel del kilómetro, a partir del cual el crecimiento está dominado por la gravedad. Según los modelos el crecimiento debería ser muy rápido, o de lo contrario los granos precipitarían hacia la protoestrella en escalas de tiempo breves. Tampoco está claro cómo intervienen los fenómenos de resonancias gravitatorias entre planetas en formación, los cuales pueden distribuir el material del disco en forma de anillos de mayor o menor densidad y aportarían una solución al problema anterior. Resolver esto requiere de observaciones de altísima resolución, que incluso con el interferómetro ALMA aún no serán posibles en los próximos años.

Otra de las cuestiones que sí se está abordando ahora es la evolución química de los discos. En las primeras fases de evolución el disco puede ser

muy denso y opaco, de manera que la radiación de la estrella apenas llega más allá de las regiones interiores del disco. La temperatura puede ser muy baja en casi todo el disco, suficiente como para congelar parte del gas libre y atraparlo en el manto de hielo de los granos de polvo. Si así ocurre, las observaciones con radiotelescopios de las transiciones rotacionales de estas moléculas no mostrarán emisión alguna de esa molécula. Cada molécula tiene una temperatura o punto diferente por debajo del cual “desaparece” en los granos<sup>5</sup>, y también hay que tener en cuenta que pueden reaccionar entre sí, de manera que unas y otras se combinan bajo la acción de la radiación que viene del exterior. Cuando el disco evoluciona y se dispersa, se vuelve más transparente a la radiación de la protoestrella, y este punto o radio de congelación se aleja de la estrella, de manera que el manto de hielo se evapora en las regiones internas del disco y el gas que quedó atrapado se libera de nuevo y lo podemos detectar. La formación de los planetas ocurre en paralelo con estos procesos, si bien el enriquecimiento en materiales volátiles tiene lugar al final, cuando éstos se liberan de los granos.

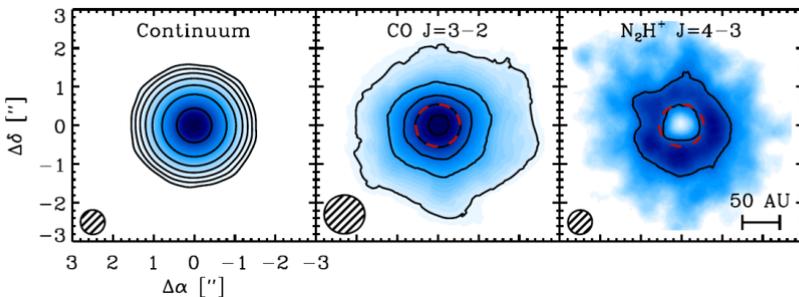


Figura 9: Observaciones con ALMA del disco circunestelar en torno a TW Hya. Los paneles muestran la emisión del continuo debida al polvo, la emisión de la transición rotacional 3-2 de CO, y la emisión de la transición rotacional 4-3 de  $\text{N}_2\text{H}^+$ . El CO es muy abundante y tiende a reaccionar y hacer desaparecer el  $\text{N}_2\text{H}^+$ , pero en regiones suficientemente alejadas y frías del disco el CO se congela en los granos y el  $\text{N}_2\text{H}^+$  puede detectarse (Cortesía de C. Qi et al. 2013).

En consecuencia, la composición química de los planetas puede ser diferente según la distancia a la que se formaron del Sol. En las regiones interiores a la órbita de Marte abunda el agua, cuyo punto de congelación se da en el vacío a temperaturas de 100 K. Para el CO esto sucede en torno a los 20 K (dependiendo de la estructura del manto de hielo de los granos),

<sup>5</sup>Este punto se denomina línea de nieve o “snowline” en inglés, y corresponde habitualmente a un radio o distancia concreta a la protoestrella, dado que la temperatura sigue un perfil decreciente con la distancia a la fuente generadora de energía.

de manera que los planetas que se formaron en regiones interiores a esta línea, como Júpiter y Saturno, tienen más CO que los planetas externos Urano y Neptuno. El agua, como sabemos, es un ingrediente básico para las reacciones químicas precursoras de la vida, y su origen y llegada a la Tierra otra de las cuestiones fundamentales. En el artículo de Asunción Fuente (2012) se dan más detalles sobre cómo llegó el agua a la Tierra.

Una vez el disco queda dispersado la pérdida de masa que se origina puede dar lugar a migraciones en las órbitas finales de los planetas gigantes. Si la pérdida de masa es muy alta y repentina es posible que las órbitas se vuelvan muy inestables. Si esto sucede una de las posibles consecuencias es que los planetas gigantes caigan hacia el interior y acaben orbitando muy cerca de su estrella (más adelante veremos ejemplos de este tipo de sistemas). Otra opción es que los planetas gigantes bloqueen la formación del resto y tras estas grandes migraciones todo lo que quede sea un disco formado casi exclusivamente de asteroides, con quizá algún objeto como la Tierra. Son los llamados discos de escombros o “debris disks” en inglés. Estas migraciones también podrían dar lugar a planetas huérfanos.

Los resultados del análisis de meteoritos y otros cuerpos de nuestro Sistema Solar, así como las observaciones de las órbitas de cuerpos del cinturón de Kuiper, sugieren que el Sol se formó en el seno de un cúmulo de tamaño moderado, formado por cientos de estrellas de baja masa en general. Las interacciones en los primeros millones de años no debieron ser muy grandes y esto permitió la formación de planetas tanto terrestres como gaseosos. Sin embargo, la presencia de isótopos radiactivos de baja vida media como  $^{26}\text{Al}$  o  $^{30}\text{Fe}$  sugieren que el Sistema Solar se vió enriquecido por los residuos de una supernova, así que sabemos que había estrellas masivas relativamente cerca, si bien ninguna estuvo nunca lo suficientemente cerca como para hacer peligrar la integridad del disco circunestelar. Tras la dispersión del disco tuvo lugar la época de gran bombardeo, en la que numerosos asteroides que no llegaron a formar planetas (en buena medida del cinturón de asteroides entre Marte y Júpiter, que no formaron un planeta debido a la influencia gravitatoria de Júpiter, pero también del cinturón de Kuiper más exterior, de donde vienen los cometas) colisionaron con los planetas. Esto lo sabemos del estudio de las rocas lunares y las estimaciones sobre la edad de los cráteres en su superficie y en la de Marte. Hay regiones en ambos cuerpos que muestran pocos cráteres relativamente, lo que significa que son más recientes y hubo impactos grandes incluso 1000 millones de años tras la formación del Sistema Solar, los cuales borraron las huellas de las colisiones anteriores. La dispersión del disco pudo provocar un ligero reajuste de las órbitas de los planetas gigantes en los primeros 1000 millones de años. Aunque se cree que el reajuste fue muy ligero, este proceso sería suficiente para lanzar multitud de cuerpos de ambos cinturones hacia el interior del Sistema Solar, y extender así la duración de esta época de gran bombardeo.

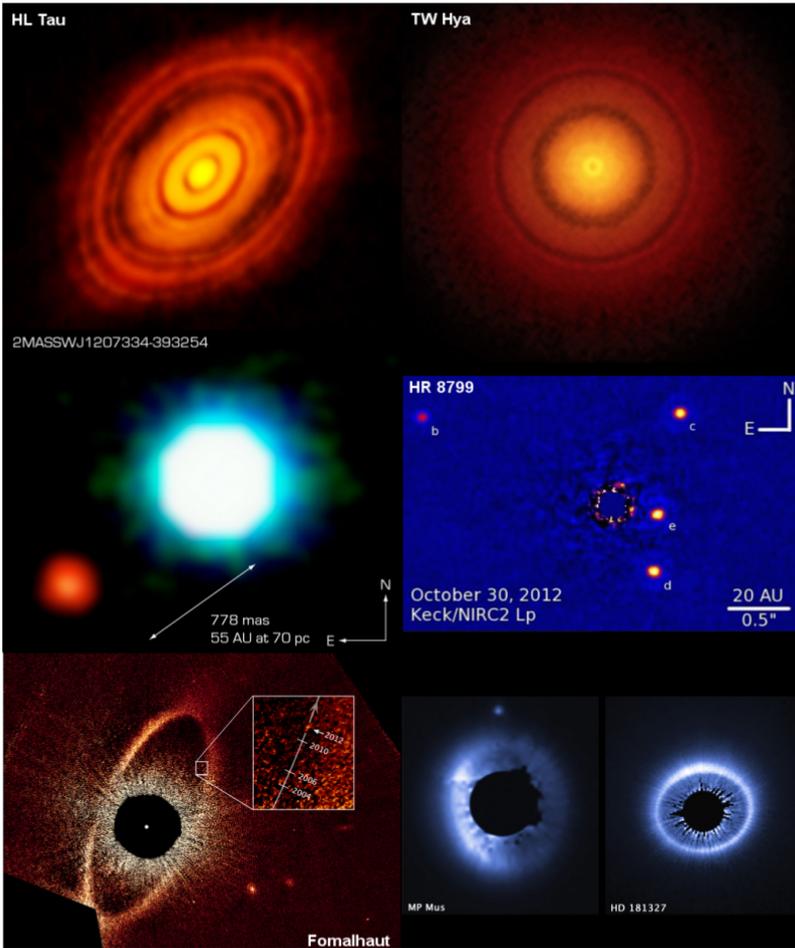


Figura 10: Detecciones de discos circunestelares y planetas. La primera fila muestra las observaciones mediante ALMA de los discos de HL Tau y TW Hya, que muestran anillos oscuros provocados por la presencia de planetas aún en formación, que barren el polvo. La segunda fila muestra la primera detección de un planeta de forma directa (Chauvin et al., 2004) en 2M1207b, y los cuatro planetas en torno a HR 8799. Los planetas son un millón de veces más débiles que la estrella, cuyo brillo ha sido apantallado. La tercera fila muestra discos de escombros, con un planeta en el caso de Fomalhaut (Cortesía de NASA, ESA, y <http://www.circumstellardisks.org/>).

## A la caza de planetas extrasolares

Tras varios intentos y falsos positivos la primera detección confirmada de un planeta extrasolar<sup>6</sup> la obtuvieron en 1995 Michel Mayor y Didier Queloz, quienes hallaron un planeta parecido a Júpiter alrededor de 51 Pegasi. Este hito marcó una auténtica carrera por detectar planetas y el perfeccionamiento de muchas técnicas para este propósito. De todas ellas hay dos que se han mostrado especialmente exitosas: las variaciones de velocidad radial (con las que Mayor y Queloz hicieron su descubrimiento), y la fotometría durante el tránsito de un planeta por delante de su estrella.

A medida que un planeta masivo orbita alrededor de su estrella la propia estrella se mueve ligeramente al ser afectada por la influencia gravitatoria del planeta. En otras palabras, ambos cuerpos giran alrededor de un centro de masas común, el cual está muy cerca de la estrella al contener ésta la mayoría de la masa. En nuestro Sistema Solar este centro común está físicamente a un radio solar de la superficie del Sol, de manera que el Sol describe una pequeña circunferencia durante los 11 años que tarda Júpiter en orbitarlo. El resto de planetas añaden movimientos circulares de menor amplitud y diferente periodo que se superponen al generado por Júpiter.

El método de medir variaciones de velocidad radial de la estrella consiste en medir los cambios en la velocidad relativa entre la estrella y el Sol. A medida que la estrella se mueve en un círculo hay momentos en que se acerca a nosotros un poco y otros en los que se aleja. La velocidad se mide a partir de las líneas del espectro de la estrella, que muestran un pequeño desplazamiento en frecuencia debido a este movimiento. Es un método indicado sólo cuando el plano en que orbita el planeta alrededor de su estrella está alineado o casi alineado con nuestra línea visual, pues de lo contrario la estrella no tendría componente alguna de movimiento en nuestra línea visual, y este método no permitiría detectar los planetas.

El método de la fotometría de tránsitos consiste en monitorizar el brillo de la estrella y esperar a que el planeta pase por delante en nuestra línea visual. El planeta tapaná parte de la estrella, que se hará por unas horas o días ligeramente más débil. Estas variaciones, al igual que ocurre con el método de la velocidad radial, serán periódicas, pero a diferencia del otro método no afectará a las líneas del espectro de la estrella. Esto permite distinguir los planetas de otros efectos físicos ligados a la posible variabilidad o pulsación de la propia estrella. Además de una gran precisión en las medidas, el método de la fotometría requiere también que la alineación del plano de la órbita del planeta con nuestra línea visual sea casi perfecta. Esto significa que la mayoría de los planetas no se pueden detectar con este método, pero si la monitorización se aplica a muchos miles de estrellas cada noche se pueden encontrar muchos.

---

<sup>6</sup>A partir de ahora se utilizará preferentemente el término planeta para referirse, siempre, a planetas descubiertos fuera de nuestro Sistema Solar.

Ambos métodos permiten en la actualidad detectar planetas tan pequeños como la Tierra. El método de la velocidad radial es más flexible con el requerimiento de la alineación del plano orbital del planeta, pero obtener espectros de un gran número de estrellas durante el tiempo necesario como para revelar la presencia de planetas y confirmarlos (meses o años por cada estrella) conlleva un gran esfuerzo de observación y reducción de datos. Dado que la fotometría o brillo es más fácil de medir y se puede hacer con todas las estrellas de un campo a la vez, es un método mucho más eficiente con el que se han descubierto la mayoría de los planetas. Pero lograr detectar planetas como la Tierra requiere una precisión en la medida del brillo que sólo es posible conseguir desde el espacio, dado que las perturbaciones en la atmósfera y las variaciones de temperatura en la superficie limitan la precisión y estabilidad de las medidas, tanto a la hora de repetirlas para confirmar un descubrimiento como para profundizar en esos datos y deducir de ellos los parámetros físicos del planeta. Además, dado que un tránsito dura muy poco tiempo, estas medidas deben realizarse de forma continuada y homogénea durante meses y años. Por este motivo el método de los tránsitos ha reportado hasta ahora muchos planetas con un periodo de traslación corto (muy cercanos a su estrella), y con un tamaño relativamente grande como el gigante Júpiter en nuestro Sistema Solar. Se los llama habitualmente “Júpiter caliente” (o “hot Jupiter” en inglés). En cambio, el método de la velocidad radial es más sensible a planetas gigantes situados lejos de su estrella.

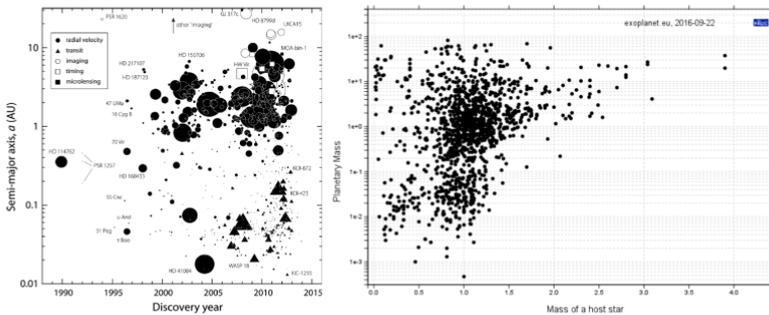


Figura 11: Izquierda: aunque se han desarrollado muchos métodos para detectar planetas, el 97% se han descubierto mediante fotometría de tránsitos y medidas de velocidad radial. Derecha: masa de los 3500 planetas descubiertos hasta ahora en función de la masa de la estrella que orbitan. Los planetas pequeños como la Tierra sólo se han descubierto hasta ahora en torno a estrellas de baja masa (Cortesía de M. Perryman y la web <http://exoplanets.eu>).

Para hallar más planetas y de un tamaño menor se optó por misiones espaciales para monitorizar el brillo de las estrellas. La misión Corot de la

agencia espacial francesa detectó varias decenas de planetas entre 2007 y 2012. El más parecido a la Tierra es Corot-7b, de unas 7 masas terrestres y un tamaño un 60% mayor que la Tierra. Está a una distancia de sólo 6 radios solares de su estrella, por lo que su temperatura superficial debe superar los 2000 grados en el lado que mira a su estrella, y -200 donde siempre es de noche. La misión Kepler de la NASA midió el brillo de 150 000 estrellas en un pequeño campo de la constelación del Cisne cada 30 minutos entre 2009 y 2012. El resultado fue más de 2300 planetas (y otros 5000 con detección no confirmada), incluyendo 20 planetas parecidos a la Tierra en la zona de habitabilidad y unos 400 sistemas múltiples, 20 de ellos con 5 planetas o más. Tras unos problemas técnicos la misión se extendió en 2014 y se han observado nuevos campos. Kepler 452b es el hallazgo más significativo, un planeta algo mayor que la Tierra cuyo año dura 385 días. Con estos resultados se estima que en la Vía Láctea hay 20 000 millones de planetas como la Tierra en la zona de habitabilidad.

## **Planetas rocosos en la zona de habitabilidad**

El gran objetivo de muchos grupos es detectar planetas como la Tierra en la llamada zona de habitabilidad, un rango de distancia del planeta a su estrella tal que la temperatura superficial del planeta sea adecuada para la existencia de agua líquida en la superficie, y, por tanto, alguna forma de vida. Esto puede ocurrir en planetas muy cercanos a su estrella si la estrella es más pequeña y menos luminosa que el Sol, o bien en planetas más lejanos si la estrella es más luminosa. El primer caso es el más favorable para combinar las diversas técnicas e instrumentos de detección, con el objetivo de hacer el descubrimiento, confirmarlo, y por último hacer observaciones detalladas para deducir la masa, tamaño, órbita del planeta, e incluso composición de la atmósfera. Estudiar la composición de la atmósfera (o, al menos, detectar agua u oxígeno) ya es posible técnicamente en los planetas gigantes y calientes, pero para lograrlo en planetas como la Tierra se requieren instrumentos que aún no están disponibles. De los tres planetas presentes en la zona de habitabilidad en nuestro Sistema Solar la Tierra es el único que posee agua líquida en su superficie de forma estable, algo que sólo la composición atmosférica puede delatar. La temperatura superficial en Venus es demasiado caliente, y la de Marte demasiado fría, en ambos casos por su evolución geológica, no por su distancia al Sol.

La misión Gaia de la Agencia Espacial Europea (ESA) tiene como objetivo medir con gran precisión la posición en el cielo de un gran número de estrellas repetidamente, lo que permitirá medir sus movimientos propios debidos al movimiento relativo respecto al Sol, y también revelar la presencia de planetas en torno a ellas como perturbaciones periódicas de ese movimiento medio relativo. Este método de detección astrométrica es diferente de los dos principales métodos descritos anteriormente, y

hasta ahora no había sido posible utilizarlo con la suficiente precisión. Las estimaciones sobre el número de planetas extrasolares que Gaia descubrirá son inciertas, pero es posible que supere los 20 000, casi diez veces más que todos los hallados hasta ahora. La mayoría de ellos serán planetas similares a Júpiter, de gran masa y muy alejados de su estrella, los cuales producen un desplazamiento mayor en la posición de la estrella. Este método astrométrico o de medida directa de la posición de la estrella es sensible al mismo tipo de planetas que el método de la velocidad radial, pero en este caso se mide el movimiento en el plano del cielo, no en la línea visual. Por tanto, permitirá encontrar muchos planetas en estrellas en los que los métodos anteriores no son efectivos. Los primeros datos de Gaia se publicaron en septiembre de 2016, y la misión se extenderá por 5 años.

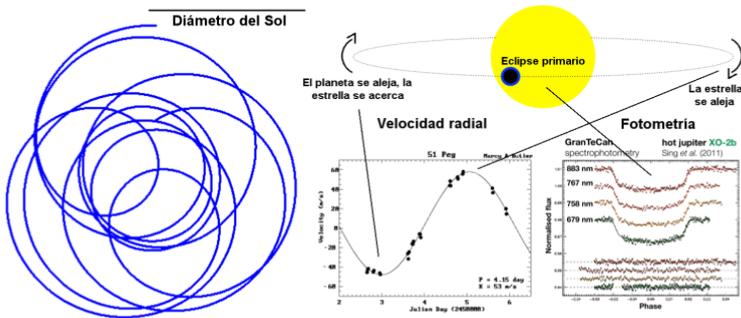


Figura 12: Izquierda: movimiento del centro del Sol debido a la influencia gravitatoria de los planetas del Sistema Solar, suponiendo una visión frontal. La línea superior muestra el diámetro del Sol a escala. Derecha: en un sistema visto (casi) de perfil el planeta puede eclipsar a su estrella, y como éste no brilla la estrella aparece algo más débil. Además, la estrella se mueve alrededor del centro de masas común (en sentido contrario a como la hace el planeta) y al medir la velocidad se obtiene una curva sinusoidal. Gaia será efectivo en sistemas que muestren ambas orientaciones.

La misión CHEOPS de la ESA será lanzada a finales del 2017 como sucesora de Corot. Al igual que ésta el objetivo es medir con la máxima precisión posible la variación del brillo de las estrellas según transitan planetas en la línea visual con la Tierra. Observará planetas ya detectados para dar un valor preciso de su tamaño, si bien se espera que detecte otros nuevos más pequeños en esos mismos sistemas. La precisión de CHEOPS estará cerca de detectar planetas como la Tierra en torno a estrellas como el Sol, es decir, planetas pequeños y bastante alejados de su estrella que hasta ahora no se han podido detectar. Para lograr este hito habrá que esperar a la misión PLATO, programada para 2024 y actualmente en fase de diseño.

Ambas misiones pretenden estudiar regiones mucho más amplias del cielo que Kepler, pero sin llegar a observar estrellas muy débiles, en las cuales los estudios posteriores más detallados desde Tierra son más difíciles.

Por su parte, la Agencia Espacial de Estados Unidos (NASA) lanzará también a finales de 2017 la misión TESS, sucesora de Kepler. Se centrará en hallar planetas en torno a estrellas de tipo espectral tardío (más frías y débiles que el Sol), para lo cual observará en campos mucho más amplios que Kepler. Se espera que descubra varios miles de planetas nuevos, como Kepler, de los cuales podría haber algunos objetos como la Tierra en la zona de habitabilidad. La NASA, con la colaboración con la ESA, pondrá en órbita a finales de 2018 el telescopio espacial James Webb (JWST), sucesor del Hubble. Se trata de un telescopio con un espejo primario casi tres veces mayor que el Hubble, especialmente equipado para el infrarrojo. Si esta misión tiene éxito el JWST está llamado a revolucionar muchas áreas de la astrofísica, entre ellas el estudio de las atmósferas de planetas.

Estas misiones tienen dos aportaciones fundamentales que hacer en las investigaciones sobre los planetas extrasolares. En primer lugar, detectar la presencia de moléculas en esas atmósferas cuando el planeta transita por delante de su estrella requiere que la estrella sea brillante para que su luz, al atravesar la atmósfera del planeta y luego continuar su viaje hacia nosotros, se vea suficientemente absorbida por las moléculas de esa atmósfera como para dejar un rastro detectable desde la Tierra. Para los planetas llamados “hot Jupiter” (Júpiter caliente) esto es factible, pero para otros planetas que orbiten más alejados, o estrellas más frías (es decir, planetas como la Tierra en la zona de habitabilidad), la tecnología actual no permite estudiar las atmósferas. Para que esto sea posible con las generaciones futuras de telescopios el primer paso es encontrar este tipo de planetas con telescopios espaciales. En segundo lugar, los planetas extrasolares descubiertos hasta ahora tienen un sesgo evidente en el sentido de que se detectan principalmente planetas muy masivos y cercanos a su estrella. Se han encontrado muchos de ellos, pero se espera que haya muchos más planetas parecidos a la Tierra o Júpiter (tanto terrestres como gigantes gaseosos, pero en ambos casos alejados de su estrella). Las misiones anteriores contribuirán a establecer una muestra mucho menos sesgada que la actual, lo que ayudará a comprender mejor el proceso de formación de planetas y concluir si estos planetas calientes tan cercanos a sus estrellas son estadísticamente significativos, o son más bien la excepción.

Las investigaciones actuales con telescopios terrestres de 10 metros de diámetro se centran en combinar la información sobre la exosfera y atmósfera de los planetas obtenidas mediante la espectroscopía con las medidas de densidad y temperatura media de otros métodos, a fin de obtener una visión general de cómo debe ser el planeta. Se espera que con la próxima generación de telescopios (principalmente el JWST y posteriormente los telescopios ópticos gigantes de 30 metros) sea posible

estudiar con detalle esas atmósferas y obtener las primeras conclusiones sobre el clima que se da en ellos, por ejemplo en planetas como la Tierra que orbitan alrededor de estrellas frías en la zona de habitabilidad. Con los telescopios de 30 metros será posible obtener espectros con suficiente relación señal/ruido en un tiempo corto, lo que permitirá obtener variaciones en la composición de la atmósfera según el planeta va atravesando el disco de su estrella en la línea visual (o cuando pasa por el otro lado de la estrella y se produce el eclipse secundario). Cuando este tipo de estudios esté lo suficientemente desarrollado se espera poder estudiar la composición de la atmósfera en tres dimensiones, las variaciones estacionales, vientos, y la física particular que se da en estas atmósferas. Esto será muy interesante dado lo diferente que son muchos de estos planetas a los que tenemos en el Sistema Solar. Es posible que se desarrolle entonces una rama ligada a los “exoclimas”.

## La aportación de telescopios de pequeño tamaño

A medida que se descubren estrellas con planetas a su alrededor surge el problema de cómo monitorizar eficiente y continuamente el gran número de estas estrellas esparcidas en áreas extensas del cielo, con el objetivo de buscar otros planetas más alejados de su estrella. A menudo los astrónomos se interesan por los instrumentos más punteros y los telescopios más potentes, con los cuales se puede ya estudiar las atmósferas de planetas, pero no es eficiente ni necesario buscar con ellos más planetas. Los telescopios profesionales de tamaño menor (2 a 4 metros) tampoco son, en general, especialmente eficientes, y su mantenimiento bastante caro. Por este motivo en los últimos años han surgido observatorios más pequeños que utilizan telescopios y cámaras comerciales, habituales en el equipo de muchos aficionados, para explorar áreas extensas y monitorizar muchos objetos cada noche. Los adelantos tecnológicos y de software permiten actualmente hacer trabajos de interés astronómico con equipos semi-profesionales, siempre que el trabajo lo haga una persona experimentada y meticulosa. Con las cámaras y telescopios comerciales actuales es posible acercarse a la precisión fotométrica del telescopio espacial Hubble y obtener curvas de luz en las que se detectan planetas cuando transitan delante de su estrella (con la posibilidad de deducir a partir de ellos su tamaño y cómo es la órbita del planeta). También es relativamente sencillo obtener diagramas H-R<sup>7</sup> con todas las estrellas de un cúmulo (derivando a partir de ahí la distancia y edad de sus estrellas), e incluso detectar en el óptico el disco circunestelar en torno a  $\beta$  Pictoris. Todo esto sería impensable hace apenas 20 años. Además, la operación de estos equipos

<sup>7</sup>El diagrama Hertzsprung-Russell o H-R consiste en mostrar la relación entre las luminosidades de las estrellas y sus temperaturas efectivas o superficiales. Las estrellas aparecen entonces en distintas zonas del gráfico según su situación evolutiva.

es relativamente muy barata y eficiente, y con ellos no sólo se pueden buscar nuevos planetas, también se puede al mismo tiempo detectar nuevas supernovas, estudiar estrellas variables, o monitorizar el entorno de la Tierra ante posibles amenazas de colisión con asteroides cercanos<sup>8</sup>. Los telescopios en el espacio tienen la ventaja de evitar las perturbaciones de la atmósfera terrestre y el filtrado de muchos rangos de longitudes de onda. Esto es especialmente problemático tanto a la hora de descubrir planetas pequeños como la Tierra (lo que requiere de medidas de extrema precisión), como para estudiar las atmósferas de los planetas, pues antes es necesario sustraer de los espectros la contaminación de la atmósfera terrestre. Para lo segundo el JWST será clave, pues su situación fuera de la atmósfera permitirá realizar estudios muy precisos de las atmósferas de planetas extrasolares, pero para descubrir planetas pequeños desde el espacio no son necesarios telescopios tan grandes. Por este motivo también existe el programa CubeSat, el equivalente de bajo coste para hacer observaciones con pequeños telescopios desde el espacio. Las perspectivas futuras de este tipo de instrumentos son difíciles de anticipar, pero lo más probable que su papel en la astronomía acabe siendo muy importante en pocos años.

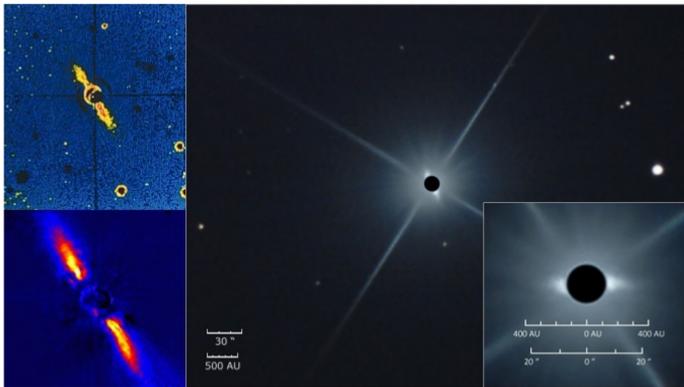


Figura 13: El disco circunestelar en torno a la estrella  $\beta$  Pictoris fue el primer disco encontrado. La imagen superior izquierda muestra el descubrimiento original por el telescopio infrarrojo IRAS, en 1983. En 1996 un telescopio de 4 metros de ESO obtuvo la imagen inferior izquierda en el infrarrojo cercano. La imagen de la derecha muestra el disco detectado por el aficionado Rolf Olsen en 2011<sup>9</sup>, utilizando un telescopio de apenas 25 cm de abertura y una cámara de consumo moderna (Cortesía de IRAS, ESO, y Rolf W. Olsen).

<sup>8</sup>Cabe destacar los proyectos HATNet y SuperWASP, que han detectado docenas de planetas cada uno, y otros como TRAPPIST, MEarth, XO, TrES, o el reciente NGST.

<sup>9</sup>Más información en la página <http://www.rolfolsenastrophotography.com/Astrophotography/Beta-Pictoris/>.

## La formación estelar vista en conjunto

Ahora sabemos que las estrellas se forman a partir del colapso gravitatorio de gigantescas nubes de gas y polvo localizadas a lo largo de los brazos espirales de nuestra galaxia. También hemos visto que los planetas se forman en un disco circunestelar que se alimenta de la envoltura que rodea a la protoestrella, y que a su vez provee de gas a la propia protoestrella durante su formación. Nuestro Sol de encuentra en el borde exterior de uno de estos brazos espirales, así que desde aquí somos testigos de cómo se forman nuevos sistemas solares. Por primera vez tenemos la tecnología adecuada para detectar planetas como la Tierra en torno a otras estrellas cercanas y estudiar sus atmósferas. También podemos estudiar las regiones densas y opacas de las nebulosas donde se forman las protoestrellas. En algunos casos se encuentran perturbaciones en la distribución y dinámica del gas, lo que podría en un futuro dar lugar a un proceso de colapso, y en otros sí se descubren núcleos preestelares en plena fase de contracción.

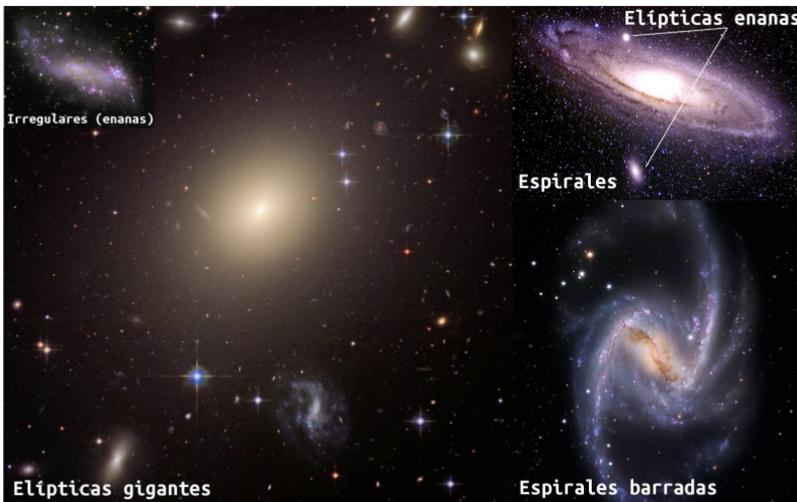


Figura 14: La mayoría de las galaxias son espirales (normales como la galaxia de Andrómeda o barradas), seguidas de las elípticas (gigantes o enanas) y por último las irregulares, que también son pequeñas. Las galaxias enanas suelen orbitar otras mayores. La formación estelar se da en los brazos de las galaxias espirales y en algunas irregulares. Lo delata el color azulado de las estrellas jóvenes muy calientes, frente al color rojo cuando predominan las estrellas evolucionadas en galaxias elípticas con poca formación estelar, o en el bulbo o núcleo de las espirales (Cortesía de NASA/ESA/STScI).

Sin embargo, a menudo no somos conscientes del complejo mecanismo en equilibrio autoregulado que funciona a escala global en nuestra galaxia y permite que el gas se recicle continuamente para formar nuevas estrellas y planetas. En primer lugar, la evolución de las estrellas devuelve casi toda la masa que contienen al medio interestelar circundante. Cuando las estrellas se aproximan a este momento final se producen ciertos desequilibrios que dan como resultado la expulsión de masa desde las capas exteriores de la estrella, hasta el punto de que la pérdida de masa supera el 70%. Los desequilibrios continúan hasta que sobreviene una violenta explosión de las capas exteriores, que da origen a una nebulosa planetaria en el caso de estrellas como el Sol, o un resto de supernova para estrellas que, en su origen, superaban las 8 masas solares. Tras varios miles de años el material expulsado acaba formando parte del medio interestelar difuso, enriqueciéndolo de elementos pesados que se formaron en el núcleo de la estrella hasta el final de su vida (elementos como el hierro y otros átomos de menor masa), o en la explosión de supernova (los elementos más pesados que el hierro y los radiactivos). Todos estos elementos son esenciales en la formación de planetas rocosos como la Tierra, con un núcleo de hierro y níquel, y elementos radiactivos que contribuyen a mantener el calor interno.

La formación estelar contribuye por tanto a la evolución química del medio interestelar, si bien esta evolución es muy lenta. Como vimos al principio, la mayor parte del hidrógeno de la nube molecular no llega a formar parte de las estrellas, y es también dispersado. Además, la galaxia también puede acretar hidrógeno del medio intergaláctico, el cual compensa la cantidad de hidrógeno que se transforma en elementos más pesados. En definitiva, la inmensa mayoría de la masa del medio interestelar se mantiene en forma de hidrógeno atómico y molecular.



Figura 15: Izquierda: aspecto aproximado de nuestra galaxia vista desde fuera y de frente. El círculo blanco marca la posición del Sol, justo sobre el sub-brazo de Orión. Derecha: otra representación artística de la Vía Láctea, en perspectiva, con la posición de algunas nebulosas mencionadas anteriormente y la dirección observada con el telescopio espacial Kepler (Cortesía de NASA y Jon Lomberg).

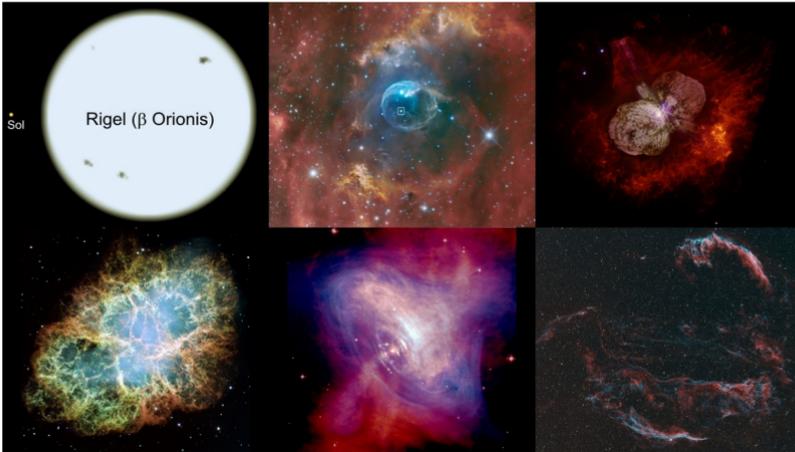


Figura 16: Fases en la evolución de una estrella de alta masa precursora de una supernova. De izquierda a derecha y arriba a abajo: Rigel, 20 veces más masiva que el Sol; la evolución es tan rápida que en las primeras fases de inestabilidad la estrella aún está cerca de regiones de formación estelar; eta Carinae como prototipo de estrella inestable muy próxima a explotar como supernova; la nebulosa del Cangrejo es el resto de la explosión registrada en el año 1054; en el centro queda un púlsar como residuo (eta Carinae es tan masiva que el residuo podría ser un agujero negro), que muestra un disco y eyección de material; tras miles de años el resto se dispersa (Cortesía de NASA/ESA/STScI).



Figura 17: Las nebulosas planetarias (nombradas así por W. Herschel, desafortunadamente, pues no guardan relación con los planetas) son el residuo de la evolución de estrellas similares al Sol. En el centro queda un objeto llamado enana blanca. Las imágenes muestran de izquierda a derecha las nebulosas de la Hormiga, Ojo de Gato, y la Hélice. El material devuelto por estas nebulosas y los restos de supernovas se reutilizan para la formación de la siguiente generación de estrellas (Cortesía de NASA/ESA/STScI).

Los brazos espirales de la galaxia, al rotar alrededor del centro, barren este material difuso resultado del residuo de la formación y evolución de generaciones pasadas de estrellas. En este proceso el frente de los brazos espirales comprime el gas y polvo disperso, acumulándolo en esos frentes. De este modo el gas vuelve a formar nuevas nebulosas y de ellas más estrellas y planetas. Nuestra galaxia mantendrá la formación estelar hasta que colisione con la vecina Galaxia de Andrómeda, dentro de unos cinco mil millones de años. Esta colisión (García-Burillo, Anuario 2016) originará un violento brote de formación estelar como el observado en las galaxias con núcleo activo lejanas, y tras ella la mayoría del gas se consumirá. La Vía Láctea acabará como una galaxia elíptica sin apenas formación estelar.

## Referencias

Las siguientes referencias pueden encontrarse en las páginas web del astro-ph<sup>10</sup>, ADS abstracts<sup>11</sup>, y el Anuario del Observatorio Astronómico<sup>12</sup>.

- Bertram B. Boltwood, "The Ultimate Disintegration Products of the Radio-active Elements. Part II. The disintegration products of uranium", *American Journal of Science*, 4, 23, págs 77-88 (1907).
- James H. Jeans, "The Stability of a Spherical Nebula", *Philosophical Transactions of the Royal Society, series A*, 199, págs 1-53 (1902).
- Ke Wang et al., "Hierarchical fragmentation and differential star formation in the Galactic Snake ", *MNRAS* 439, 3275 (2004, arXiv 1401.4157).
- Charles J. Lada, Edwin A. Bergin, "The Dynamical State of Barnard 68", *Bulletin of the American Astronomical Society*, 34, 1157 (2002, astro-ph/0211507).
- C. Qi et al, "Imaging of the CO snow line in a solar nebula analog", arXiv 1307.7439 (2013).
- Asunción Fuente, "El agua en el Universo", *Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid*, 2012.
- G. Chauvin et al, "A giant planet candidate near a young brown dwarf", *Astronomy and Astrophysics* 425, L29 (2004, astro-ph/0409323).
- Michel Mayor & Didier Queloz, "A Jupiter-mass companion to a solar-type star", *Nature* 378, 355 - 359 (1995).
- Michael A. C. Perryman, "Resource Letter Exo-1: Exoplanets", *American Journal of Physics* 82, 552 (2014).
- Santiago García-Burillo, "¿Cual es el destino de la Vía Láctea?", *Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid*, 2016.

---

<sup>10</sup><http://arxiv.org/find/astro-ph>

<sup>11</sup>[http://adsabs.harvard.edu/abstract\\_service.html](http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html)

<sup>12</sup><http://astronomia.ign.es/anuario-astronomico>

## **José Pensado Iglesias (1919-2016)**

Nació el 23 de diciembre de 1919 en Santiago de Compostela. Terminada la guerra civil empezó los estudios de Ciencias Exactas en la Universidad de Santiago y los completó años después en la de Madrid, simultaneándolos con la licenciatura en Ciencias Físicas. Más tarde ingresó en la Escuela Politécnica del Ejército en la que obtuvo el título de Ingeniero de Construcción y Electricidad, y el de doctor-ingeniero.

Comenzó a trabajar en astronomía en 1944 con el fundador del Observatorio Astronómico de Santiago de Compostela Ramón María Aller Ulloa (1878-1966), quien creó una verdadera escuela de astrónomos de la que salieron investigadores muy activos y varios catedráticos de universidad.



José Pensado Iglesias, junto con Manuel López Arroyo, el día previo al eclipse del 30 de junio de 1973.

Ingresó en el Cuerpo Nacional de Astrónomos el 1 de septiembre de 1953, ocupando en el Observatorio de Madrid una de las plazas que habían quedado vacantes el año anterior por jubilación de dos astrónomos. Inició su trabajo en el Observatorio midiendo y calculando órbitas de estrellas dobles y analizando la distribución de sus elementos, actividad con la que prosiguió los trabajos acometidos en Santiago de Compostela. Posteriormente se dedicó a la observación de ocultaciones de estrellas por

la Luna y de manchas solares, al análisis de observaciones fotométricas y al Servicio de la Hora.

Enseñó en la Universidad de Madrid y en la Escuela Superior de Ingenieros de Caminos. Además, realizó actividades de divulgación, publicando varios artículos en el Anuario del Observatorio Astronómico. Paralelamente, siguió la carrera militar llegando al grado de teniente coronel en 1962.

Fué nombrado Subdirector del Observatorio Astronómico Nacional en 1971 y Director el 11 de noviembre de 1972, sustituyendo a Mariano Martín Lorón (1904-1984). Con Manuel López Arroyo (1926-?) visitó varios observatorios europeos buscando información actualizada para redactar el proyecto de modernización del Observatorio de Madrid que comenzó a realizarse en 1970, con partidas presupuestarias específicas, y que llevaría a la institución a instalar modernos telescopios fuera de la ciudad de Madrid, en los nuevos observatorios de Yebes (Guadalajara) y Calar Alto (Almería). Por su iniciativa se introdujo en el Observatorio una nueva actividad, la Radioastronomía, prácticamente inédita en España, con la adquisición de un radiotelescopio de ondas milimétricas.

Desempeñó el cargo de Director hasta el 2 de marzo de 1984, fecha en que le sustituyó Manuel López Arroyo. Se jubiló el 23 de diciembre de 1986. En su retiro en la provincia de Madrid, y hasta muy avanzada edad, continuó realizando cálculos matemáticos y astronómicos. Murió en octubre de 2016.

### **Bibliografía:**

- *El Real Observatorio de Madrid (1785-1975)*, por Manuel López Arroyo, 2004, IGN.
- *As matemáticas e a astronomía en Galicia*, por Iván Fernández Pérez y José Antonio Docobo Durántez, 2011, Universidade de Santiago de Compostela.

# **ÍNDICE ALFABÉTICO DE MATERIAS**



# Índice alfabético

- Año
  - duración, 124
- Aberración
  - ánua, 361
- Achatamiento
  - de la Tierra, 335
  - de los planetas, 184
- Acimut
  - de la estrella Polar, 266–267
- Albedo
  - de satélites naturales, 220–224
  - geométrico y de Bond, 183
- Año
  - duración del año juliano, 117
  - duración media de distintos tipos de año, 116
- Asteroides
  - datos físicos, 242
  - datos fotométricos, 242
  - efemérides, 245–255
  - elementos orbitales, 241
  - magnitud, V, 243
  - número de conocidos, 241
  - oposición, 244
  - rotación, 242
- Calendario
  - católico, 84–85
  - domingo de Pascua, 84
  - escritura numérica de fechas, 80
  - explicación general, 80
  - gregoriano, 83
  - israelita, 88–90
  - juliano, 85–86
  - musulmán, 86–88
  - perpetuo, 90–91
  - reforma gregoriana, 83
- Ceres
  - datos fotométricos, 234
  - descubrimiento, 235
  - efemérides, 236
  - elementos orbitales, 233
  - masa, tamaño, 235
  - traslación, 234
- Cometas
  - de corto periodo, 258–261
  - de largo periodo, 257
  - elementos orbitales, 257–260
  - que pasan por el perihelio este año, 36, 256
- Composición
  - abundancia solar de elementos químicos, 127
  - moléculas en el medio interestelar, 370
- Constantes
  - astronómicas, 365
  - astronómicas para J2000, 127
  - atómicas y espectroscópicas, 364
  - cosmológicas, 365
  - electromagnéticas, 364
  - equivalencias útiles, 180, 302, 365
  - factores de conversión, 365
  - fundamentales, 364

- prefijos del SI, 366
- Constelaciones
  - del cielo mes a mes, 38–61
  - esquemas, 278–283
  - posición y tamaño, 275–277
- Coordenadas
  - aparentes (aberración), 361
  - geográficas, *véase* Posiciones geográficas
  - medias (precesión), 358–360
  - verdaderas (nutación), 361
- Corrección de las coordenadas
  - por aberración ánuca, 361
  - por nutación, 361
  - por precesión, 358–360
  - por refracción atmosférica, 362–363
- Crepúsculo
  - civil, náutico y astron., 150
  - visibilidad de los planetas, 18–20
- Cúmulos estelares
  - abiertos o galácticos, 308
  - cerrados o globulares, 306
- 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, 329
  - en el sistema solar, 230
  - en la Vía Láctea, 302
  - ley de Hubble, 329
- Eclipses
  - de Luna durante el año, 70–74
  - 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, 289–294
  - cálculo de coordenadas aparentes, 358–363
  - cercanas, 289
  - constelaciones, *véase* Constelaciones
  - de gran mov. propio, 289
  - dobles, 294–296
  - equivalencias en distancias, 302
  - magnitud y brillo, 300
  - nombres usuales, 284–286
  - ocultación por la Luna, 34–36
  - Pléyades, 286
  - Polar, *véase* Polar
  - variables, 296–300
  - variables tipo Mira, 270
- Fases de la Luna, 14
- Fecha
  - escritura normalizada, 80
  - juliana, 81
- Fenómenos astronómicos
  - día a día, 37–61
  - resumen anual, 14–36
- Galaxias
  - brillantes, 325
  - cúmulos de galaxias, 326
  - cuásares, 325
  - del Grupo Local, 321
  - en catálogo de Messier, 313–315
  - infrarrojas, 326
  - ley de Hubble, 329
  - nombres usuales, 321–323
  - radiogalaxias, 325
  - tabla de distancias, 329
- Geomagnetismo
  - declinaciones magnéticas, 352–353
  - variación secular, 352
- Haumea
  - datos fotométricos, 234
  - descubrimiento, 235
  - efemérides, 238
  - elementos orbitales, 233
  - masa, tamaño, 235
  - satélites, 235
  - traslación, 234
- Interpolación
  - directa, 366–368
  - inversa, 368
- 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 2017), 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, 33–36  
 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, 306–308  
 de estrellas, 284–302  
 de galaxias brillantes, 325  
 de galaxias del Grupo Local, 321  
 de los planetas cada 20 días, 189–202  
 de objetos Messier, 313–315  
 de planetas en oposición, 183  
 de satélites en oposición, 220–224

definición, 300  
 del Sol: absolutas, aparentes, 125  
 diferencia de magnitudes y razón de brillos, 300  
 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 2017), 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 2017), 18–20

## Meteoroides

lluvias de meteoros, 262  
 meteoros, 261

## Nebulosas, *véase* Vía Láctea

de emisión, 311  
 de reflexión, 311  
 en catálogo de Messier, 313–315

- observación, 310–312
  - planetarias, 312
  - restos de supernova, 312
  - tipos, 308–310
- 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, 361
- Oblicuidad de la eclíptica
  - durante el año, 124
- Observaciones físicas
  - de los planetas, 189–202
  - del Sol, 130–141
- Observatorios
  - en el mundo, 341
  - en España, 340
- Ocultaciones
  - de asteroides por la Luna, 33–34
  - de estrellas por la Luna, 34–36
  - 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, 302, 365
- 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, 266–267
  - coord. ecuatoriales J2000, 263, 265
  - coord. horizontales, 264

- determinación de la latitud, 264
- Polo Norte
  - de la Vía Láctea, 304
  - del sistema solar, 180
  - del Sol, 125
- Posiciones geográficas
  - ciudades españolas, 338–339
  - convenios, 13
  - observatorios españoles, 340
  - observatorios mundiales, 341
- Precesión
  - cálculo aproximado, 358
  - cálculo exacto, 360
  - efecto sobre las coordenadas ecuatoriales, 358–360
- Refracción
  - corrección de la altura observada, 362–363
  - fórmula aproximada, 362
- 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 2017), 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, 349
  - Magnitud, 348
  - sismicidad España, 342–347
  - sismicidad mundial, 347–348
- 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 zodiaco, 17
  - luminosidad, 125
  - manchas solares, 154
  - 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
- DUTI*, 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 países 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*, *UTI*, 95
- Tierra
- comparación con otros planetas, *véase* Planetas
  - distancia al Sol, 142–143
  - elipsoides de referencia, 335–337
  - geomagnetismo, 352–353
  - masa, tamaño, 334
  - órbita, *véase* Órbita de la Tierra
  - periodo de rotación, 115
  - rotación, 335
  - satélites, 212–224
  - sismicidad, 342–352
  - unidades terrestres, 333
- Unidades
- astronómicas, 302, 365
  - día, 94
  - equivalencias útiles, 180, 302
  - factores de conversión, 365
  - segundo, 94
- Urano
- conjunción y oposición, 17
  - constelaciones recorridas, 17
  - datos orbitales, físicos y fotométricos, 181–185
  - descubrimiento, 186
  - efemérides, 198
  - efemérides orbitales, 17
  - efemérides para observaciones físicas, 199

satélites, 212–224  
visibilidad (en 2017), 18

### Vía Láctea

cúmulos, *véase* Cúmulos estelares  
características cerca del Sol, 305  
características globales, 304  
nebulosas, *véase* Nebulosas  
nubes moleculares, 310

### 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 2017), 18–20

### Zodíaco

definición, 17  
entrada del Sol en signos, 17