

# Anuario del Real Observatorio 2018



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE FOMENTO

INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
NACIONAL



ANUARIO  
DEL  
REAL  
OBSERVATORIO  
DE MADRID  
PARA 2018

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 2017  
Depósito legal: **M. 7.390-1958**  
NIPO: **162-09-...-.**  
ISSN: **0373-...**

Cubierta: En esta ilustración vemos el disco protoplanetario que rodea la joven estrella HL Tau, radioimagen obtenida a finales de 2014 utilizando la configuración de más larga base (15 km) de ALMA. Fue la primera la primera imagen detallada de un disco protoplanetario jamás conseguida, revelando la compleja estructura del disco a una escala de 3 ua.

En la ilustración pueden verse los anillos concéntricos de gas y polvo, separados por huecos que muy probablemente indican la formación de planetas predicha por las simulaciones hechas por ordenador. Desde entonces estas estructuras se observan regularmente con ALMA alrededor de otras estrellas jóvenes.

Cortesía de ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)



**Ministerio de Fomento**  
Instituto Geográfico Nacional

ANUARIO  
DEL  
REAL  
OBSERVATORIO  
DE MADRID  
PARA 2018



## 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

El año 2017 ha sido muy productivo científicamente para los astrónomos del Observatorio Astronómico Nacional (OAN, IGN). Dos proyectos de larga duración, denominados ASAI y GEMS, que han recibido un total de 1 000 horas de tiempo de observación con el radiotelescopio de 30 m del IRAM (Pico Veleta), se encuentran realizando estudios muy ambiciosos de astroquímica en el medio interestelar. Además, todos los temas de investigación del observatorio (estudios de formación estelar, las envolturas estrellas evolucionadas y el medio interestelar en galaxias externas) siguen alcanzando excelentes resultados gracias a las observaciones de alta calidad que se vienen realizando con los medios de observación propios o compartidos: Radiotelescopio de Yebes (IGN), Red Europea de VLBI (EVN), IRAM (Pico Veleta y NOEMA) y ALMA. NOEMA ya cuenta con nueve antenas operativas y ALMA comienza ahora su quinto ciclo anual de observaciones científicas con unas magníficas prestaciones técnicas.

Entre las actividades de astronomía del Observatorio de Yebes cabe destacar el proyecto NANOCOSMOS, financiado por la Comunidad Europea, en cuyo marco se está realizando una exploración sistemática y profunda, en un rango muy amplio de frecuencias, de las envolturas moleculares más interesantes de las observables desde el hemisferio norte. También con el radiotelescopio de 40 m se continua participando en la EVN, destacando la reacción rápida de la Red para observar la radiación posterior de eventos variables repentinos como ondas gravitacionales y ráfagas rápidas de radio. Además la antena de 40 m sigue co-observando muy frecuentemente con el radiotelescopio espacial ruso RADIOASTRON. En abril de 2017 participó en una campaña del Telescopio del Horizonte de Sucesos (EHT), dentro de una sesión de la Red Global de VLBI de Ondas Milimétricas, realizando interferometría con los mayores radiotelescopios del mundo operativos a muy alta frecuencia (NOEMA y ALMA).

En este año la plantilla científica del OAN se ha visto felizmente incrementada con la incorporación de tres jóvenes doctores: M. Querejeta, M. Santander y B. Tercero. Pero, simultáneamente, se ve seriamente mermada por la jubilación del Dr. Pere Planesas, quien se ocupó de la remodelación y posterior elaboración de este Anuario durante dieciséis años. Desde aquí enviamos nuestro agradecimiento y nuestros mejores deseos a tan distinguido astrónomo, excelente colaborador y entrañable amigo.

**Rafael Bachiller**

Director del Observatorio Astronómico Nacional

Octubre de 2017

## CAMBIOS RESPECTO DE LAS EDICIONES PRECEDENTES

En los dos últimos años ha sido posible determinar la forma de algunos planetas enanos, que resultan no ser totalmente esféricos. Por ello se ha cambiado ligeramente la tabla “Tamaño” de los planetas enanos, sustituyendo las dos columnas “diámetro ecuatorial” y “diámetro polar” por una sola “tamaño del elipsoide en km”. También se han ordenado de menor a mayor distancia al Sol todas las tablas de los planetas enanos excepto la tabla descubrimientos que continua ordenada cronologicamente.

En esta edición del Anuario se ha reducido el tamaño del capítulo dedicado a la Tierra eliminando el apartado correspondiente a los datos geofísicos.

A lo largo del año 2017 se han descubierto dos nuevos satélites de Júpiter S/2016 J1, S/2017 J1 que no han sido incluidos en el capítulo Satélites.

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

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

La correspondencia sobre este Anuario debe ser enviada a:

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

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

**María Sánchez Ramos.**  
Astrónoma.

## OBSERVATORIO ASTRONÓMICO NACIONAL (IGN)

Astrónomos del OAN a fecha de 1 de octubre de 2017

Bachiller García, Rafael, *Director*

Alcolea Jiménez, Javier

Alonso Albi, Tomás

Bujarrabal Fernández, Valentín

Colomer Sanmartín, Francisco

Desmurs, Jean-François

Fuente Juan, María Asunción

García Burillo, Santiago

Gómez González, Jesús

Planesas Bigas, Pere

Querejeta Pérez, Miguel

Rioja Capellán, María José

Sánchez Ramos, María

Santander García, Miguel

Soria Ruiz, Rebeca

Tafalla García, Mario

Tercero Martínez, Belén

Usero Villanueva, Antonio

**DIRECCIONES POSTALES**

Sede central:

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

Instalación Científico-Técnica Singular (ICTS):

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

Sede en el campus de la Universidad de Alcalá:

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

Observatorios con participación del IGN en España:

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

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

# Índice temático

## Fenómenos astronómicos:

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

## Calendarios y tiempos:

Calendarios	81
Tiempos	95
Escalas de tiempo	96
Husos horarios	104
Tablas de tiempos	110

## Efemérides astronómicas:

### El Sol:

Datos solares	125
Efemérides	130
Fórmulas, ortos, ocasos, etc	144

### La Luna:

Datos lunares	157
Efemérides	161
Fórmulas, ortos, ocasos, etc	175

### Los planetas:

Datos planetarios	182
Efemérides de los planetas	188
Fórmulas, ortos, ocasos, etc	204

### Satélites naturales:

Datos de los satélites	211
Satélites de Júpiter	226
Tabla de equivalencias para distancias	232

### Objetos menores del sistema solar:

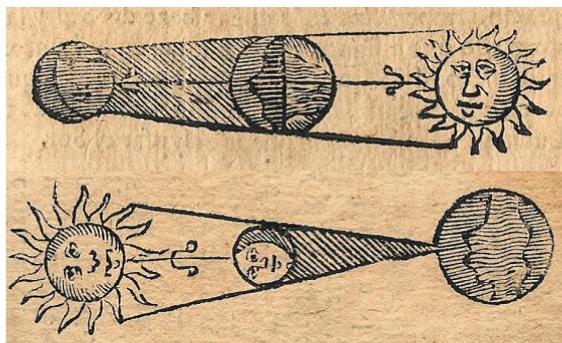
Planetas enanos	234
Asteroides	243
Cometas	259
Meteoros y lluvias de meteoros	264

### Efemérides estelares:

Estrella Polar	267
Mínimos de Algol y $\beta$ Lyr	272
Máximos de variables tipo Mira	273

Catálogos:	
Constelaciones	278
Estrellas:	288
Brillantes	293
Dobles	298
Variables	301
Relación entre magnitud y brillo	305
Conversión de distancias en la Vía Láctea	306
Vía Láctea:	
Características de la Vía Láctea	308
Cúmulos estelares	310
Nebulosas	312
Catálogo de Messier de objetos difusos	317
Objetos extragalácticos	321
La Tierra:	
Datos físicos, geodésicos y cartográficos:	337
Elipsoides de referencia	339
Posiciones geográficas de ciudades	342
Posiciones geográficas de observatorios	344
Tablas complementarias:	
Corrección de coordenadas astronómicas:	
Tablas y fórmulas de precesión	350
Fórmulas de nutación y aberración	353
Corrección de refracción atmosférica	354
Tablas de constantes físicas y astronómicas	356
Interpolación numérica	358
Moléculas interestelares	362
Artículos de divulgación:	
La biblioteca del Observatorio Astronómico de Madrid por <i>Pere Planesas Bigas</i>	369
Planetas extrasolares por <i>Julio Solís García</i>	391
Índice alfabético	411

# 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:

$$\text{día juliano} = 2458118,5 + \text{día del año} + \text{TU}/24^h$$

## 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 2018

### Inicio de las estaciones

Hemisferio boreal	Fecha y hora en Tiempo Universal (TU)	Hemisferio austral	duración en días
Primavera	20 de marzo a las 16 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>	Otoño	92,74
Verano	21 de junio a las 10 <sup>h</sup> 07 <sup>m</sup>	Invierno	93,66
Otoño	23 de setiembre a las 01 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup>	Primavera	89,85
Invierno	21 de diciembre a las 22 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup>	Verano	88,98

### Órbita de la Tierra

Perihelio (distan. mínima)	3 de enero a las 06 <sup>h</sup> TU	0,983284 ua
Afelio (distan. máxima)	6 de julio a las 17 <sup>h</sup> TU	1,016696 ua

ua = unidad astronómica = 149 597 870 km

### Fases de la Luna

Luna nueva		Cuarto crec.		Luna llena		Cuarto meng.	
mes	día h m	mes	día h m	mes	día h m	mes	día h m
				Ene	02 02 24	Ene	08 22 25
Ene	17 02 17	Ene	24 22 20	Ene	31 13 27	Feb	07 15 54
Feb	15 21 05	Feb	23 08 09	Mar	02 00 51	Mar	09 11 20
Mar	17 13 12	Mar	24 15 35	Mar	31 12 37	Abr	08 07 18
Abr	16 01 57	Abr	22 21 46	Abr	30 00 58	May	08 02 09
May	15 11 48	May	22 03 49	May	29 14 20	Jun	06 18 32
Jun	13 19 43	Jun	20 10 51	Jun	28 04 53	Jul	06 07 51
Jul	13 02 48	Jul	19 19 52	Jul	27 20 20	Ago	04 18 18
Ago	11 09 58	Ago	18 07 49	Ago	26 11 56	Set	03 02 37
Set	09 18 01	Set	16 23 15	Set	25 02 52	Oct	02 09 45
Oct	09 03 47	Oct	16 18 02	Oct	24 16 45	Oct	31 16 40
Nov	07 16 02	Nov	15 14 54	Nov	23 05 39	Nov	30 00 19
Dic	07 07 20	Dic	15 11 49	Dic	22 17 49	Dic	29 09 34

### Eclipses

Fecha	Astro	Tipo	Visibilidad
Ene 31	Luna	total	Asia, Australia, Pacífico y Norteamérica
Feb 15	Sol	parcial	Antártida y sur de Sudamérica
Jul 13	Sol	parcial	Sur de Australia y costa antártica
Jul 27	Luna	total	Sudamérica, Europa, África, Asia, Australia
Ago 11	Sol	parcial	Norte de Europa y noreste de Asia

En 2019 habrá tres eclipses de Sol y dos de Luna. El próximo eclipse solar visible en España tendrá lugar el día 10 de junio de 2021.

**Mercurio**

		Máximas elongaciones									
Este		Oeste		Este		Oeste					
Mar	15	18°4	Abr	29	27°0	Jul	12	26°4	Ago	26	18°3
Nov	6	23°3	Dic	15	21°2						

		Órbita		Brillo máximo (magnitud V)	
Conjunción superior		Feb 17, Jun 6, Set 21			
Estacionario		Mar 22, Jul 25, Nov 17		Feb 19	-1,5
Conjunción inferior		Abr 1, Ago 9, Nov 27		Jun 6	-2,2
Estacionario		Abr 14, Ago 18, Set 4, Dic 6		Set 19	-1,6
Afelio		Ene 25, Abr 23, Jul 20, Oct 16			
Perihelio		Mar 10, Jun 6, Set 2, Nov 29			

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

**Venus**

		Órbita		Brillo máximo (magnitud V)	
Conjunción superior		Ene 9	1,711 ua		
Máxima elongación Este		Ago 17	45°9	Set 25	-4,5
Estacionario		Oct 5		Nov 30	-4,5
Conjunción inferior		Oct 26	0,272 ua		
Máximo acercamiento a la Tierra		Oct 27	0,27212 ua		
Estacionario		Nov 14			
Afelio		Ene 23, Set 5			
Perihelio		May 15, Dic 26			

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 descendente		Mar 16			
Estacionario		Jun 28		Jul 28	-2,8
Oposición		Jul 27	0,386 ua		
Máximo acercamiento a la Tierra		Jul 31	0,38496 ua		
Estacionario		Ago 28			
Perihelio		Set 16	1,381 ua		
Estaciones en el hemisferio Norte:					
Equinoccio de otoño		May 22			
Solsticio de invierno		Oct 16			

## Planetas exteriores

Planeta	Conjunción	Estacionario	Oposición	Estacionario	Conjunción
Júpiter		Mar 09 <sup>d</sup> 10 <sup>h</sup>	May 09 <sup>d</sup> 00 <sup>h</sup>	Jul 11 <sup>d</sup> 04 <sup>h</sup>	Nov 26 <sup>d</sup> 06 <sup>h</sup>
Saturno		Abr 18 <sup>d</sup> 02 <sup>h</sup>	Jun 27 <sup>d</sup> 13 <sup>h</sup>	Set 06 <sup>d</sup> 11 <sup>h</sup>	
Urano	Abr 18 <sup>d</sup> 14 <sup>h</sup>	Ago 07 <sup>d</sup> 21 <sup>h</sup>	Oct 24 <sup>d</sup> 00 <sup>h</sup>		
Neptuno	Mar 04 <sup>d</sup> 14 <sup>h</sup>	Jun 19 <sup>d</sup> 12 <sup>h</sup>	Set 07 <sup>d</sup> 18 <sup>h</sup>	Nov 25 <sup>d</sup> 08 <sup>h</sup>	

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

El día 17 de abril Saturno pasará por el afelio de su órbita (su distancia al Sol será 10,1 ua) y el 21 de octubre alcanzará una máxima declinación sur de  $-22^\circ$ . 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 2018 de  $26^\circ$ .

Los días 10 de mayo y 27 de junio se producirán los máximos acercamientos anuales de Júpiter y Saturno a la Tierra, alcanzando unos diámetros de  $44''8$  y  $18''4$ , respectivamente.

Plutón se encontrará en el nodo descendente de su órbita el día 24 de octubre y el 16 de noviembre se producirá el máximo acercamiento de Juno a la Tierra durante el periodo comprendido entre 1980 y 2060.

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

Acuario	Ene	20 <sup>d</sup>	03 <sup>h</sup>	10 <sup>m</sup>	Leo	Jul	22 <sup>d</sup>	21 <sup>h</sup>	00 <sup>m</sup>
Piscis	Feb	18 <sup>d</sup>	17 <sup>h</sup>	19 <sup>m</sup>	Virgo	Ago	23 <sup>d</sup>	04 <sup>h</sup>	09 <sup>m</sup>
Aries	Mar	20 <sup>d</sup>	16 <sup>h</sup>	16 <sup>m</sup>	Libra	Set	23 <sup>d</sup>	01 <sup>h</sup>	54 <sup>m</sup>
Tauro	Abr	20 <sup>d</sup>	03 <sup>h</sup>	13 <sup>m</sup>	Escorpio	Oct	23 <sup>d</sup>	11 <sup>h</sup>	23 <sup>m</sup>
Géminis	May	21 <sup>d</sup>	02 <sup>h</sup>	15 <sup>m</sup>	Sagitario	Nov	22 <sup>d</sup>	09 <sup>h</sup>	02 <sup>m</sup>
Cáncer	Jun	21 <sup>d</sup>	10 <sup>h</sup>	07 <sup>m</sup>	Capricornio	Dic	21 <sup>d</sup>	22 <sup>h</sup>	23 <sup>m</sup>

El zodiaco es una banda de la esfera celeste de  $18^\circ$  de anchura centrada en la eclíptica. Esta se divide convencionalmente en doce partes iguales denominadas *signos* que corresponden a arcos de  $30^\circ$  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  $30^\circ$  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 2018

Planeta	En el crepúsculo matutino		En el crepúsculo vespertino	
Mercurio	Ene 1	– Feb 1	Feb 27	– Mar 25
	Abr 16	– May 30	Jun 13	– Jul 25
	Ago 18	– Set 12	Oct 5	– Nov 20
	Dic 3	– Dic 31		–
Venus		–	Feb 19	– Oct 9
	Nov 1	– Dic 31		–
Marte	Ene 1	– Ago 3	Jul 26	– Dic 31
Júpiter	Ene 1	– May 19	May 3	– Nov 14
	Dic 9	– Dic 31		–
Saturno	Ene 7	– Jul 4	Jun 20	– Dic 17
Urano		–	Ene 1	– Mar 22
	May 31	– Oct 29	Oct 15	– 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 aquellas 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 2018 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.

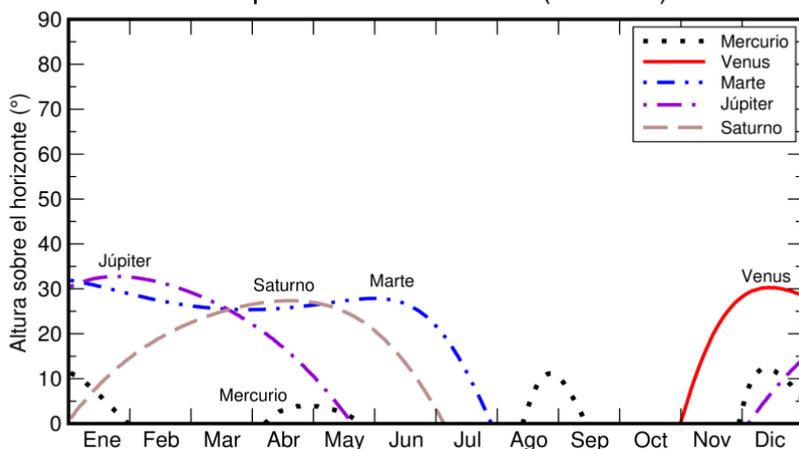
Venus se verá como lucero vespertino desde el mediados de febrero hasta octubre y como astro matutino en noviembre y diciembre. Alcanzará su brillo máximo a finales de setiembre ( $-4,5$ ) y de noviembre ( $-4,5$ ).

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

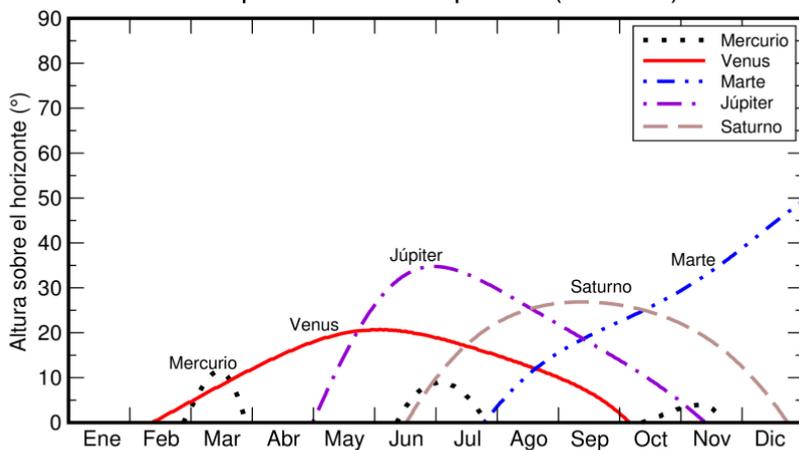
Júpiter será visible al amanecer de enero a abril, durante la primera quincena de mayo se verá toda la noche, pasando a verse al atardecer hasta mediados del mes de noviembre, terminará siendo visible al amanecer durante el mes de diciembre.

Saturno será visible al amanecer de enero hasta mediados de junio, durante la segunda quincena de junio se verá toda la noche, pasando a verse al atardecer hasta mediados 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, Marte, Júpiter y Saturno son visibles al amanecer. Al atardecer es visible Urano.
Febrero	Marte, Júpiter y Saturno lucen por la mañana y al atardecer serán visibles Urano y desde mediados de mes Venus.
Marzo	Marte, Júpiter y Saturno siguen siendo visibles al amanecer. Se verán al atardecer Mercurio, Venus y Urano.
Abril	Mercurio, Marte, Júpiter y Saturno seguirán luciendo por la mañana, Venus será visible al atardecer.
Mayo	Marte y Saturno serán visibles al amanecer, Júpiter será visible toda la noche, pasando a ser visible por la tarde junto a Venus.
Junio	Marte y Urano serán visibles al amanecer junto con Saturno que pasará a ser visible toda la noche desde mediados de mes. Venus y Júpiter serán visibles al atardecer.
Julio	Urano será visible al amanecer junto con Marte, que pasará a ser visible toda la noche. Saturno será visible casi toda la noche pasando a verse al atardecer junto con Mercurio, Venus, Júpiter y Saturno.
Agosto	Urano será visible al amanecer. Venus, Marte, Júpiter y Saturno se verán al atardecer.
Septiembre	Urano seguirá siendo visible al amanecer, Venus, Marte, Saturno y Júpiter al atardecer.
Octubre	Urano seguirá siendo visible al amanecer, pasando a ser visible durante toda la noche a mediados de mes. Mercurio, Marte, Júpiter y Saturno visibles al atardecer.
Noviembre	Venus será visible al amanecer. Mercurio, Marte, Saturno, Urano y, hasta mediados de mes, Júpiter serán visibles al atardecer.
Diciembre	Mercurio, Venus y Júpiter son visibles al amanecer, mientras que Marte, Urano y, hasta mediados del mes, Saturno se verá al atardecer.

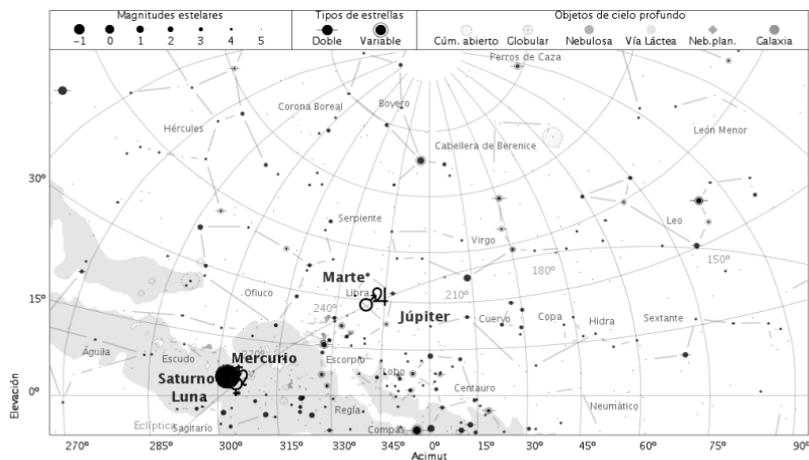
---

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

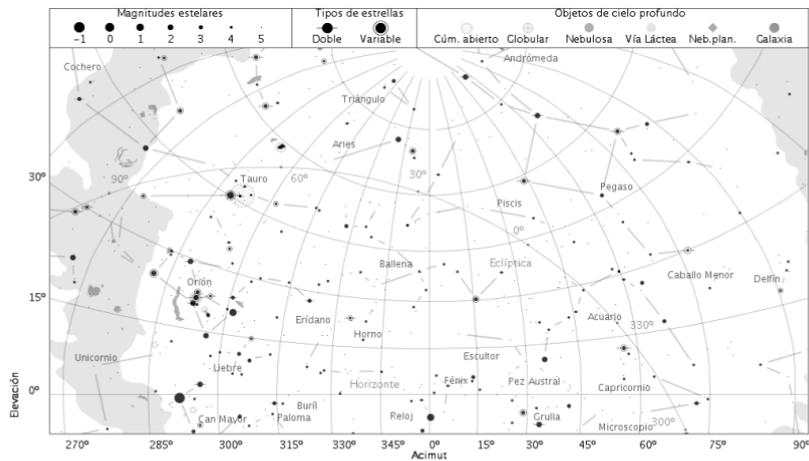
En las páginas siguientes se muestra el aspecto del cielo nocturno meridional en Madrid para el día 15 de cada mes, con indicación de la posición de los planetas visibles a la hora indicada. Esta corresponde a aproximadamente una hora antes de la salida del Sol o una hora después de la puesta del Sol,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

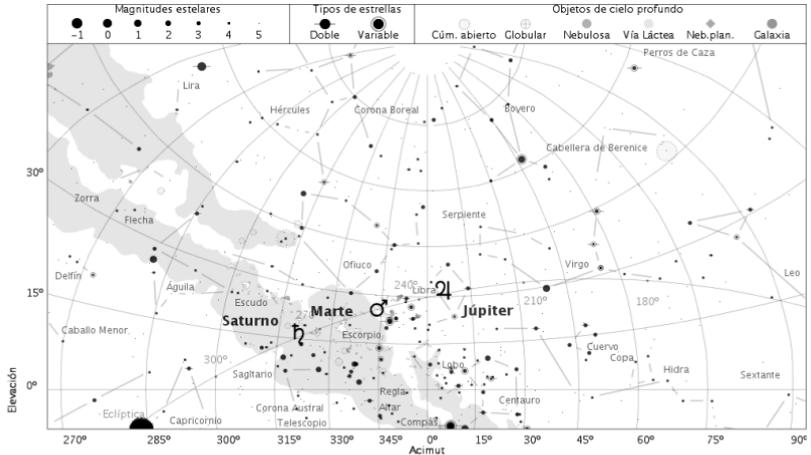
15 de enero de 2018, a las 6:45 TU



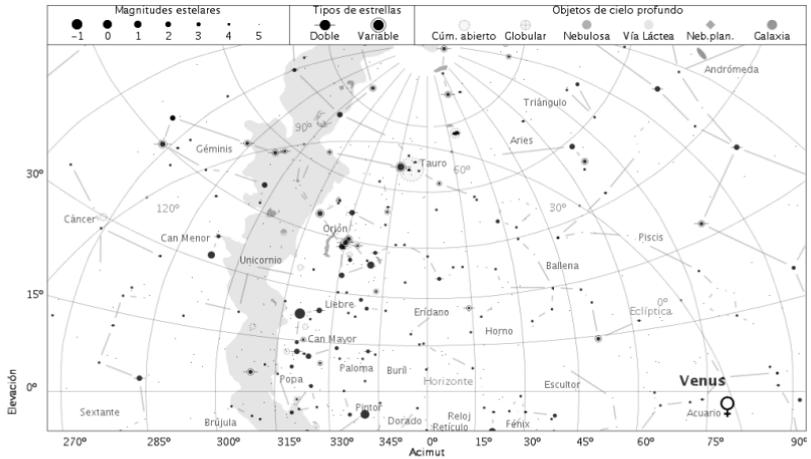
15 de enero de 2018, a las 18:15 TU



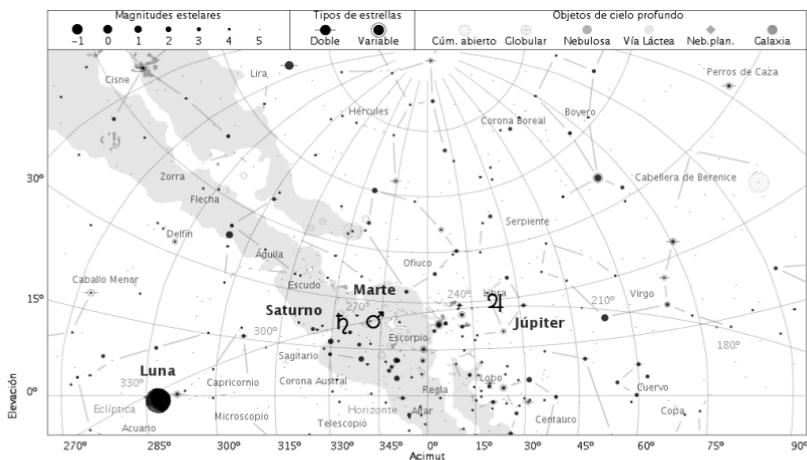
15 de febrero de 2018, a las 6:15 TU



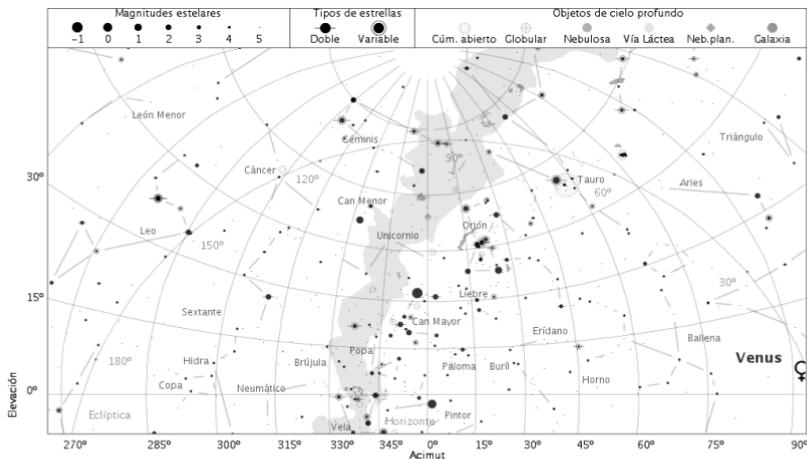
15 de febrero de 2018, a las 18:45 TU



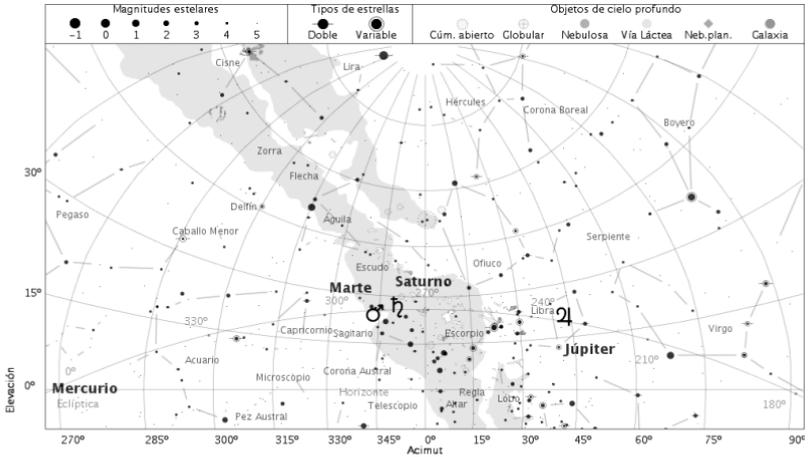
15 de marzo de 2018, a las 5:30 TU



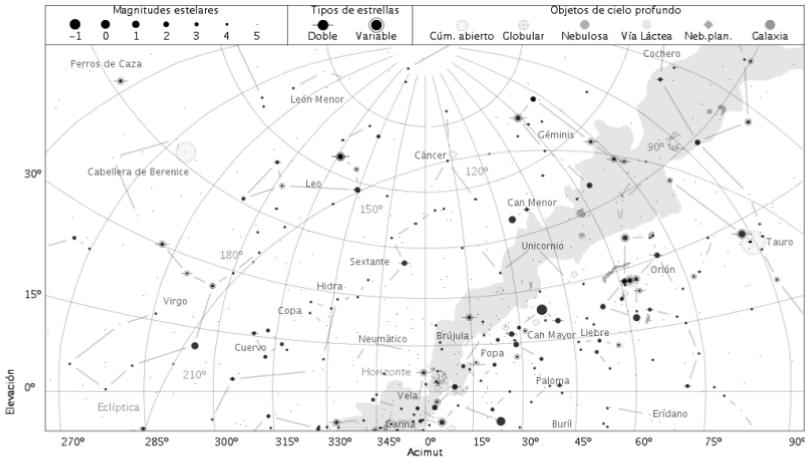
15 de marzo de 2018, a las 19:15 TU



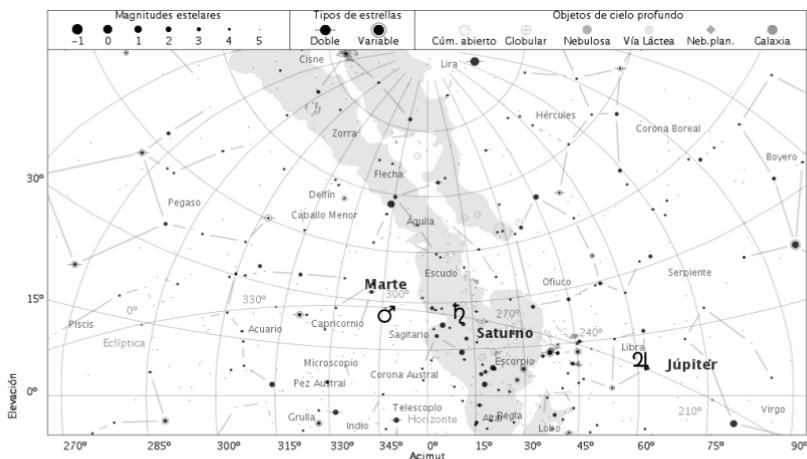
15 de abril de 2018, a las 4:45 TU



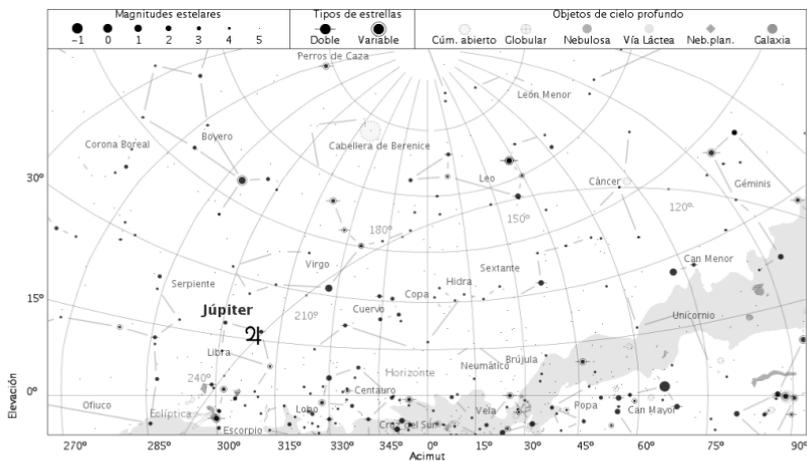
15 de abril de 2018, a las 19:45 TU



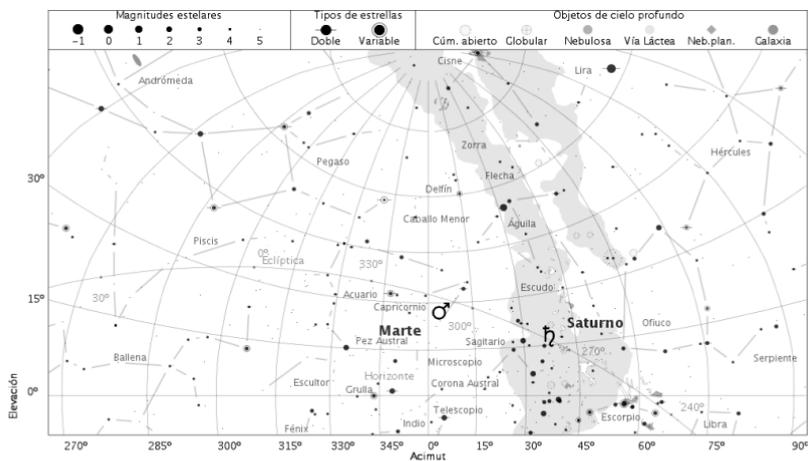
15 de mayo de 2018, a las 4:00 TU



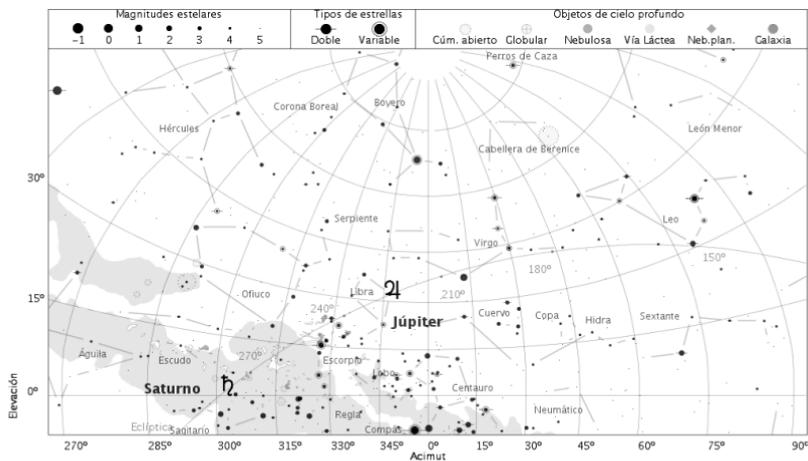
15 de mayo de 2018, a las 20:15 TU



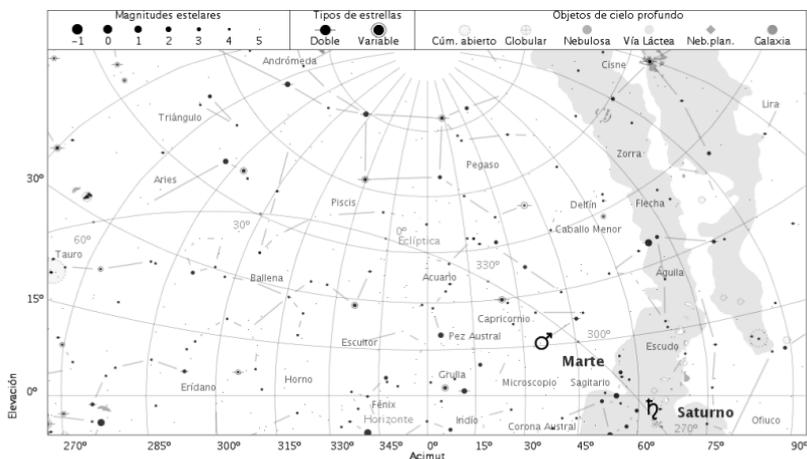
15 de junio de 2018, a las 3:45 TU



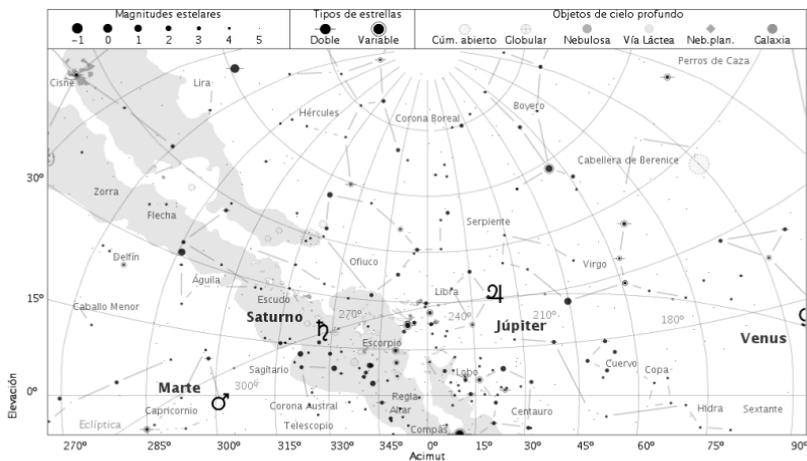
15 de junio de 2018, a las 20:45 TU



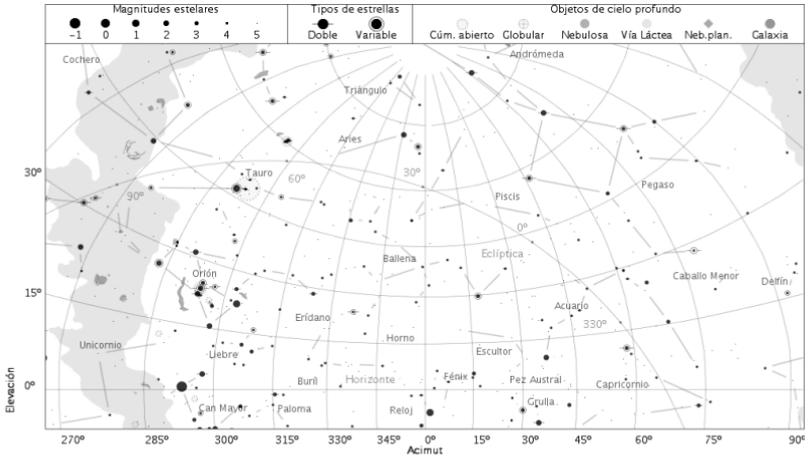
15 de julio de 2018, a las 4:00 TU



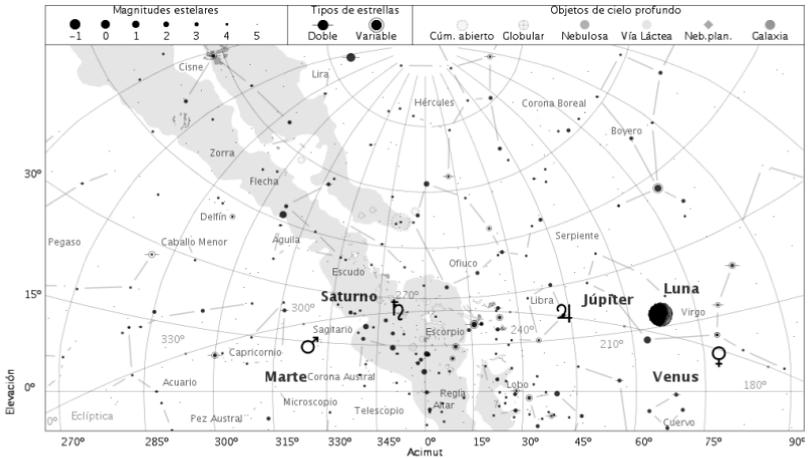
15 de julio de 2018, a las 20:45 TU



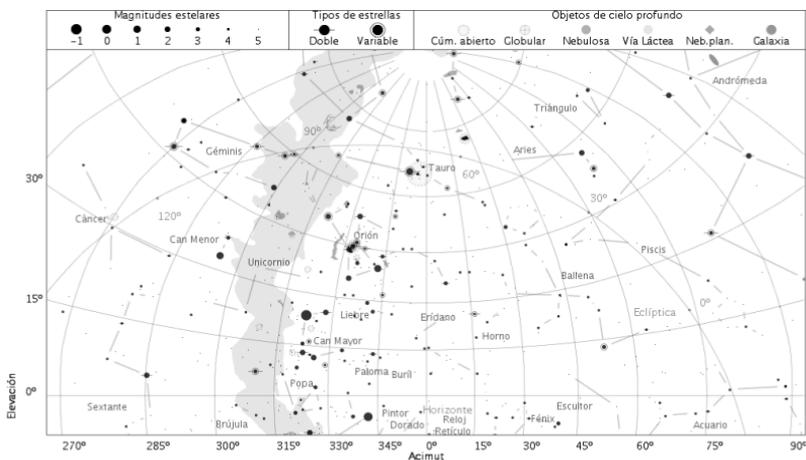
15 de agosto de 2018, a las 4:30 TU



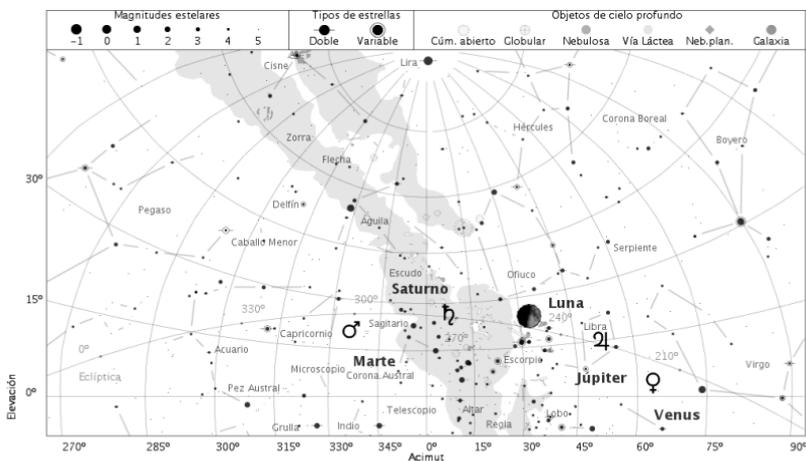
15 de agosto de 2018, a las 20:15 TU



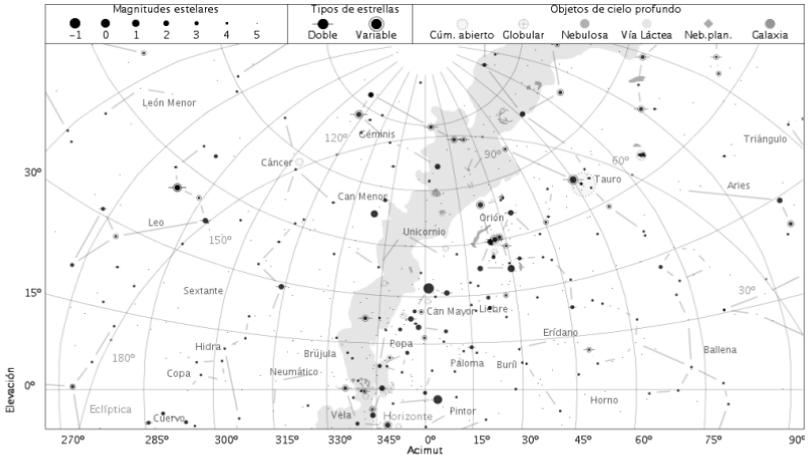
15 de setiembre de 2018, a las 5:00 TU



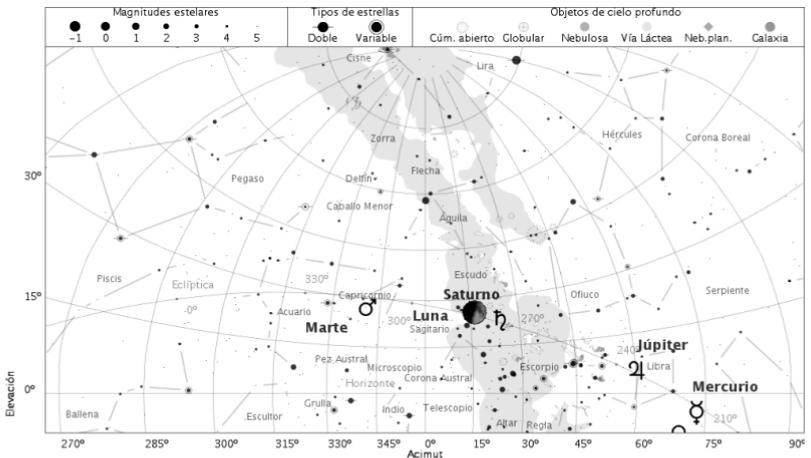
15 de setiembre de 2018, a las 19:15 TU



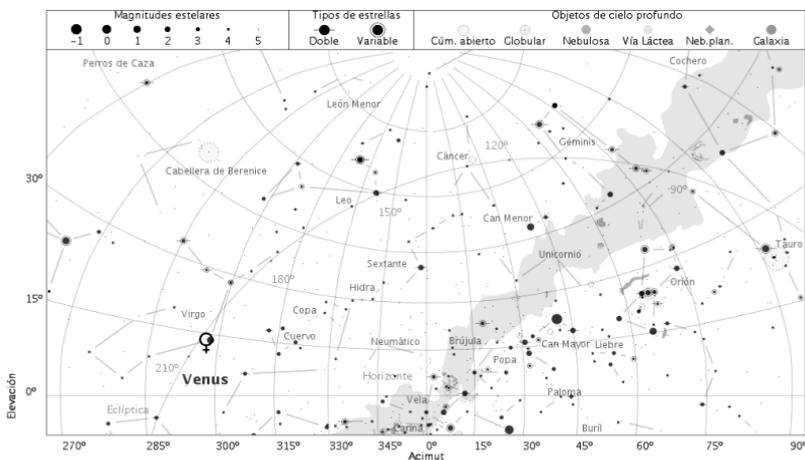
15 de octubre de 2018, a las 5:30 TU



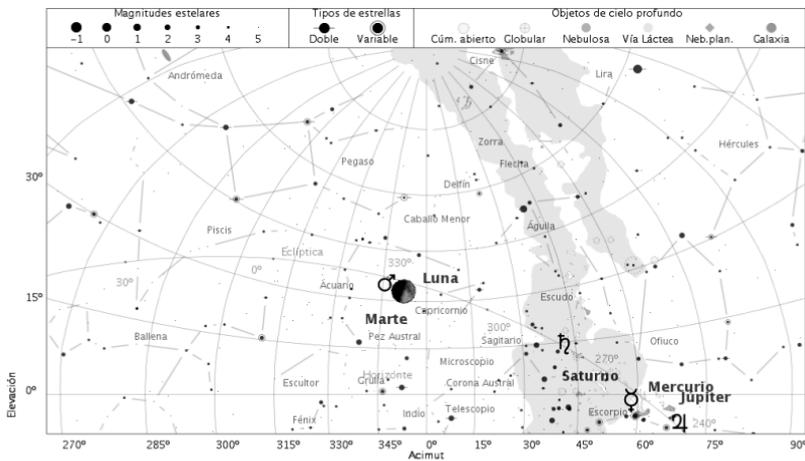
15 de octubre de 2018, a las 18:30 TU



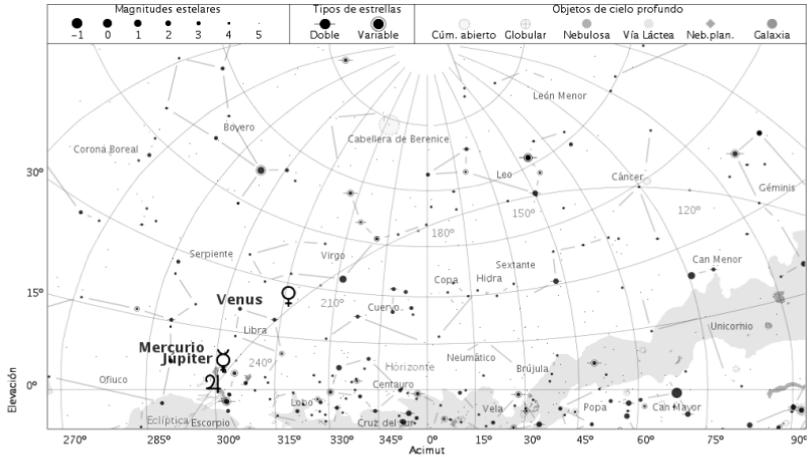
15 de noviembre de 2018, a las 6:00 TU



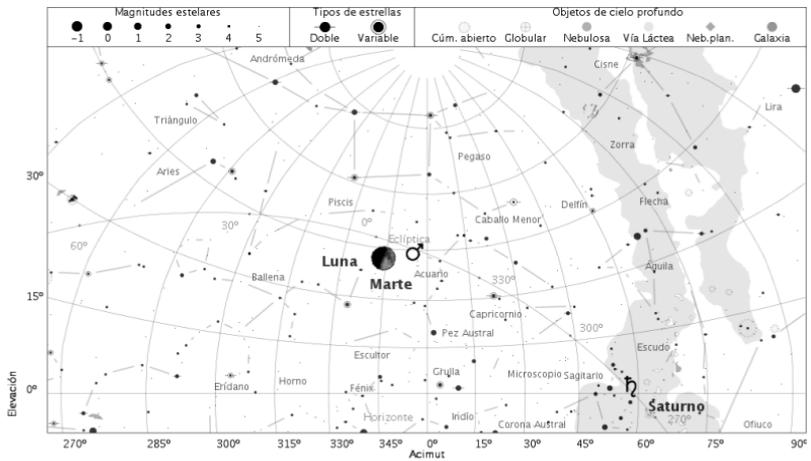
15 de noviembre de 2018, a las 18:00 TU



15 de diciembre de 2018, a las 6:30 TU



15 de diciembre de 2018, a las 17:45 TU



## Ocultaciones relevantes por la Luna o el Sol en 2018

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

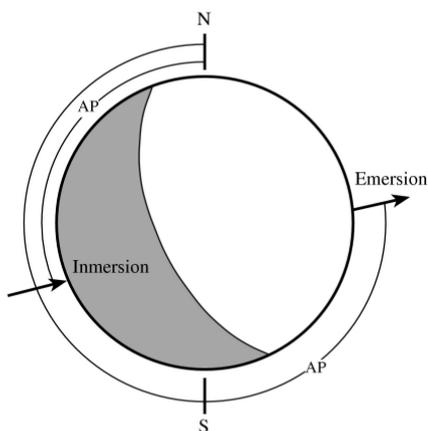
### *Ocultación de planetas por la Luna*

Mercurio es ocultado por la Luna:	Feb 15, Set 8
Venus es ocultado por la Luna:	Feb 16
Marte es ocultado por la Luna:	Nov 16
Saturno es ocultado por la Luna:	Dic 9

El día 9 de diciembre comenzará una serie de ocultaciones de Saturno que terminarán el 29 de noviembre de 2019.

Ninguna de las ocultaciones anteriores será visible desde Madrid.

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



### *Ocultación de Plutón por la Luna*

El día 12 de noviembre comenzará una serie de ocultaciones del planeta enano Plutón por la Luna, la primera de estas ocultaciones será visible desde la península.

### *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 18, Feb 15, Set 24, Nov 17* Dic 15
Iris es ocultado por la Luna:	May 18
Juno es ocultado por la Luna:	Ago 4
Flora es ocultado por la Luna:	Ene 2, Ago 12, Set 10, Oct 8* Nov 5, Dic 3
Vesta es ocultado por la Luna:	Ene 12, Feb 9, Jun 27

La ocultación de Astraea del 17 de noviembre y la de Flora del 8 de octubre se producirán durante el día.

*Ocultación de estrellas brillantes por la Luna*

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

Ene 27	Feb 23*	Mar 22	Abr 19
May 16	Jun 12	Jul 10	Ago 6
Set 3			

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.

La ocultación del día 23 de febrero se producirá durante el día.

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

Ene 5*	Feb 1	Mar 1*	Mar 28
Abr 24			

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

La ocultación del día 5 de enero y la emersión de la ocultación del 1 de marzo se producirá durante el día.

**Ocultaciones de Régulo en Madrid**

Fase	TU	A.P.	borde ( $\zeta$ )	altura	A	B
1 de marzo:						
Inmersión	6 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> ;5	122°	oscuro	1°	-0,3 <sup>m</sup> /°	-1,5 <sup>m</sup> /°

En 2018 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:

$\pi$ Sgr, NZC 2797, ( $V = 2,9$ )	Abr 8*
$\chi^2$ Sgr, NZC 2759, ( $V = 3,5$ )	May 5*
$\rho$ Sgr, NZC 2779, ( $V = 3,8$ )	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.

Características de la ocultación de otras estrellas brillantes

Fase	TU	A.P.	borde ( $\downarrow$ )	altura	$A$	$B$
Abril 8: $\pi$ Sgr, ( $V = 2,9$ )						
Emersión	3 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup> 4	249°	oscuro	13°	1,5 <sup>m</sup> °	1,8 <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.

*Ejemplo:* Para calcular el tiempo de inmersión de Régulo en su ocultación del 1 de marzo para un observador situado en Lugo se procede como sigue:

$$\begin{aligned}\Delta\lambda &= \lambda_{Lugo} - \lambda_{Madrid} = (-7^{\circ},6) - (-3^{\circ},7) = -3^{\circ},9 \\ \Delta\phi &= \phi_{Lugo} - \phi_{Madrid} = 43^{\circ},0 - 40^{\circ},4 = 2^{\circ},6\end{aligned}$$

Inmersión:

$$\begin{aligned}TU &= 6 \text{ h } 25,5 \text{ min} + (-0,3) \text{ min}^{\circ} \times (-3,9^{\circ}) + (-1,5) \text{ min}^{\circ} \times (2,6^{\circ}) \\ &= 6 \text{ h } 22,8 \text{ min}\end{aligned}$$

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 2018

Sólo se han considerado los 75 primeros cometas periódicos 2018

Nombre del cometa	mes	día	distancia a		elongación (°)
			Sol (ua)	Tierra (ua)	
74P/Smirnova-Chernykh	Feb	4	3,56	2,74	140
62P/Tsuchinshan 1	Mar	11	1,49	1,18	86
37P/Forbes	Abr	23	1,58	1,58	71
66P/du Toit	May	12	1,27	1,00	79
49P/Arend-Rigaux	Jul	14	1,43	2,40	12
59P/Kearns-Kwee	Set	11	2,36	2,60	65
21P/Giacobini-Zinner	Set	15	1,03	0,31	86
48P/Johnson	Set	16	2,31	1,52	131
26P/Grigg-Skjellerup	Oct	2	1,09	2,04	13
64P/Swift-Gehrels	Oct	20	1,38	0,47	138
60P/Tsuchinshan 2	Dic	6	1,62	1,24	92
46P/Wirtanen	Dic	12	1,05	0,07	157

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.

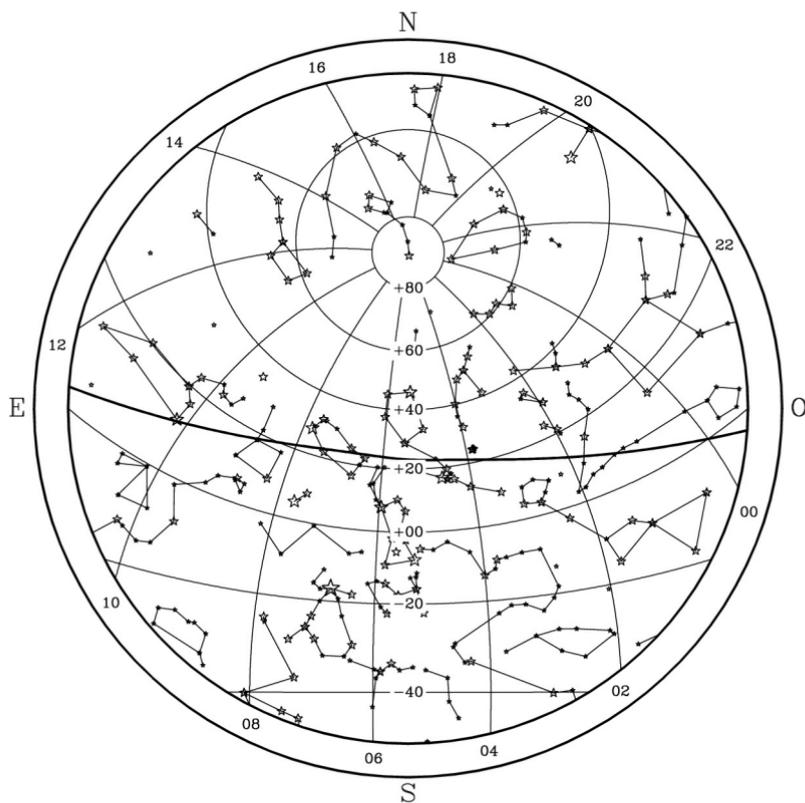
Se incluye para cada mes un mapa celeste que representa el aspecto del cielo, proyectado sobre un plano, tal como lo vería tras anochecer a mediados de mes un observador situado en la península. En tales mapas se han representado las estrellas más significativas de las constelaciones, así como trazos 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 2018**

- 1 Luna en perigeo
- 2 Flora 1°2 al N de la Luna (Ocultación)
- 2 Flora en oposición
- 2 Luna llena
- 2 Marte 0°6 al N de Zuben el Genubi
- 2 Urano estacionario en ascensión recta
- 3 Máximo de las Cuadrántidas
- 3 Tierra en el perihelio
- 5 La Luna 0°8 al N de Régulo (Ocultación)
- 7 Marte 0°2 al S de Júpiter
- 8 Cuarto menguante
- 9 Venus en conjunción superior con el Sol
- 10 Euterpe en conjunción con el Sol
- 11 La Luna 4° al N de Júpiter y 5° al N de Marte
- 12 Vesta 0°3 al N de la Luna (Ocultación)
- 13 Mercurio 0°6 al S de Saturno
- 15 La Luna 3° al N de Mercurio y 3° al N de Saturno
- 15 Luna en apogeo
- 17 Luna nueva
- 18 Astraea 0°0 al N de la Luna (Ocultación)
- 18 Hebe 1°3 al S de la Luna
- 18 Hygiea 2° al N de la Luna
- 20 El Sol entra en Acuario
- 20 La Luna 2° al S de Neptuno
- 20 Mercurio 3° al N de Nunki
- 23 Venus en afelio
- 24 Cuarto creciente
- 24 La Luna 5° al S de Urano
- 25 Mercurio en afelio
- 26 Partenope en oposición
- 27 La Luna 0°5 al N de Aldebarán (Ocultación)
- 30 Luna en perigeo
- 31 Ceres en oposición
- 31 Eclipse total de Luna
- 31 Luna llena

**Coordenadas para el día 15**

Planeta	Asc.recta ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )	Declin. ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )	Magnitud
Mercurio	18 22,5	-23 19	-0,2
Venus	19 53,3	-21 51	-3,8
Marte	15 22,8	-17 43	1,4
Júpiter	15 7,9	-16 28	-1,7
Saturno	18 13,0	-22 31	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

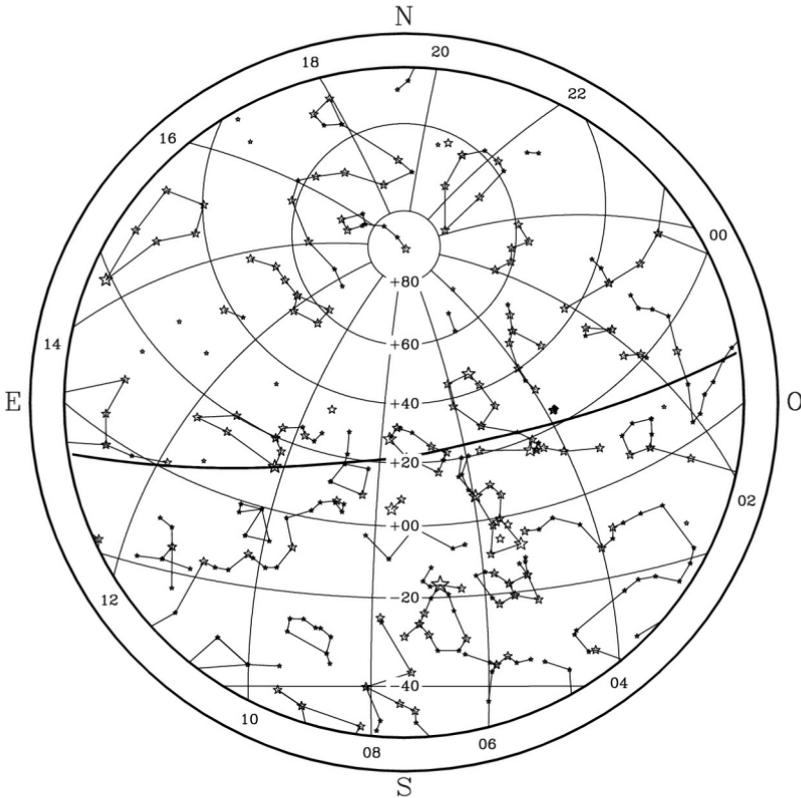
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

**Febrero 2018**

- 1 Fortuna en oposición
- 1 La Luna 0°9 al N de Régulo (Ocultación)
- 1 Marte 0°4 al S de Graffias
- 6 Astrea en conjunción con el Sol (Ocultación)
- 7 Cuarto menguante
- 7 La Luna 4° al N de Júpiter
- 9 La Luna 4° al N de Marte
- 9 Vesta 0°9 al N de la Luna (Ocultación)
- 10 Marte 5° al N de Antares
- 11 Hygiea en conjunción con el Sol
- 11 La Luna 3° al N de Saturno
- 11 Luna en apogeo
- 14 Juno en conjunción con el Sol
- 14 Victoria en conjunción con el Sol
- 15 Eclipse parcial de Sol
- 15 La Luna 1°1 al N de Mercurio (Ocultación)
- 15 Astrea 0°7 al N de la Luna (Ocultación)
- 15 Luna nueva
- 16 La Luna 0°5 al S de Venus (Ocultación)
- 17 La Luna 2° al S de Neptuno
- 17 Mercurio en conjunción superior con el Sol
- 18 El Sol entra en Piscis
- 19 Brillo máximo de Mercurio
- 20 La Luna 5° al S de Urano
- 23 Cuarto creciente
- 23 La Luna 0°6 al N de Aldebarán (Ocultación)
- 27 Luna en perigeo

**Coordenadas para el día 15**

Planeta	Asc.recta (h m)	Declin. (° ')	Magnitud
Mercurio	21 49,1	-15 22	-1,4
Venus	22 29,7	-11 1	-3,8
Marte	16 41,7	-21 44	1,0
Júpiter	15 21,5	-17 17	-1,9
Saturno	18 26,7	-22 25	0,6



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

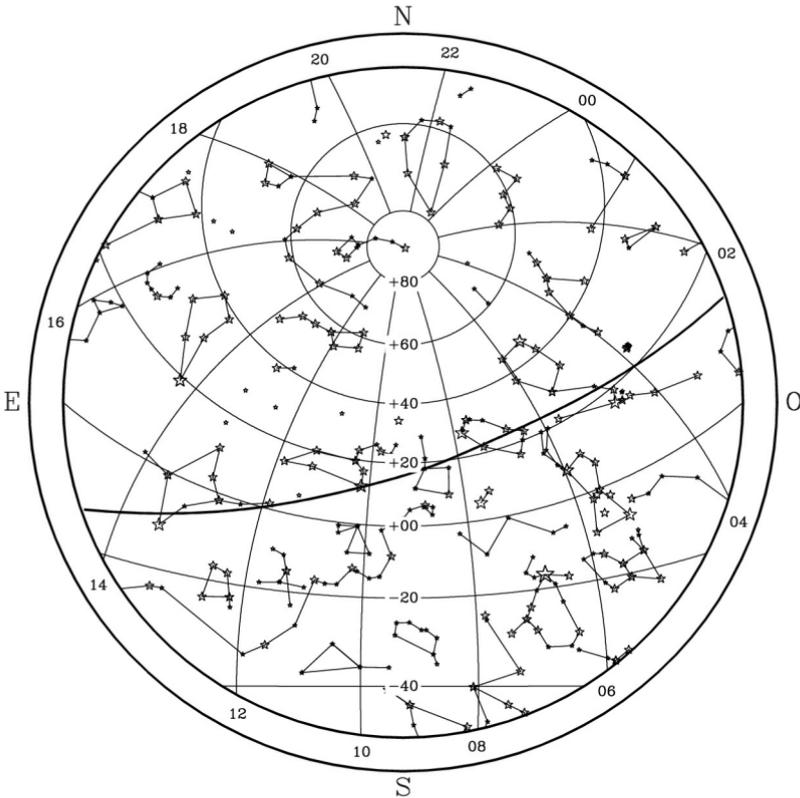
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

**Marzo 2018**

- 1 La Luna 0°9 al N de Régulo (Ocultación)
- 2 Luna llena
- 3 Hebe en conjunción con el Sol
- 4 Neptuno en conjunción con el Sol
- 5 Mercurio 1°4 al N de Venus
- 7 La Luna 4° al N de Júpiter
- 9 Cuarto menguante
- 9 Júpiter estacionario en ascensión recta
- 9 Vesta 2° al N de la Luna
- 10 La Luna 4° al N de Marte
- 10 Mercurio en perihelio
- 11 La Luna 2° al N de Saturno
- 11 Luna en apogeo
- 12 Harmonia en conjunción con el Sol
- 12 Metis 0°3 al N de Marte
- 15 Astraea 1°3 al N de la Luna
- 15 Máxima elongación Este de Mercurio ( 18°,4 )
- 17 Luna nueva
- 18 La Luna 4° al S de Venus
- 18 La Luna 8° al S de Mercurio
- 18 Máximo de las Virgínidas
- 18 Mercurio 4° al N de Venus
- 19 La Luna 5° al S de Urano
- 20 Ceres estacionario en ascensión recta
- 20 El Sol entra en Aries
- 20 Inicio de la Primavera en el hemisferio boreal
- 20 Máximo de las Líridas
- 21 Melpomene en oposición
- 22 La Luna 0°8 al N de Aldebarán (Ocultación)
- 22 Mercurio estacionario en ascensión recta
- 24 Cuarto creciente
- 26 Luna en perigeo
- 28 La Luna 0°9 al N de Régulo (Ocultación)
- 29 Venus 0°1 al S de Urano
- 31 Luna llena

**Coordenadas para el día 15**

Planeta	Asc.recta		Declin.		Magnitud
	(h	m)	(°	')	
Mercurio	0	43,3	6	50	-0,2
Venus	0	38,3	2	58	-3,8
Marte	17	53,2	-23	23	0,6
Júpiter	15	24,4	-17	23	-2,1
Saturno	18	35,5	-22	18	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

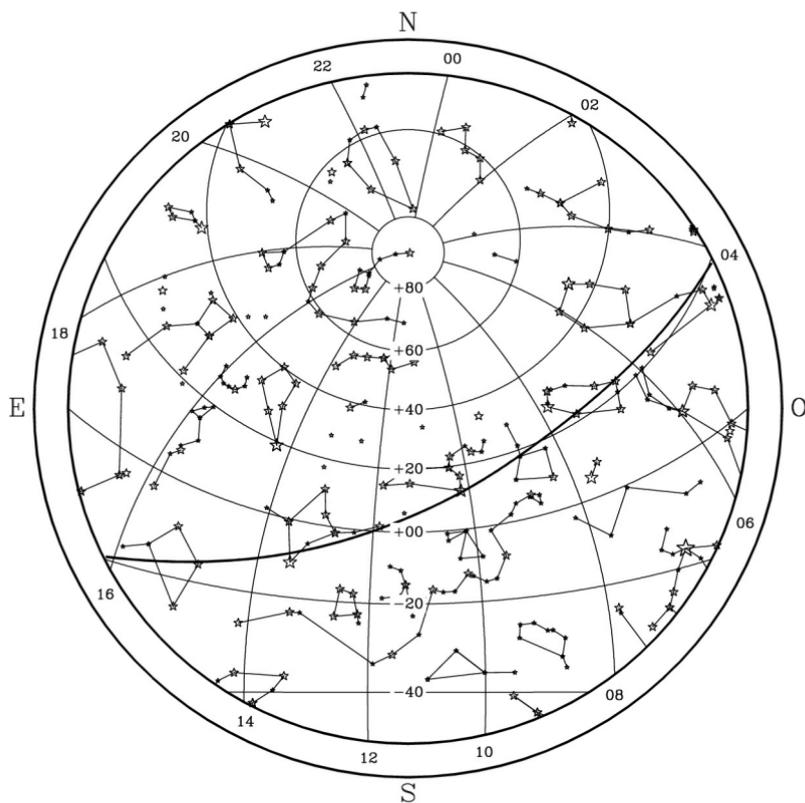
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

**Abril 2018**

- 1 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
- 2 Marte 1°3 al S de Saturno
- 3 La Luna 4° al N de Júpiter
- 6 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
- 6 Vesta 3° al N de la Luna
- 7 La Luna 2° al N de Saturno
- 7 La Luna 3° al N de Marte
- 8 Cuarto menguante
- 8 Luna en apogeo
- 10 Marte 3° al N de Nunki
- 12 Astraea 2° al N de la Luna
- 12 La Luna 2° al S de Neptuno
- 14 Mercurio estacionario en ascensión recta
- 16 Luna nueva
- 17 La Luna 5° al S de Venus
- 18 Saturno estacionario en ascensión recta
- 18 Urano en conjunción con el Sol
- 19 La Luna 1°0 al N de Aldebarán (Ocultación)
- 20 El Sol entra en Tauro
- 20 Iris 2° al N de la Luna
- 20 Luna en perigeo
- 22 Cuarto creciente
- 23 Mercurio en afelio
- 23 Plutón estacionario en ascensión recta
- 24 La Luna 1°2 al N de Régulo (Ocultación)
- 24 Venus 4° al S de Alcíone
- 25 Marte 1°4 al S de Plutón
- 26 Astraea 0°2 al N de Neptuno
- 29 Máxima elongación Oeste de Mercurio ( 27°0 )
- 30 La Luna 4° al N de Júpiter
- 30 Luna llena

**Coordenadas para el día 15**

Planeta	Asc.recta		Declin.		Magnitud
	( <sup>h</sup> )	( <sup>m</sup> )	( <sup>°</sup> )	( <sup>'</sup> )	
Mercurio	0	18,3	1	27	1,7
Venus	3	2,7	17	22	-3,8
Marte	19	7,8	-23	16	-0,0
Júpiter	15	16,5	-16	50	-2,3
Saturno	18	39,5	-22	14	0,4



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

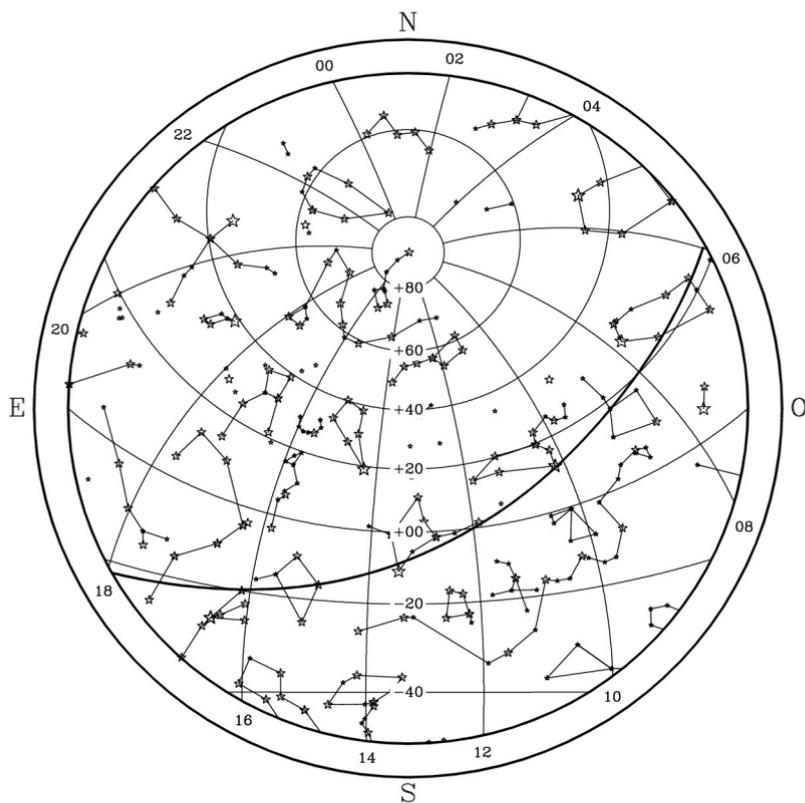
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

**Mayo 2018**

- 3 Laetitia en oposición
- 3 Venus 7° al N de Aldebarán
- 4 La Luna 2° al N de Saturno
- 4 Vesta 3° al N de la Luna
- 5 Máximo de las  $\eta$  Acuáridas
- 6 La Luna 3° al N de Marte
- 6 Luna en apogeo
- 8 Cuarto menguante
- 8 Eunomia en oposición
- 8 Vesta estacionario en ascensión recta
- 9 Júpiter en oposición
- 10 Astraea 2° al N de la Luna
- 10 La Luna 2° al S de Neptuno
- 10 Psyche en oposición
- 12 Mercurio 2° al S de Urano
- 13 La Luna 2° al S de Mercurio
- 13 La Luna 5° al S de Urano
- 13 Venus 4° al S de Elnath
- 15 Luna nueva
- 15 Venus en perihelio
- 16 La Luna 1°0 al N de Aldebarán (Ocultación)
- 17 La Luna 5° al S de Venus
- 17 Luna en perigeo
- 18 Iris 0°,1 al N de la Luna (Ocultación)
- 19 Egeria en oposición
- 21 El Sol entra en Géminis
- 22 Cuarto creciente
- 27 La Luna 4° al N de Júpiter
- 29 Luna llena
- 31 Vesta 2° al N de la Luna

**Coordenadas para el día 15**

Planeta	Asc.recta		Declin.		Magnitud
	( <sup>h</sup> )	( <sup>m</sup> )	( <sup>°</sup> )	( <sup>'</sup> )	
Mercurio	2	4,1	9	49	-0,2
Venus	5	36,0	24	45	-3,8
Marte	20	8,5	-22	8	-0,7
Júpiter	15	2,0	-15	52	-2,4
Saturno	18	37,1	-22	16	0,3



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

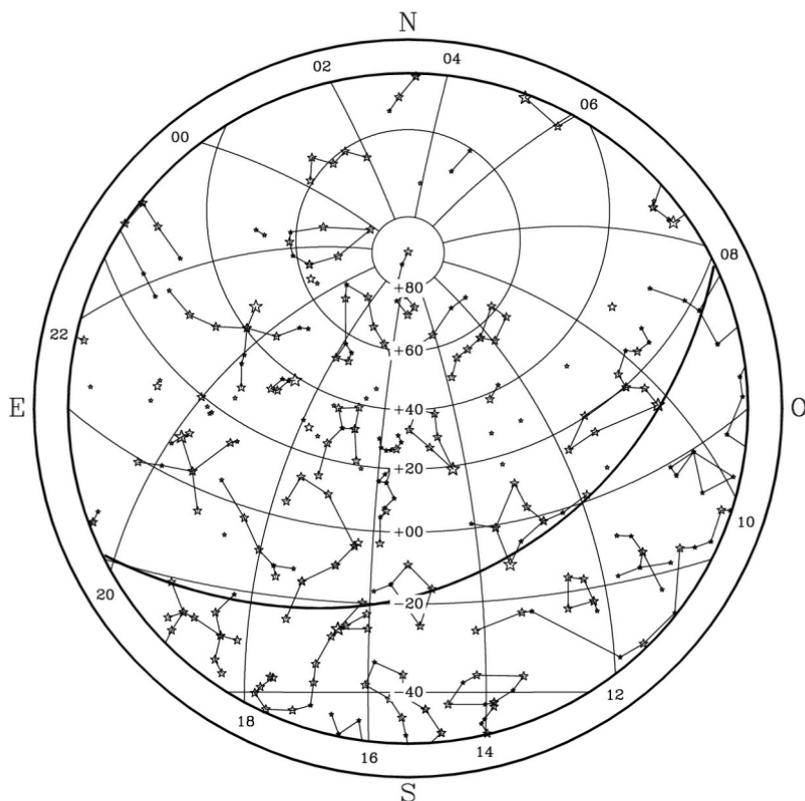
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

### Junio 2018

- 1 La Luna 2° al N de Saturno
- 2 Luna en apogeo
- 3 La Luna 3° al N de Marte
- 6 Brillo máximo de Mercurio
- 6 Cuarto menguante y la Luna 2° al S de Neptuno
- 6 Júpiter 0°9 al N de Zuben el Genubi
- 6 Mercurio en perihelio y en conjunción superior con el Sol
- 7 Astraea 3° al N de la Luna
- 8 Máximo de las Ariétidas (diurnas)
- 9 Venus 5° al S de Pólux
- 10 La Luna 5° al S de Urano
- 12 La Luna 1°2 al N de Aldebarán (Ocultación)
- 13 Luna nueva
- 13 Máximo de las ζ Perséidas (diurnas)
- 14 La Luna en perigeo y 5° al S de Mercurio
- 15 Amphitrite en oposición
- 15 Iris 2° al S de la Luna
- 16 La Luna 3° al S de Venus
- 16 Metis en oposición
- 17 Flora 3° al N de la Luna
- 18 Máximo de las Escorpiónidas-Sagitáridas
- 19 Neptuno estacionario en ascensión recta
- 19 Vesta en oposición
- 20 Cuarto creciente
- 21 El Sol entra en Cáncer
- 21 Inicio del Verano en el hemisferio boreal
- 23 La Luna 4° al N de Júpiter
- 25 Mercurio 5° al S de Pólux
- 27 Saturno en oposición
- 27 Vesta 0°5 al S de la Luna (Ocultación)
- 28 La Luna 2° al N de Saturno
- 28 Luna llena
- 28 Marte estacionario en ascensión recta
- 30 Luna en apogeo
- 30 Máximo de las β Táuridas (diurnas)

### Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )	Declin. ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )	Magnitud
Mercurio	6 19,9	25 9	-1,1
Venus	8 15,9	21 51	-3,9
Marte	20 47,4	-21 51	-1,6
Júpiter	14 48,9	-15 1	-2,3
Saturno	18 29,3	-22 24	0,1



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

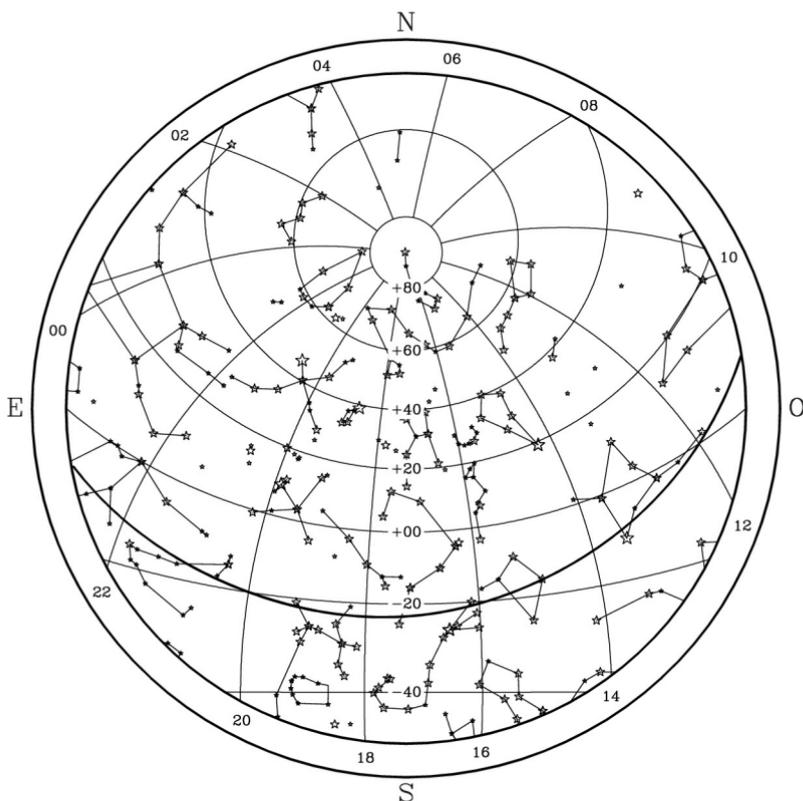
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

**Julio 2018**

- 1 La Luna 5° al N de Marte
- 2 Flora 2° al N de Venus
- 3 Juno 3° al S de Urano
- 4 La Luna 3° al S de Neptuno
- 6 Cuarto menguante
- 6 Tierra en el afelio
- 7 Juno 2° al N de la Luna
- 7 La Luna 5° al S de Urano
- 9 Venus 1°,1 al N de Régulo
- 10 La Luna 1°,0 al N de Aldebarán (Ocultación)
- 11 Júpiter estacionario en ascensión recta
- 12 Máxima elongación Este de Mercurio ( 26°,4 )
- 13 Eclipse parcial de Sol
- 13 Luna en perigeo
- 13 Luna nueva
- 14 La Luna 2° al N de Mercurio
- 15 Flora 2° al N de la Luna
- 16 La Luna 2° al N de Venus
- 19 Cuarto creciente
- 20 La Luna 4° al N de Júpiter
- 20 Mercurio en afelio
- 22 El Sol entra en Leo
- 24 Irene en oposición
- 24 Vesta 3° al S de la Luna
- 25 La Luna 2° al N de Saturno
- 25 Mercurio estacionario en ascensión recta
- 27 Eclipse total de Luna
- 27 La Luna 7° al N de Marte
- 27 Luna en apogeo
- 27 Luna llena
- 27 Marte en oposición
- 28 Brillo máximo de Marte
- 30 Máximo de las  $\delta$  Acuáridas
- 31 La Luna 3° al S de Neptuno
- 31 Máximo acercamiento de Marte a la Tierra

**Coordenadas para el día 15**

Planeta	Asc.recta		Declin.		Magnitud
	( <sup>h</sup> )	( <sup>m</sup> )	( <sup>°</sup> )	( <sup>'</sup> )	
Mercurio	9	23,2	14	17	0,7
Venus	10	30,9	10	39	-4,0
Marte	20	45,0	-24	13	-2,6
Júpiter	14	45,0	-14	51	-2,1
Saturno	18	19,9	-22	32	0,1



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

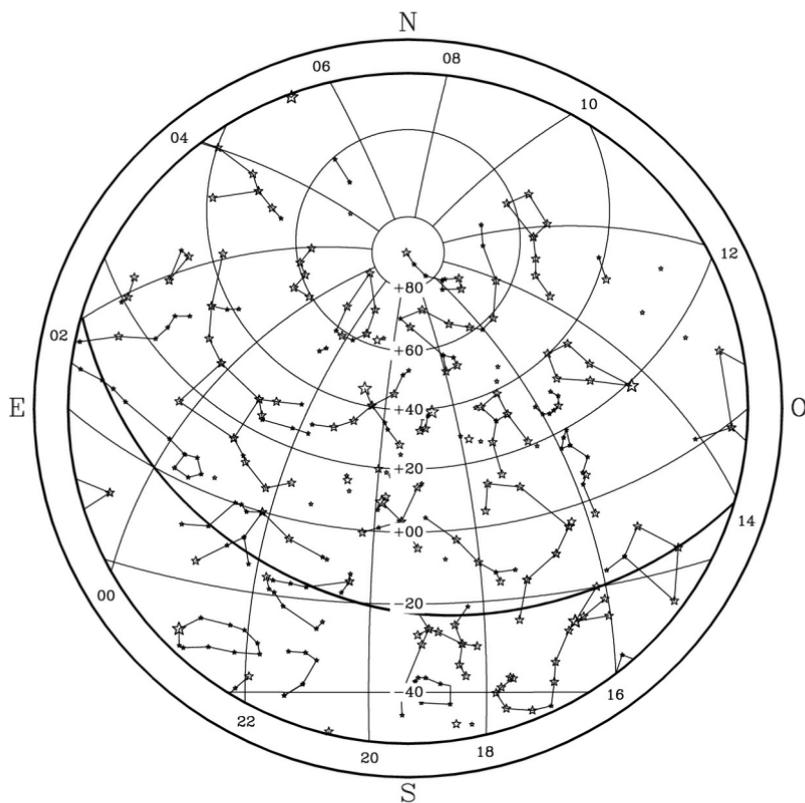
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

**Agosto 2018**

- 1 Vesta estacionario en ascensión recta
- 3 La Luna 5° al S de Urano
- 4 Cuarto menguante
- 4 Juno 1°,3 al S de la Luna (Ocultación)
- 6 La Luna 1°,0 al N de Aldebarán (Ocultación)
- 6 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
- 7 Palas en conjunción con el Sol
- 7 Urano estacionario en ascensión recta
- 9 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
- 10 Luna en perigeo
- 11 Eclipse parcial de Sol
- 11 Luna nueva
- 12 Flora 0°,7 al N de la Luna (Ocultación)
- 12 Máximo de las Perséidas
- 14 La Luna 6° al N de Venus
- 15 Júpiter 0°,6 al N de Zuben el Genubi
- 17 Iris en conjunción con el Sol
- 17 La Luna 5° al N de Júpiter
- 17 Máxima elongación Este de Venus ( 46°,2 )
- 18 Cuarto creciente
- 18 Mercurio estacionario en ascensión recta
- 21 La Luna 2° al N de Saturno
- 23 El Sol entra en Virgo
- 23 La Luna 7° al N de Marte
- 23 Luna en apogeo
- 26 Luna llena
- 26 Máxima elongación Oeste de Mercurio ( 18°,3 )
- 27 La Luna 2° al S de Neptuno
- 28 Marte estacionario en ascensión recta
- 31 La Luna 5° al S de Urano

**Coordenadas para el día 15**

Planeta	Asc.recta		Declin.		Magnitud
	(h	m)	(°	' )	
Mercurio	8	55,6	13	23	3,0
Venus	12	27,5	- 4	20	-4,2
Marte	20	13,3	-26	30	-2,5
Júpiter	14	51,9	-15	30	-1,9
Saturno	18	12,8	-22	39	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

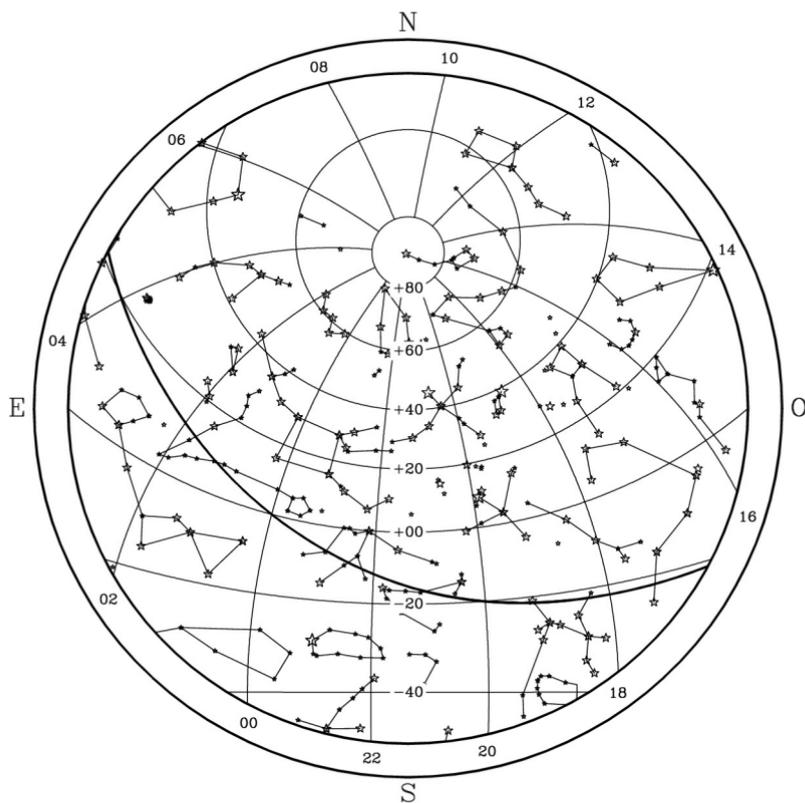
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

## Setiembre 2018

- 2 Mercurio en perihelio
- 2 Venus 1°4 al S de Espiga
- 3 Cuarto menguante
- 3 La Luna 1°2 al N de Aldebarán (Ocultación)
- 4 Mercurio estacionario en ascensión recta
- 5 Euterpe en oposición
- 5 Mercurio 1°0 al N de Régulo
- 5 Venus en afelio
- 6 Saturno estacionario en ascensión recta
- 7 Neptuno en oposición
- 8 La Luna 0°9 al N de Mercurio (Ocultación)
- 8 Luna en perigeo
- 9 Luna nueva
- 10 Flora 0°1 al S de la Luna (Ocultación)
- 14 La Luna 4° al N de Júpiter
- 16 Cuarto creciente
- 16 Marte en perihelio
- 17 La Luna 2° al N de Saturno
- 18 Astrea en oposición
- 19 Brillo máximo de Mercurio
- 19 Partenope en conjunción con el Sol
- 20 Flora en conjunción con el Sol
- 20 Luna en apogeo y 5° al N de Marte
- 21 Mercurio en conjunción superior con el Sol
- 22 Masalia en conjunción con el Sol (Ocultación)
- 23 El Sol entra en Libra
- 23 Inicio del Otoño en el hemisferio boreal
- 23 La Luna 2° al S de Neptuno
- 24 Astraea 0°9 al S de la Luna (Ocultación)
- 24 Hygiea en oposición
- 25 Brillo máximo de Venus
- 25 Luna llena
- 26 Vesta 3° al S de Saturno
- 27 La Luna 5° al S de Urano
- 29 Fortuna en conjunción con el Sol

## Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta		Declin.		Magnitud
	(h	m)	(°	')	
Mercurio	11	13,8	6	54	-1,5
Venus	13	58,9	-17	26	-4,4
Marte	20	16,9	-24	41	-1,7
Júpiter	15	8,2	-16	46	-1,7
Saturno	18	11,3	-22	44	0,4



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

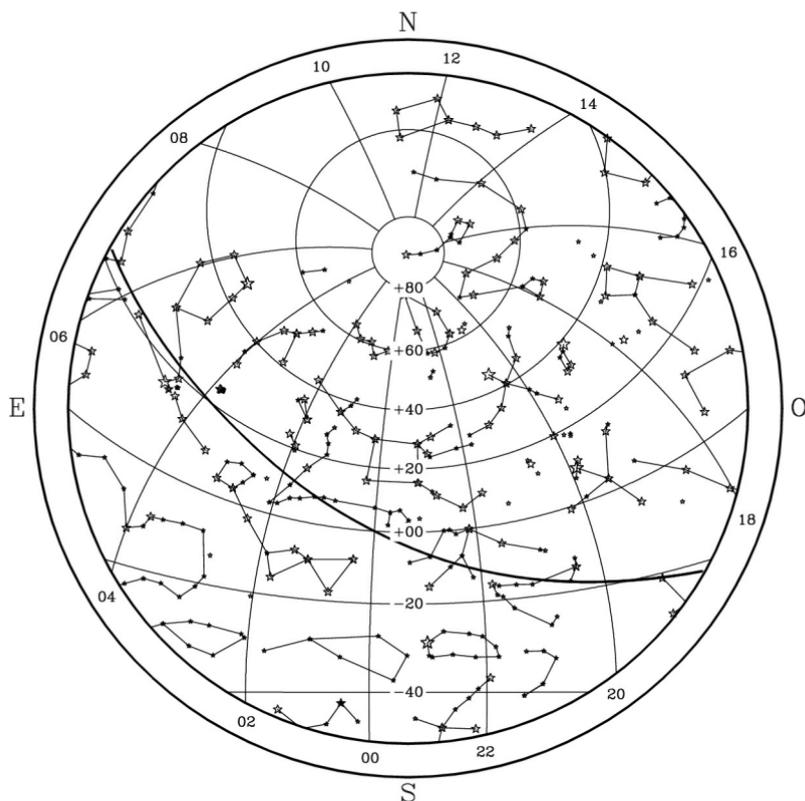
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

**Octubre 2018**

- 2 Cuarto menguante
- 5 Luna en perigeo
- 5 Mercurio 2° al N de Espiga
- 5 Venus estacionario en ascensión recta
- 7 Ceres en conjunción con el Sol
- 8 Flora 0°,5 al S de la Luna (Ocultación)
- 9 Luna nueva
- 9 Máximo de las Dracónidas
- 10 La Luna 6° al N de Mercurio
- 11 La Luna 4° al N de Júpiter
- 14 Mercurio 7° al N de Venus
- 15 La Luna 2° al N de Saturno
- 16 Cuarto creciente
- 16 Juno estacionario en ascensión recta
- 16 Mercurio en afelio
- 17 Luna en apogeo
- 18 La Luna 2° al N de Marte
- 20 La Luna 2° al S de Neptuno
- 20 Mercurio 2° al S de Zuben el Genubi
- 21 Astraea 1°,3 al S de la Luna
- 21 Máximo de las Oriónidas
- 23 El Sol entra en Escorpio
- 24 La Luna 5° al S de Urano
- 24 Luna llena
- 24 Urano en oposición
- 26 Venus en conjunción inferior con el Sol
- 27 Máximo acercamiento de Venus a la Tierra
- 30 Mercurio 3° al S de Júpiter
- 31 Cuarto menguante
- 31 Luna en perigeo

**Coordenadas para el día 15**

Planeta	Asc.recta		Declin.		Magnitud
	(h	m)	(°	' )	
Mercurio	14	19,5	-15	2	-0,3
Venus	14	16,9	-21	34	-4,2
Marte	21	2,1	-20	9	-1,0
Júpiter	15	30,5	-18	16	-1,6
Saturno	18	16,2	-22	46	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

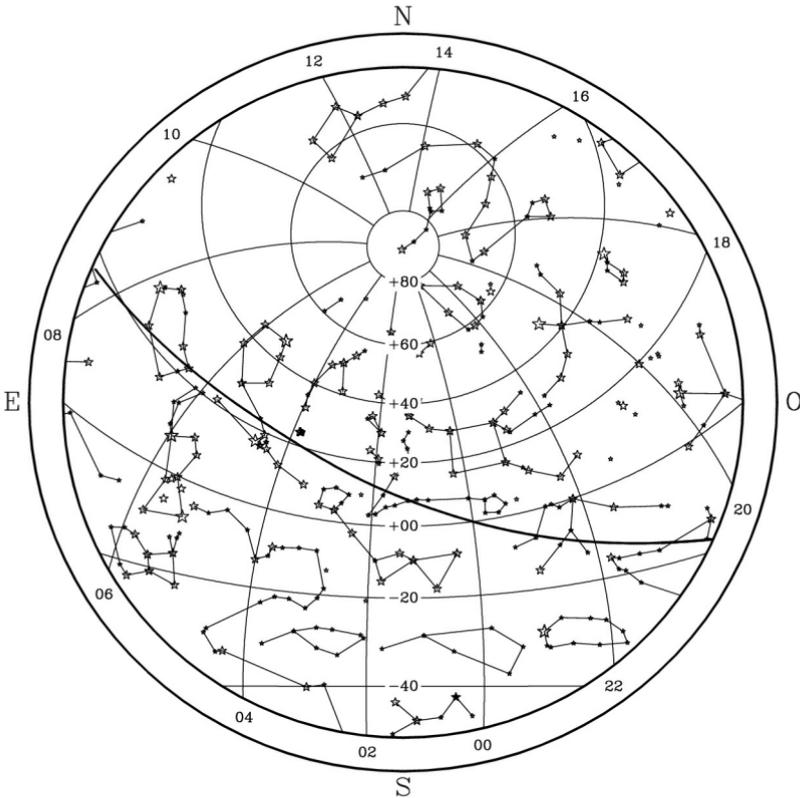
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

**Noviembre 2018**

- 3 Mercurio 4° al S de Graffias
- 4 Máximo de las Táuridas
- 5 Flora 0°7 al S de la Luna (Ocultación)
- 6 Ceres 2° al N de la Luna
- 6 Máxima elongación Este de Mercurio ( 23°3 )
- 6 Melpomene en conjunción con el Sol
- 7 Luna nueva
- 8 La Luna 4° al N de Júpiter
- 9 La Luna 7° al N de Mercurio
- 9 Mercurio 2° al N de Antares
- 11 La Luna 2° al N de Saturno
- 14 Luna en apogeo
- 14 Máximo de las Androméidas
- 14 Venus estacionario en ascensión recta
- 15 Cuarto creciente
- 16 La Luna 0°9 al S de Marte (Ocultación)
- 17 Astraea 0°9 al S de la Luna (Ocultación)
- 17 Juno en oposición
- 17 La Luna 3° al S de Neptuno
- 17 Máximo de las Leónidas
- 17 Mercurio estacionario en ascensión recta
- 20 La Luna 5° al S de Urano
- 22 El Sol entra en Sagitario
- 22 Victoria en oposición
- 23 Luna llena
- 25 Neptuno estacionario en ascensión recta
- 26 Júpiter en conjunción con el Sol
- 26 Luna en perigeo
- 27 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
- 27 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
- 29 Mercurio en perihelio
- 30 Brillo máximo de Venus
- 30 Cuarto menguante

**Coordenadas para el día 15**

Planeta	Asc.recta		Declin.		Magnitud
	( <sup>h</sup> )	( <sup>m</sup> )	( <sup>°</sup> )	( <sup>'</sup> )	
Mercurio	16	45,8	-24	43	0,3
Venus	13	31,2	-11	21	-4,4
Marte	22	8,6	-13	17	-0,3
Júpiter	15	57,8	-19	47	-1,6
Saturno	18	26,8	-22	44	0,6



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

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

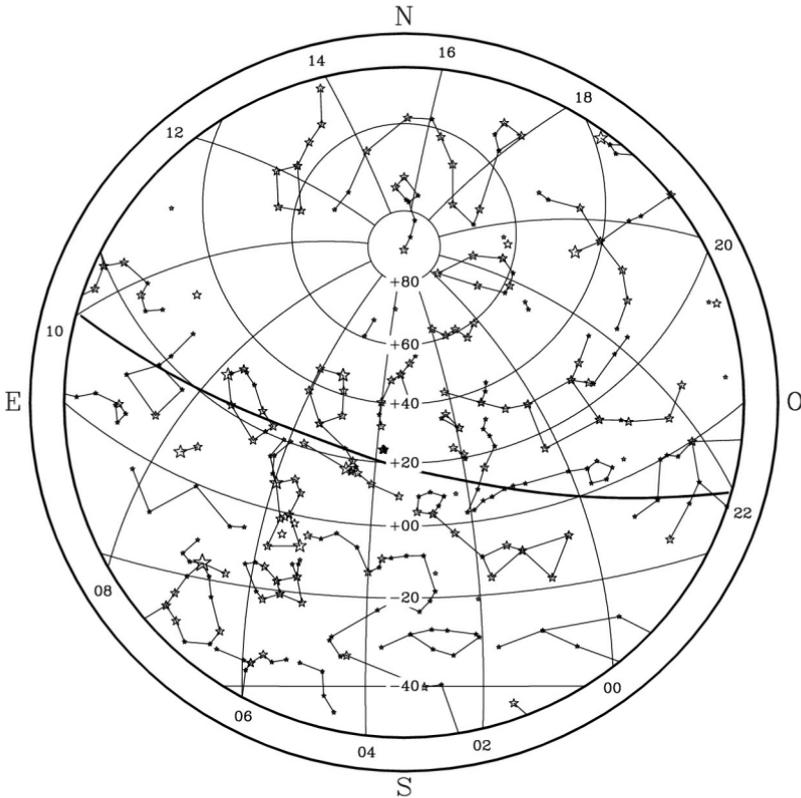
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

### Diciembre 2018

- 3 Flora 0°;5 al S de la Luna (Ocultación)
- 3 La Luna 4° al N de Venus
- 4 Ceres 2° al N de la Luna
- 5 La Luna 2° al N de Mercurio
- 6 Mercurio estacionario en ascensión recta
- 7 Eros en oposición
- 7 Flora 3° al N de Venus
- 7 Luna nueva
- 7 Marte 0°;1 al N de Neptuno
- 8 Harmonia en oposición
- 9 La Luna 1°;2 al N de Saturno
- 12 Luna en apogeo
- 13 Máximo de las Gemínidas
- 14 La Luna 3° al S de Neptuno
- 14 La Luna 4° al S de Marte
- 15 Astraea 0°;2 al S de la Luna (Ocultación)
- 15 Cuarto creciente
- 15 Máxima elongación Oeste de Mercurio ( 21°;2 )
- 16 Mercurio 1°;2 al N de Graffias
- 18 La Luna 5° al S de Urano
- 19 Eunomia y Psyche en conjunción con el Sol
- 20 Júpiter 5° al N de Antares
- 20 Laetitia en conjunción con el Sol
- 21 El Sol entra en Capricornio
- 21 Inicio del Invierno en el hemisferio boreal
- 21 Mercurio 0°;9 al N de Júpiter y 6° al N de Antares
- 22 Luna llena
- 22 Máximo de las Úrsidas
- 22 Venus 3° al N de Zuben el Genubi
- 24 Luna en perigeo
- 26 Venus en perihelio
- 27 Juno estacionario en ascensión recta
- 28 Hebe en oposición
- 29 Cuarto menguante
- 30 Juno 2° al N de la Luna

### Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )	Declin. ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )	Magnitud
Mercurio	16    0,7	-18    16	-0,3
Venus	14    27,4	-11    36	-4,5
Marte	23    19,2	- 5    11	0,2
Júpiter	16    25,8	-21    1	-1,6
Saturno	18    40,7	-22    36	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:

Enero 31	total de Luna
Febrero 15	parcial de Sol
Julio 13	parcial de Sol
Julio 27	total de Luna
Agosto 11	parcial de Sol

## Introducción

### Convenios

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

Como en el resto del ANUARIO, la **latitud** se considera positiva al Norte y negativa al Sur del ecuador terrestre, tomando valores entre  $-90^\circ$  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 2018

Se producirán tres eclipses parciales de Sol, uno el 15 de febrero y otro el 13 de julio y el tercero el 11 de agosto. Ninguno será visible desde España.

Se describen en detalle en páginas siguientes.

### Eclipses de Sol durante el año próximo

En 2019 habrá tres eclipses de Sol, uno parcial, otro total y el último anular.

El eclipse parcial del 6 de enero será visible en el noreste de Asia y en el norte del océano Pacífico.

El eclipse total del 2 de julio se verá como parcial en el sur del Pacífico y en Sudamérica, la totalidad se verá en el sur del Pacífico, Chile y Argentina, alcanzando una magnitud de 1,05.

El eclipse anular del 26 de diciembre será visible como parcial en Asia y Australia; la anularidad se verá en Arabia Saudí, India, Sumatra y Borneo, alcanzando una magnitud de 0,97.

## 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 2018

Se producirán dos eclipses totales de Luna, uno el 31 de enero y el otro el 27 de julio. El segundo será visible desde España en todas sus fases.

Se describen en detalle en páginas siguientes.

### Eclipses de Luna durante el año próximo

En 2019 habrá dos eclipses de Luna, un eclipse total el 21 de enero que será visible en América, Europa y África y un eclipse parcial el 16/17 de julio visible en Sudamérica, Europa, África, Asia y Australia.

Ambos serán visibles desde España.

## Magnitud

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

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

## Eclipse parcial de Sol del día 15 de febrero (Saros 150)

Este eclipse parcial es el número 17 de los 71 eclipses del ciclo Saros 150 y no será visible desde España.

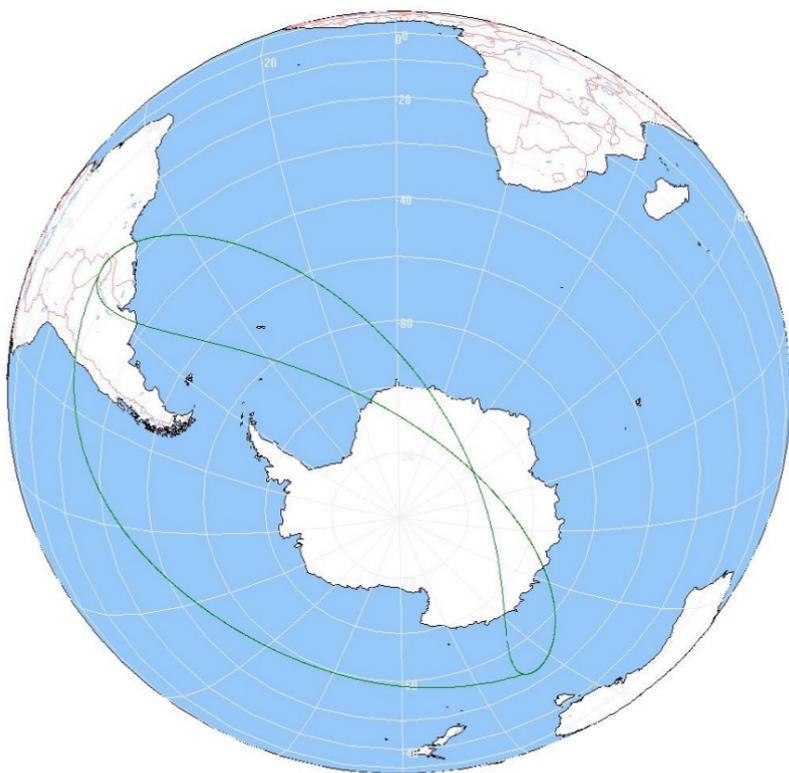
El eclipse será visible en el sur de Sudamérica y en la Antártida. Se iniciará a las 18<sup>h</sup>56<sup>m</sup> TU (Tiempo Universal) a una latitud de  $-62^\circ$  en un punto del Océano Antártico frente a las costas de la Tierra Adelia y avanzará hacia el noreste atravesando la Antártida, el estrecho de Magallanes, Argentina y Chile.

El máximo del eclipse se dará a las 20<sup>h</sup>51<sup>m</sup> a una latitud de  $-71^\circ$  en la región de la Antártida llamada Tierra de la Reina Maud, momento en que la magnitud del eclipse será 0,60.

El fin del eclipse se producirá a las 22<sup>h</sup>47<sup>m</sup> TU al suroeste de Buenos Aires (Argentina). La duración total del fenómeno será de 231 minutos (algo menos de 4 horas).

Características generales del eclipse			
Fases	TU	Latitud	Longitud
Inicio del eclipse general	18 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup>	$-62^\circ 26'$	144 <sup>°</sup> 27'
Conjunción en Asc. Recta	20 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>		
Máximo del eclipse	20 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup>	$-71^\circ 06'$	00 <sup>°</sup> 55'
Fin del eclipse general	22 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup>	$-35^\circ 24'$	-59 <sup>°</sup> 15'
Características del eclipse en el máximo			
Magnitud del eclipse parcial			0,599
Distancia mínima entre el eje de sombra de la Luna y el centro de la Tierra (en radio terrestres)			1,212

Eclipse parcial de 15 de febrero de 2018



## Eclipse parcial de Sol del día 13 de julio (Saros 117)

Este eclipse parcial es el número 69 de los 71 eclipses del ciclo Saros 117 y no será visible desde España.

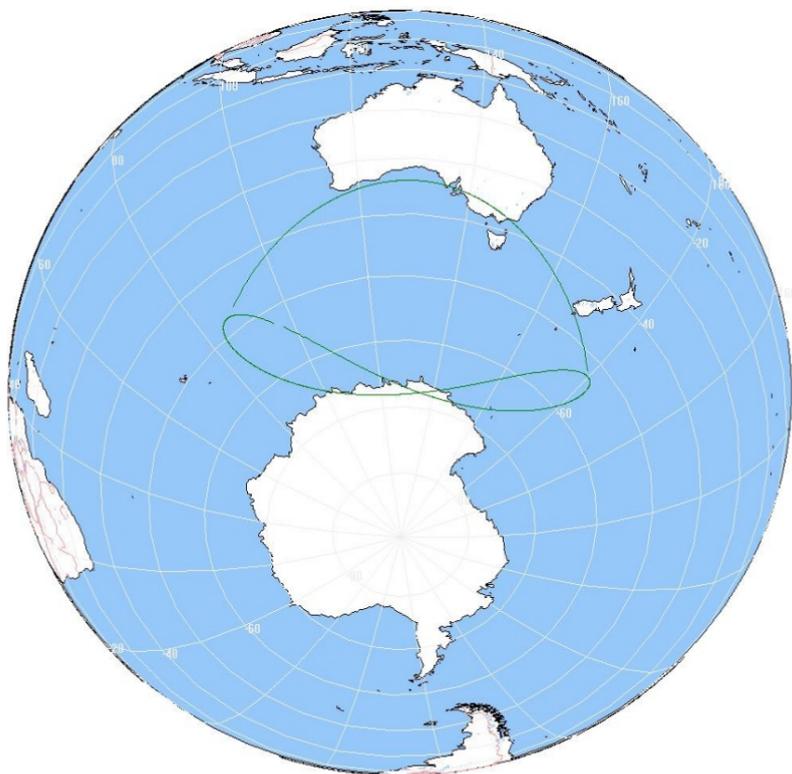
El eclipse será visible en el sur de Australia y en una pequeña porción de la costa antártica. Se iniciará a las 1<sup>h</sup>48<sup>m</sup> TU (Tiempo Universal) a una latitud de  $-53^\circ$  en un punto del Océano Índico frente a las costas de la Tierra Adelia y avanzará hacia el este rozando la costa Antártica y adentrándose en Tasmania y el sureste de Australia.

El máximo del eclipse se dará a las 3<sup>h</sup>1<sup>m</sup> a una latitud de  $-68^\circ$  al sureste de la base antártica de Casey en la Tierra de Wikes, momento en que la magnitud del eclipse será 0,34.

El fin del eclipse se producirá a las 4<sup>h</sup>14<sup>m</sup> TU a una latitud de  $-58^\circ$  en un punto del Pacífico sur situado entre Nueva Zelanda y la Antártida. La duración total del fenómeno será de 145 minutos (algo menos de 2 horas y media).

Características generales del eclipse			
Fases	TU	Latitud	Longitud
Inicio del eclipse general	01 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup>	$-52^\circ 57'$	$96^\circ 27'$
Máximo del eclipse	03 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup>	$-67^\circ 56'$	$127^\circ 31'$
Conjunción en Asc. Recta	03 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup>		
Fin del eclipse general	04 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup>	$-57^\circ 53'$	$168^\circ 22'$
Características del eclipse en el máximo			
Magnitud del eclipse parcial			0,337
Distancia mínima entre el eje de sombra de la Luna y el centro de la Tierra (en radio terrestres)			1,354

Eclipse parcial de 13 de julio de 2018



## Eclipse parcial de Sol del día 11 de agosto (Saros 155)

Este eclipse parcial es el número 6 de los 71 eclipses del ciclo Saros 155 y no será visible desde España.

El eclipse será visible en el norte de Europa y noreste de Asia. Se iniciará a las 08<sup>h</sup>02<sup>m</sup> TU (Tiempo Universal) a una latitud de 58° en un punto del mar de Labrador, avanzará hacia el este cruzando Groenlandia, Islandia, el extremo más septentrional de Gran Bretaña, la península escandinava, Estonia y Letonia, Rusia, Kazajistán, China y Mongolia.

El máximo del eclipse se dará a las 09<sup>h</sup>46<sup>m</sup> a una latitud de 70,5° en un punto del mar Ártico denominado estrecho De Long que separa la isla de Wrangel de Siberia (Rusia), en ese momento la magnitud del eclipse será 0,74.

El fin del eclipse se producirá a las 11<sup>h</sup>31<sup>m</sup> TU en un punto al noreste de Xi'an (China). La duración total del fenómeno será de 209 minutos (algo menos de 3 horas y media).

Características generales del eclipse			
Fases	TU	Latitud	Longitud
Inicio del eclipse general	08 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup>	57°47'	-54°47'
Conjunción en Asc. Recta	09 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>		
Máximo del eclipse	09 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup>	70°26'	174°44'
Fin del eclipse general	11 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup>	34°44'	109°31'
Características del eclipse en el máximo			
Magnitud del eclipse parcial			0,736
Distancia mínima entre el eje de sombra de la Luna y el centro de la Tierra (en radio terrestres)			1,148

Eclipse parcial de 11 de agosto de 2018



## Eclipse total de Luna del día 31 de enero (Saros 124)

Este eclipse total es el número 49 de los 74 eclipses del ciclo Saros 124 y no será visible en España.

El inicio del eclipse de penumbra tendrá lugar a las 10<sup>h</sup>52<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 Asia, Australia, Pacífico, Norteamérica y el noroeste de Sudamérica. El eclipse parcial (**iS**) es visible a partir de las 11<sup>h</sup>49<sup>m</sup> y el total (**iT**) a partir de las 12<sup>h</sup>52<sup>m</sup>. Este será visible en Asia, Australia, Pacífico y Norteamérica. El eclipse total (**fT**) finaliza a las 14<sup>h</sup>7<sup>m</sup>, el de sombra (**fS**) a las 15<sup>h</sup>10<sup>m</sup> y el de penumbra a las 16<sup>h</sup>7<sup>m</sup> TU. Habrá sido visible en sus últimas fases en el noreste de Europa, este de África, Asia, Australia, océano Pacífico, y el extremo noroeste de Norteamérica según delimita la curva **fP**.

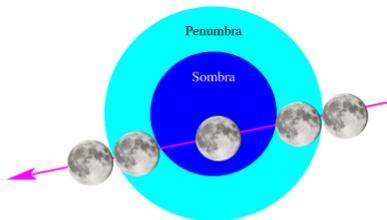
### Características generales del eclipse

Fases	TU	Latitud	Long.(+E)	A.P.
Primer contacto con la penumbra	10 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup>	17° 18'	-161° 17'	89°
Primer contacto con la sombra	11 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup>	17° 11'	-174° 54'	83°
Inicio de la totalidad	12 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup>	17° 4'	170° 1'	62°
Máximo del eclipse	13 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup>	17° 0'	160° 56'	13°
Fin de la totalidad	14 <sup>h</sup> 7 <sup>m</sup>	16° 55'	151° 51'	321°
Ultimo contacto con la sombra	15 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup>	6° 48'	136° 46'	298°
Ultimo contacto con la penumbra	16 <sup>h</sup> 7 <sup>m</sup>	° 16 41'	123° 8'	292°
Duración del eclipse penumbral	5 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>			
Duración del eclipse parcial	3 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup>			
Duración del eclipse total	1 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup>			
Magnitud del eclipse de penumbra	2,29			
Magnitud del eclipse de sombra	1,32			

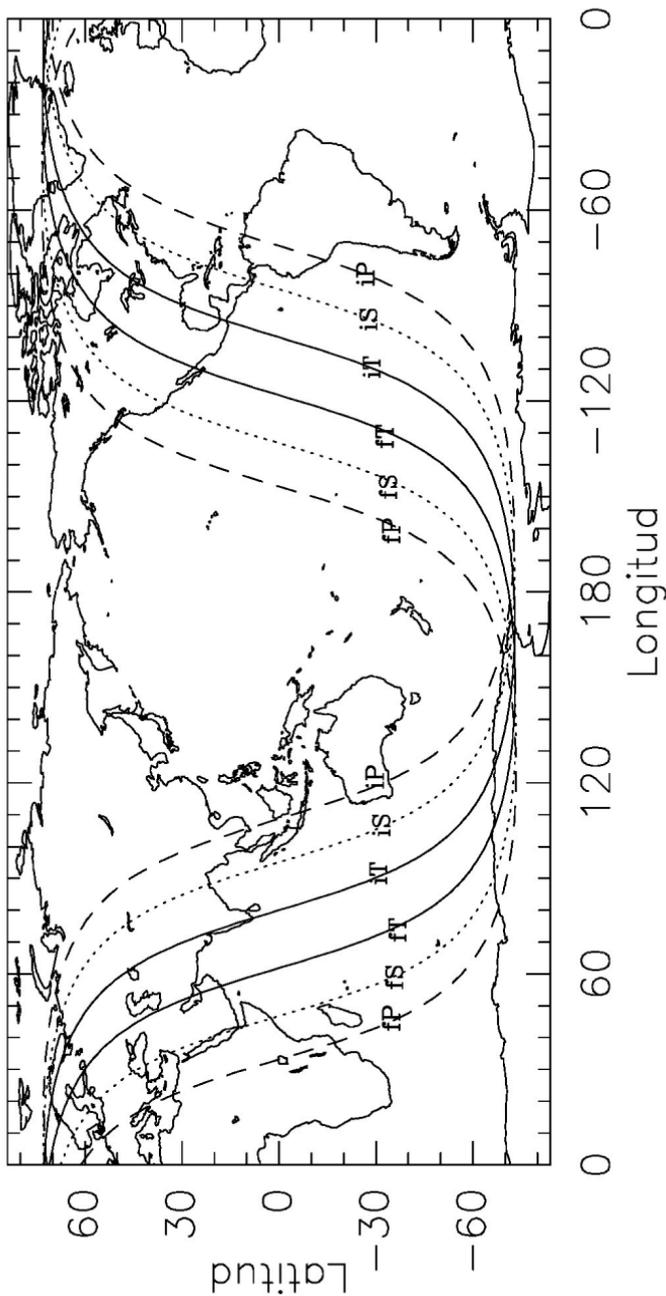
A.P. es el ángulo de posición medido en el sentido NESO.

### Características del eclipse en el máximo

Fracción de diámetro lunar inmersa en la penumbra	229%
Fracción de diámetro lunar inmersa en la sombra	132%
Distancia mínima entre el eje de la sombra de la Tierra y el centro de la Luna (en radios terrestres)	0,30



Eclipse total de Luna del día 31 de enero de 2018



## Eclipse total de Luna del día 27 de julio (Saros 129)

Este eclipse total es el número 38 de los 71 eclipses del ciclo Saros 129 y será visible en España al amanecer.

El inicio del eclipse de penumbra tendrá lugar a las 17<sup>h</sup>15<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 a África oriental, Asia y Oceanía. El eclipse parcial (**iS**) es visible a partir de las 18<sup>h</sup>24<sup>m</sup> y el eclipse total (**iT**) a partir de las 19<sup>h</sup>30<sup>m</sup>. Este será visible en Europa, África, Asia excepto su extremo septentrional y Australia. El eclipse total (**fT**) finaliza a las 21<sup>h</sup>13<sup>m</sup>, el de sombra (**fS**) a las 22<sup>h</sup>18<sup>m</sup> y el de penumbra a las 23<sup>h</sup>28<sup>m</sup> TU. Habrá sido visible en sus últimas fases en el Sudamérica, Europa, África y Asia occidental según delimita la curva **fP**.

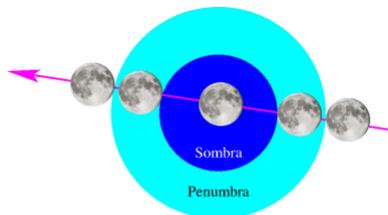
### Características generales del eclipse

Fases	TU	Latitud	Long.(+E)	A.P.
Primer contacto con la penumbra	17 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>	-19° 12'	101° 26'	87°
Primer contacto con la sombra	18 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup>	-19° 7'	84° 37'	89°
Inicio de la totalidad	19 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	-19° 2'	68° 44'	97°
Máximo del eclipse	20 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup>	-18° 58'	56° 18'	165°
Fin de la totalidad	21 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup>	-18° 54'	43° 52'	246°
Ultimo contacto con la sombra	22 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>	-18° 49'	27° 59'	255°
Ultimo contacto con la penumbra	23 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup>	-18° 44'	11° 10'	257°
Duración del eclipse penumbral	6 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup>			
Duración del eclipse parcial	3 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup>			
Duración del eclipse total	1 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup>			
Magnitud del eclipse de penumbra	2,68			
Magnitud del eclipse de sombra	1,61			

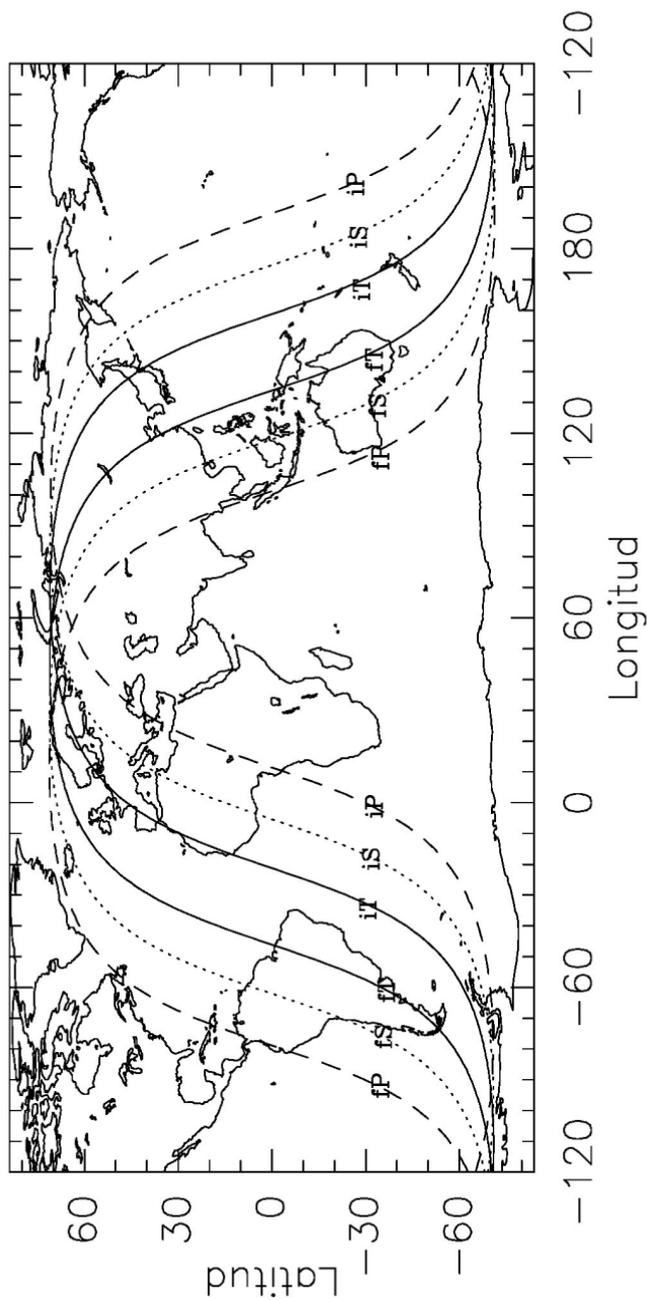
A.P. es el ángulo de posición medido en el sentido NESO.

### Características del eclipse en el máximo

Fracción de diámetro lunar inmersa en la penumbra	268%
Fracción de diámetro lunar inmersa en la sombra	161%
Distancia mínima entre el eje de la sombra de la Tierra y el centro de la Luna (en radios terrestres)	0,12



## Eclipse total de Luna del día 27 de julio de 2018



## 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
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
2028 enero 26	anular	10 27	0,92	América, O. Europe, O. África
2028 julio 22	total	5 10	1,06	SE Asia y Oceanía

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.

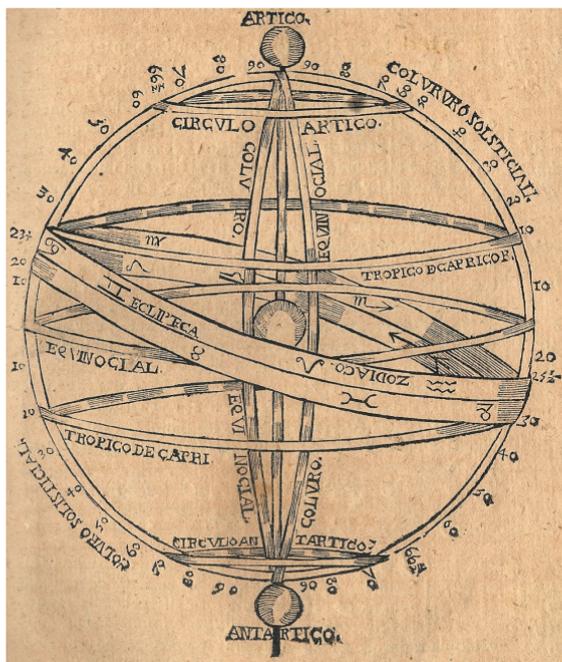
## Eclipses de Luna en los próximos años

Fecha	Tipo	Duración (en min)	Dur. totalidad (en min)	Magnitud
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			
2028 enero 12	parcial	56		0,07
2028 julio 6	parcial	141		0,40
2028 diciembre 31	total	209	71	1,25

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

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

# 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 2018 se escribe como 2018-02-28 o bien 20180228.

### 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 ( $12^{\text{h}}$  de TU) y tendrá una fracción  $0,5$  a las  $0^{\text{h}}$  de TU (medianoche en el meridiano de Greenwich). *Ejemplo:* el día juliano correspondiente a las  $0^{\text{h}}$  de TU del día 25 de mayo de 2018 es 2458 263,5.

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 $0^{\text{h}}$ de TU	Día juliano	Día a $0^{\text{h}}$ de TU	Día juliano
2018 Ene 0	2458 118,5	2018 Jul 0	2458 299,5
2018 Feb 0	2458 149,5	2018 Ago 0	2458 330,5
2018 Mar 0	2458 177,5	2018 Set 0	2458 361,5
2018 Abr 0	2458 208,5	2018 Oct 0	2458 391,5
2018 May 0	2458 238,5	2018 Nov 0	2458 422,5
2018 Jun 0	2458 269,5	2018 Dic 0	2458 452,5

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 25 de mayo de 2018 a las 0<sup>h</sup> TU son:

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

$$DJF(18) = 365 * 18 + int[18/4] = 6574$$

$$DJM(\text{mayo}) = 120$$

Por consiguiente, el día juliano es:  $DJC + DJF + DJM + día = 2451544,5 + 6574 + 120 + 25 = 2458263,5$ . Tal día será viernes.

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 25 de mayo de 2018 a las 0<sup>h</sup> TU es 2458263,5; el día juliano modificado correspondiente es 58263.

## 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 2018

### Cómputo eclesiástico

Número áureo	5	(ciclo lunar de 19 años)
Epacta	13	(edad de la Luna al 1 de enero)
Ciclo solar	11	(ciclo de 28 años)
Letra dominical	G	(ciclo de 28 años)
Indicción romana	11	(ciclo de 15 años)

### Principales fiestas movibles

Septuagésima	Ene	28
Miércoles de Ceniza	Feb	14
Primer domingo de Cuaresma	Feb	18
Viernes Santo	Mar	30
Pascua	Abr	1
Ascensión	May	10
Pentecostés	May	20
La Santísima Trinidad	May	27
Corpus Christi	May	31
El Sagrado Corazón de Jesús	Jun	8
Primer domingo de Adviento	Dic	2

### Témporas

I	Feb 21, 23, 24
II	May 23, 25, 26
III	Set 19, 21, 22
IV	Dic 19, 21, 22

### Velaciones

Se cierran:
Feb 13 y Dic 1
Se abren:
Abr 3 y Dic 26

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

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

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

## Domingo de Pascua (gregoriano)

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

## Calendario juliano

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

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

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

### Cómputo eclesiástico juliano

para el año 2018

Pascua	26 de marzo (juliano) 8 de abril (gregoriano)
Epacta	22
Letra dominical	A

**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 2018 ( $G = 2018,00$ ) corresponde a  $M = 1439,29$ , o sea a principios del año musulmán 1439. Este es un año abundante pues es el año 29 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		
1439	Ŷumādà al-ūlā 1	2018	Ene	18
1439	Ŷumādà al-ājira 1	2018	Feb	17
1439	Raŷab 1	2018	Mar	18
1439	Ša'bān 1	2018	Abr	17
1439	Ramaḍān 1	2018	May	16
1439	Šawwāl 1	2018	Jun	15
1439	Dū-l-qa'da 1	2018	Jul	14
1439	Dū-l-ḥiŷŷa 1	2018	Ago	13
1440	Muḥarram 1	2018	Set	12
1440	Šafar 1	2018	Oct	12
1440	Rabī' al-awwal 1	2018	Nov	10
1440	Rabī' al-tānī 1	2018	Dic	10

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	2018	Abr	13
Primer día del ramadán	2018	May	16
Conquista de la Meca	2018	Jun	4
Revelación del Corán	2018	Jun	11
Ultimo día del ramadán	2018	Jun	14
Pascua postayuno	2018	Jun	15
Pascua de Inmolación	2018	Ago	22
Primer día del año	2018	Set	12
'Āshūrā'	2018	Set	21
Huida del Profeta ( <i>Hégira</i> )	2018	Nov	10
Nacimiento del Profeta	2018	Nov	21

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
1439 Ýumādà al-ūlà	2018 Ene 18
1439 Ýumādà al-ājira	2018 Feb 17
1439 Raýab	2018 Mar 18
1439 Ša'bān	2018 Abr 17
1439 Ramaḍān	2018 May 16
1439 Šawwāl	2018 Jun 15
1439 Ḍū-l-qa'da	2018 Jul 14
1439 Ḍū-l-ḥiýýa	2018 Ago 12
1440 Muḥarram	2018 Set 10
1440 Šafar	2018 Oct 10
1440 Rabī' al-awwal	2018 Nov 8
1440 Rabī' al-ṭānī	2018 Dic 8

## 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)
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
5782	2021 Set 7	384

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

Inicio del mes	Fecha gregoriana				
5778	Šebāt	1	2018	Ene	17
5778	Adār	1	2018	Feb	16
5778	Nisan	1	2018	Mar	17
5778	Iyyār	1	2018	Abr	16
5778	Siwān	1	2018	May	15
5778	Tammūz	1	2018	Jun	14
5778	Ab	1	2018	Jul	13
5778	Elūl	1	2018	Ago	12
5779	Tišrī	1	2018	Set	10
5779	Ḥešwān	1	2018	Oct	10
5779	Kislew	1	2018	Nov	9
5779	Ṭebēt	1	2018	Dic	9

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

Esta forma del calendario fue establecida a partir del siglo 4 de la era cristiana (año 358/359), sustituyendo progresivamente un calendario lunar anterior en que los meses se iniciaban con la visibilidad del creciente lunar. En su forma actual, es el calendario religioso de los judíos y el oficial de Israel. El primer día de la semana se inicia a la puesta de sol del sábado que, para propósitos civiles y para evitar su variación a lo largo del año, se considera que ocurre a las 6 de la tarde, y termina a la siguiente puesta de sol. El sábado es el último día de la semana.

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

Año nuevo de los árboles	2018	Ene	31
Ayuno de Ester	2018	Feb	28
Suertes ( <i>Purim</i> )	2018	Mar	1
Pascua ( <i>Pesah</i> )	2018	Mar	31
<i>Lag B'Omer</i>	2018	May	3
Pentecostés ( <i>Shavuot</i> )	2018	May	20
Ayuno del mes de tammūz	2018	Jul	1
Ayuno. Destrucción de Jerusalén	2018	Jul	22
Año nuevo ( <i>Rosh-hashana</i> )	2018	Set	10
Ayuno de Guedaliah	2018	Set	12
Expiación ( <i>Yom Kippur</i> )	2018	Set	19
Tabernáculos ( <i>Sukkot</i> )	2018	Set	24
Alegría de la Ley	2018	Oct	2
Dedicación del Templo ( <i>Hanukka</i> )	2018	Dic	3
Ayuno. Sitio de Jerusalén	2018	Dic	18

## 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:* 25 de mayo de 2018: a 2018 le corresponde el índice 7; a 18, el índice 7; a mayo, el índice 1; y al día 25, el índice 4. La suma es:  $7 + 7 + 1 + 4 = 19$ . Restándole dos veces 7 se obtiene 5, índice que corresponde a viernes.

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 2018

Días desde el inicio de siglo = 6209 + día del año

Días hasta el fin de siglo = 30315 – día del año

Día juliano = 2458 118,5 + día del año +  $TU/24^h$

Día juliano modificado = 58 118 + día del año +  $TU/24^h$

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

$$T = (J2018.5 - J2000.0)/36525 = 0,185$$

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

$$\theta_{med} = 6^h640906 + 0^h065709825 d + 1,00273791 TU + \lambda_E$$

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

Ecuación de los equinoccios =  $-0^h69 - 0^s00082 d$  (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:

$$TT - UT1 = 66^{\text{s}}0 + 0^{\text{s}}.27(A - 2010) + 0^{\text{s}}.013(A - 2010)^2$$

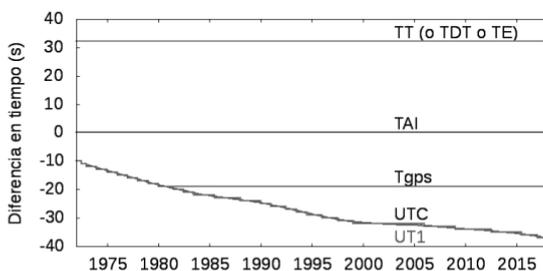
expresión válida entre 2007 y 2018.

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
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	68 <sup>s</sup> 59	2017 Ene 1	37 <sup>s</sup>
2018 Ene 1 (pred.)	69 <sup>s</sup> 0		
2019 Ene 1 (pred.)	69 <sup>s</sup> 4		

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 2010 hasta 2018.

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<sup>s</sup>.2 y se denomina *ecuación de los equinoccios*:

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

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:

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

donde los dos primeros sumandos dan el tiempo sidéreo medio en Greenwich a 0<sup>h</sup> 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*.

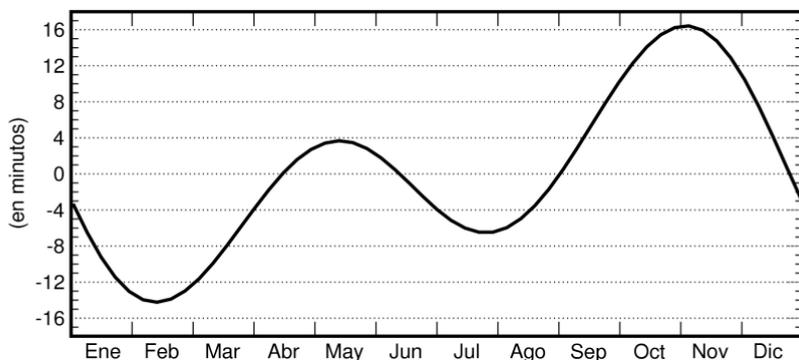
Se denomina *tiempo solar (local) medio* al que se obtiene considerando un Sol “ficticio” que se mueve en el plano del ecuador de manera que su

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:

$$\begin{aligned} Ec.Tiempo &= \text{tiempo solar verdadero} - \text{tiempo solar medio} \\ &= 595^s \text{ sen}(199^\circ + 1,9713 d) + 442^s \text{ sen}(175^\circ + 0,9856 d) \end{aligned}$$

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*
+3 <sup>h</sup>	Arabia Saudí; Bahrein; Iraq; Kuwait; Qatar; Yemen; Turquía
+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 (Au.); 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°5, EEUU)
–9 <sup>h</sup>	EEUU: Alaska* e I. Aleutianas (al este de –169°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:

**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.

**2022** Domingos 27 de marzo y 30 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 2018

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	L	1	2458119,5	06	42	23,111	-0,707	-03	19
2	M	2	2458120,5	06	46	19,677	-0,696	-03	48
3	M	3	2458121,5	06	50	16,242	-0,686	-04	15
4	J	4	2458122,5	06	54	12,805	-0,679	-04	43
5	V	5	2458123,5	06	58	09,363	-0,676	-05	10
6	S	6	2458124,5	07	02	05,918	-0,676	-05	36
7	D	7	2458125,5	07	06	02,471	-0,679	-06	03
8	L	8	2458126,5	07	09	59,023	-0,683	-06	28
9	M	9	2458127,5	07	13	55,574	-0,686	-06	54
10	M	10	2458128,5	07	17	52,127	-0,689	-07	18
11	J	11	2458129,5	07	21	48,682	-0,689	-07	42
12	V	12	2458130,5	07	25	45,238	-0,688	-08	06
13	S	13	2458131,5	07	29	41,797	-0,685	-08	29
14	D	14	2458132,5	07	33	38,356	-0,681	-08	51
15	L	15	2458133,5	07	37	34,917	-0,676	-09	13
16	M	16	2458134,5	07	41	31,478	-0,671	-09	34
17	M	17	2458135,5	07	45	28,037	-0,666	-09	55
18	J	18	2458136,5	07	49	24,596	-0,663	-10	15
19	V	19	2458137,5	07	53	21,153	-0,662	-10	34
20	S	20	2458138,5	07	57	17,707	-0,663	-10	52
21	D	21	2458139,5	08	01	14,260	-0,665	-11	09
22	L	22	2458140,5	08	05	10,811	-0,670	-11	26
23	M	23	2458141,5	08	09	07,361	-0,674	-11	42
24	M	24	2458142,5	08	13	03,912	-0,679	-11	57
25	J	25	2458143,5	08	17	00,464	-0,682	-12	12
26	V	26	2458144,5	08	20	57,019	-0,683	-12	25
27	S	27	2458145,5	08	24	53,577	-0,681	-12	38
28	D	28	2458146,5	08	28	50,138	-0,675	-12	50
29	L	29	2458147,5	08	32	46,701	-0,667	-13	01
30	M	30	2458148,5	08	36	43,264	-0,660	-13	11
31	M	31	2458149,5	08	40	39,825	-0,653	-13	21

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

## Febrero 2018

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	J	32	2458150,5	08	44	36,384	-0,650	-13	29
2	V	33	2458151,5	08	48	32,938	-0,651	-13	37
3	S	34	2458152,5	08	52	29,490	-0,655	-13	44
4	D	35	2458153,5	08	56	26,039	-0,661	-13	50
5	L	36	2458154,5	09	00	22,588	-0,668	-13	56
6	M	37	2458155,5	09	04	19,138	-0,673	-14	00
7	M	38	2458156,5	09	08	15,690	-0,677	-14	04
8	J	39	2458157,5	09	12	12,243	-0,679	-14	07
9	V	40	2458158,5	09	16	08,798	-0,679	-14	09
10	S	41	2458159,5	09	20	05,355	-0,677	-14	11
11	D	42	2458160,5	09	24	01,913	-0,675	-14	12
12	L	43	2458161,5	09	27	58,471	-0,672	-14	12
13	M	44	2458162,5	09	31	55,028	-0,670	-14	11
14	M	45	2458163,5	09	35	51,585	-0,669	-14	10
15	J	46	2458164,5	09	39	48,139	-0,670	-14	07
16	V	47	2458165,5	09	43	44,692	-0,673	-14	04
17	S	48	2458166,5	09	47	41,242	-0,678	-14	01
18	D	49	2458167,5	09	51	37,791	-0,685	-13	56
19	L	50	2458168,5	09	55	34,339	-0,692	-13	51
20	M	51	2458169,5	09	59	30,886	-0,700	-13	45
21	M	52	2458170,5	10	03	27,435	-0,706	-13	39
22	J	53	2458171,5	10	07	23,987	-0,710	-13	32
23	V	54	2458172,5	10	11	20,541	-0,711	-13	24
24	S	55	2458173,5	10	15	17,098	-0,710	-13	16
25	D	56	2458174,5	10	19	13,657	-0,706	-13	07
26	L	57	2458175,5	10	23	10,217	-0,701	-12	57
27	M	58	2458176,5	10	27	06,777	-0,697	-12	47
28	M	59	2458177,5	10	31	03,333	-0,696	-12	36

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 2018

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	60	2458178,5	10	34	59,887	-0,698	-12	25
2	V	61	2458179,5	10	38	56,437	-0,703	-12	13
3	S	62	2458180,5	10	42	52,985	-0,711	-12	01
4	D	63	2458181,5	10	46	49,531	-0,719	-11	48
5	L	64	2458182,5	10	50	46,078	-0,728	-11	35
6	M	65	2458183,5	10	54	42,627	-0,734	-11	21
7	M	66	2458184,5	10	58	39,178	-0,739	-11	07
8	J	67	2458185,5	11	02	35,731	-0,742	-10	53
9	V	68	2458186,5	11	06	32,285	-0,742	-10	38
10	S	69	2458187,5	11	10	28,841	-0,742	-10	23
11	D	70	2458188,5	11	14	25,397	-0,741	-10	08
12	L	71	2458189,5	11	18	21,953	-0,741	-09	52
13	M	72	2458190,5	11	22	18,508	-0,741	-09	36
14	M	73	2458191,5	11	26	15,061	-0,743	-09	20
15	J	74	2458192,5	11	30	11,613	-0,747	-09	03
16	V	75	2458193,5	11	34	08,162	-0,753	-08	46
17	S	76	2458194,5	11	38	04,710	-0,761	-08	29
18	D	77	2458195,5	11	42	01,256	-0,770	-08	12
19	L	78	2458196,5	11	45	57,802	-0,779	-07	55
20	M	79	2458197,5	11	49	54,350	-0,787	-07	37
21	M	80	2458198,5	11	53	50,899	-0,793	-07	19
22	J	81	2458199,5	11	57	47,452	-0,796	-07	02
23	V	82	2458200,5	12	01	44,007	-0,796	-06	44
24	S	83	2458201,5	12	05	40,565	-0,793	-06	26
25	D	84	2458202,5	12	09	37,124	-0,790	-06	08
26	L	85	2458203,5	12	13	33,682	-0,787	-05	50
27	M	86	2458204,5	12	17	30,239	-0,785	-05	31
28	M	87	2458205,5	12	21	26,793	-0,787	-05	13
29	J	88	2458206,5	12	25	23,343	-0,792	-04	55
30	V	89	2458207,5	12	29	19,891	-0,799	-04	37
31	S	90	2458208,5	12	33	16,438	-0,808	-04	19

El día juliano da el número de días transcurridos desde el mediodía medio en Greenwich del 1 de enero del año 4713 antes de Cristo. Por ello, a las 0<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 2018

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	91	2458209,5	12	37	12,984	–0,817	–04	01
2	L	92	2458210,5	12	41	09,532	–0,824	–03	43
3	M	93	2458211,5	12	45	06,082	–0,830	–03	25
4	M	94	2458212,5	12	49	02,634	–0,833	–03	07
5	J	95	2458213,5	12	52	59,188	–0,834	–02	50
6	V	96	2458214,5	12	56	55,744	–0,834	–02	33
7	S	97	2458215,5	13	00	52,300	–0,833	–02	16
8	D	98	2458216,5	13	04	48,857	–0,832	–01	59
9	L	99	2458217,5	13	08	45,413	–0,831	–01	42
10	M	100	2458218,5	13	12	41,967	–0,832	–01	26
11	M	101	2458219,5	13	16	38,520	–0,835	–01	10
12	J	102	2458220,5	13	20	35,071	–0,839	–00	54
13	V	103	2458221,5	13	24	31,620	–0,845	–00	39
14	S	104	2458222,5	13	28	28,168	–0,853	–00	24
15	D	105	2458223,5	13	32	24,715	–0,861	–00	09
16	L	106	2458224,5	13	36	21,263	–0,869	+00	05
17	M	107	2458225,5	13	40	17,812	–0,874	+00	19
18	M	108	2458226,5	13	44	14,365	–0,877	+00	33
19	J	109	2458227,5	13	48	10,921	–0,876	+00	46
20	V	110	2458228,5	13	52	07,480	–0,873	+00	59
21	S	111	2458229,5	13	56	04,041	–0,867	+01	11
22	D	112	2458230,5	14	00	00,601	–0,862	+01	23
23	L	113	2458231,5	14	03	57,160	–0,859	+01	35
24	M	114	2458232,5	14	07	53,716	–0,858	+01	46
25	M	115	2458233,5	14	11	50,269	–0,861	+01	57
26	J	116	2458234,5	14	15	46,819	–0,866	+02	07
27	V	117	2458235,5	14	19	43,368	–0,873	+02	17
28	S	118	2458236,5	14	23	39,916	–0,880	+02	26
29	D	119	2458237,5	14	27	36,465	–0,886	+02	35
30	L	120	2458238,5	14	31	33,016	–0,891	+02	43

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

$$\text{tiempo solar medio} = \text{TU} + \text{longitud}_{E,ste}$$

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

## Mayo 2018

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	M	121	2458239,5	14	35	29,569	–0,893	+02	51
2	M	122	2458240,5	14	39	26,124	–0,893	+02	58
3	J	123	2458241,5	14	43	22,682	–0,891	+03	05
4	V	124	2458242,5	14	47	19,240	–0,888	+03	11
5	S	125	2458243,5	14	51	15,799	–0,884	+03	17
6	D	126	2458244,5	14	55	12,358	–0,881	+03	22
7	L	127	2458245,5	14	59	08,915	–0,879	+03	26
8	M	128	2458246,5	15	03	05,471	–0,879	+03	30
9	M	129	2458247,5	15	07	02,024	–0,881	+03	33
10	J	130	2458248,5	15	10	58,576	–0,884	+03	36
11	V	131	2458249,5	15	14	55,127	–0,889	+03	38
12	S	132	2458250,5	15	18	51,676	–0,895	+03	39
13	D	133	2458251,5	15	22	48,226	–0,901	+03	40
14	L	134	2458252,5	15	26	44,777	–0,905	+03	40
15	M	135	2458253,5	15	30	41,331	–0,906	+03	40
16	M	136	2458254,5	15	34	37,889	–0,904	+03	39
17	J	137	2458255,5	15	38	34,449	–0,898	+03	38
18	V	138	2458256,5	15	42	31,013	–0,891	+03	36
19	S	139	2458257,5	15	46	27,576	–0,883	+03	33
20	D	140	2458258,5	15	50	24,138	–0,876	+03	30
21	L	141	2458259,5	15	54	20,698	–0,872	+03	27
22	M	142	2458260,5	15	58	17,254	–0,871	+03	23
23	M	143	2458261,5	16	02	13,807	–0,873	+03	18
24	J	144	2458262,5	16	06	10,358	–0,878	+03	13
25	V	145	2458263,5	16	10	06,908	–0,883	+03	07
26	S	146	2458264,5	16	14	03,459	–0,887	+03	01
27	D	147	2458265,5	16	18	00,012	–0,890	+02	55
28	L	148	2458266,5	16	21	56,567	–0,890	+02	48
29	M	149	2458267,5	16	25	53,124	–0,889	+02	40
30	M	150	2458268,5	16	29	49,682	–0,885	+02	32
31	J	151	2458269,5	16	33	46,243	–0,880	+02	24

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

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

## Junio 2018

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	152	2458270,5	16	37	42,804	–0,875	+02	15
2	S	153	2458271,5	16	41	39,365	–0,869	+02	06
3	D	154	2458272,5	16	45	35,924	–0,865	+01	57
4	L	155	2458273,5	16	49	32,482	–0,862	+01	47
5	M	156	2458274,5	16	53	29,039	–0,861	+01	36
6	M	157	2458275,5	16	57	25,593	–0,862	+01	26
7	J	158	2458276,5	17	01	22,146	–0,865	+01	15
8	V	159	2458277,5	17	05	18,697	–0,869	+01	04
9	S	160	2458278,5	17	09	15,249	–0,873	+00	52
10	D	161	2458279,5	17	13	11,801	–0,876	+00	40
11	L	162	2458280,5	17	17	08,355	–0,877	+00	28
12	M	163	2458281,5	17	21	04,913	–0,875	+00	16
13	M	164	2458282,5	17	25	01,474	–0,869	+00	03
14	J	165	2458283,5	17	28	58,038	–0,860	–00	09
15	V	166	2458284,5	17	32	54,604	–0,850	–00	22
16	S	167	2458285,5	17	36	51,168	–0,841	–00	35
17	D	168	2458286,5	17	40	47,731	–0,834	–00	48
18	L	169	2458287,5	17	44	44,289	–0,830	–01	01
19	M	170	2458288,5	17	48	40,844	–0,831	–01	14
20	M	171	2458289,5	17	52	37,397	–0,833	–01	27
21	J	172	2458290,5	17	56	33,949	–0,837	–01	41
22	V	173	2458291,5	18	00	30,500	–0,841	–01	54
23	S	174	2458292,5	18	04	27,053	–0,843	–02	07
24	D	175	2458293,5	18	08	23,608	–0,844	–02	19
25	L	176	2458294,5	18	12	20,165	–0,842	–02	32
26	M	177	2458295,5	18	16	16,724	–0,838	–02	45
27	M	178	2458296,5	18	20	13,285	–0,833	–02	57
28	J	179	2458297,5	18	24	09,846	–0,827	–03	10
29	V	180	2458298,5	18	28	06,408	–0,821	–03	22
30	S	181	2458299,5	18	32	02,968	–0,816	–03	34

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

La ecuación de los equinoccios se puede calcular aproximadamente mediante:

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

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 2018

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	182	2458300,5	18	35	59,527	–0,813	–03	46
2	L	183	2458301,5	18	39	56,084	–0,811	–03	57
3	M	184	2458302,5	18	43	52,639	–0,811	–04	08
4	M	185	2458303,5	18	47	49,192	–0,813	–04	19
5	J	186	2458304,5	18	51	45,744	–0,817	–04	30
6	V	187	2458305,5	18	55	42,295	–0,821	–04	40
7	S	188	2458306,5	18	59	38,847	–0,825	–04	50
8	D	189	2458307,5	19	03	35,400	–0,827	–05	00
9	L	190	2458308,5	19	07	31,956	–0,827	–05	09
10	M	191	2458309,5	19	11	28,515	–0,823	–05	18
11	M	192	2458310,5	19	15	25,077	–0,816	–05	26
12	J	193	2458311,5	19	19	21,642	–0,807	–05	34
13	V	194	2458312,5	19	23	18,207	–0,797	–05	42
14	S	195	2458313,5	19	27	14,770	–0,790	–05	49
15	D	196	2458314,5	19	31	11,330	–0,785	–05	56
16	L	197	2458315,5	19	35	07,885	–0,785	–06	02
17	M	198	2458316,5	19	39	04,438	–0,787	–06	07
18	M	199	2458317,5	19	43	00,989	–0,792	–06	12
19	J	200	2458318,5	19	46	57,539	–0,797	–06	17
20	V	201	2458319,5	19	50	54,091	–0,801	–06	21
21	S	202	2458320,5	19	54	50,644	–0,803	–06	24
22	D	203	2458321,5	19	58	47,199	–0,803	–06	27
23	L	204	2458322,5	20	02	43,757	–0,801	–06	29
24	M	205	2458323,5	20	06	40,316	–0,797	–06	31
25	M	206	2458324,5	20	10	36,876	–0,793	–06	32
26	J	207	2458325,5	20	14	33,435	–0,788	–06	32
27	V	208	2458326,5	20	18	29,995	–0,784	–06	32
28	S	209	2458327,5	20	22	26,552	–0,782	–06	31
29	D	210	2458328,5	20	26	23,108	–0,781	–06	29
30	L	211	2458329,5	20	30	19,662	–0,783	–06	27
31	M	212	2458330,5	20	34	16,214	–0,786	–06	25

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 2018

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	2458331,5	20	38	12,764	–0,792	–06	22
2	J	214	2458332,5	20	42	09,314	–0,797	–06	18
3	V	215	2458333,5	20	46	05,863	–0,803	–06	13
4	S	216	2458334,5	20	50	02,414	–0,808	–06	08
5	D	217	2458335,5	20	53	58,967	–0,811	–06	03
6	L	218	2458336,5	20	57	55,522	–0,810	–05	57
7	M	219	2458337,5	21	01	52,081	–0,807	–05	50
8	M	220	2458338,5	21	05	48,642	–0,801	–05	42
9	J	221	2458339,5	21	09	45,205	–0,794	–05	35
10	V	222	2458340,5	21	13	41,767	–0,787	–05	26
11	S	223	2458341,5	21	17	38,326	–0,784	–05	17
12	D	224	2458342,5	21	21	34,882	–0,783	–05	07
13	L	225	2458343,5	21	25	31,433	–0,787	–04	57
14	M	226	2458344,5	21	29	27,982	–0,793	–04	47
15	M	227	2458345,5	21	33	24,530	–0,801	–04	35
16	J	228	2458346,5	21	37	21,079	–0,807	–04	23
17	V	229	2458347,5	21	41	17,630	–0,812	–04	11
18	S	230	2458348,5	21	45	14,182	–0,815	–03	58
19	D	231	2458349,5	21	49	10,737	–0,815	–03	45
20	L	232	2458350,5	21	53	07,294	–0,814	–03	31
21	M	233	2458351,5	21	57	03,851	–0,812	–03	16
22	M	234	2458352,5	22	01	00,409	–0,810	–03	01
23	J	235	2458353,5	22	04	56,966	–0,808	–02	46
24	V	236	2458354,5	22	08	53,522	–0,808	–02	30
25	S	237	2458355,5	22	12	50,076	–0,809	–02	14
26	D	238	2458356,5	22	16	46,628	–0,812	–01	57
27	L	239	2458357,5	22	20	43,178	–0,817	–01	40
28	M	240	2458358,5	22	24	39,727	–0,824	–01	23
29	M	241	2458359,5	22	28	36,274	–0,832	–01	05
30	J	242	2458360,5	22	32	32,821	–0,841	–00	47
31	V	243	2458361,5	22	36	29,369	–0,848	–00	28

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:	366 <sup>d</sup> 62005

## Setiembre 2018

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	244	2458362,5	22	40	25,919	–0,853	–00	09
2	D	245	2458363,5	22	44	22,472	–0,856	+00	10
3	L	246	2458364,5	22	48	19,027	–0,856	+00	29
4	M	247	2458365,5	22	52	15,585	–0,853	+00	49
5	M	248	2458366,5	22	56	12,145	–0,849	+01	09
6	J	249	2458367,5	23	00	08,705	–0,845	+01	29
7	V	250	2458368,5	23	04	05,263	–0,842	+01	49
8	S	251	2458369,5	23	08	01,818	–0,842	+02	09
9	D	252	2458370,5	23	11	58,369	–0,846	+02	30
10	L	253	2458371,5	23	15	54,917	–0,853	+02	51
11	M	254	2458372,5	23	19	51,464	–0,862	+03	12
12	M	255	2458373,5	23	23	48,010	–0,871	+03	33
13	J	256	2458374,5	23	27	44,558	–0,879	+03	54
14	V	257	2458375,5	23	31	41,109	–0,884	+04	15
15	S	258	2458376,5	23	35	37,661	–0,886	+04	36
16	D	259	2458377,5	23	39	34,216	–0,887	+04	58
17	L	260	2458378,5	23	43	30,772	–0,886	+05	19
18	M	261	2458379,5	23	47	27,328	–0,885	+05	41
19	M	262	2458380,5	23	51	23,885	–0,884	+06	02
20	J	263	2458381,5	23	55	20,440	–0,885	+06	24
21	V	264	2458382,5	23	59	16,993	–0,886	+06	45
22	S	265	2458383,5	00	03	13,545	–0,890	+07	06
23	D	266	2458384,5	00	07	10,095	–0,896	+07	27
24	L	267	2458385,5	00	11	06,642	–0,904	+07	49
25	M	268	2458386,5	00	15	03,189	–0,912	+08	10
26	M	269	2458387,5	00	18	59,735	–0,922	+08	30
27	J	270	2458388,5	00	22	56,282	–0,930	+08	51
28	V	271	2458389,5	00	26	52,831	–0,937	+09	11
29	S	272	2458390,5	00	30	49,382	–0,941	+09	32
30	D	273	2458391,5	00	34	45,936	–0,942	+09	52

Año juliano:

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

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

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

## Octubre 2018

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	L	274	2458392,5	00	38	42,493	–0,940	+10	11
2	M	275	2458393,5	00	42	39,052	–0,937	+10	31
3	M	276	2458394,5	00	46	35,611	–0,933	+10	50
4	J	277	2458395,5	00	50	32,169	–0,930	+11	08
5	V	278	2458396,5	00	54	28,725	–0,930	+11	27
6	S	279	2458397,5	00	58	25,277	–0,933	+11	45
7	D	280	2458398,5	01	02	21,826	–0,939	+12	02
8	L	281	2458399,5	01	06	18,373	–0,948	+12	19
9	M	282	2458400,5	01	10	14,920	–0,956	+12	36
10	M	283	2458401,5	01	14	11,467	–0,964	+12	52
11	J	284	2458402,5	01	18	08,017	–0,970	+13	08
12	V	285	2458403,5	01	22	04,569	–0,973	+13	23
13	S	286	2458404,5	01	26	01,124	–0,974	+13	38
14	D	287	2458405,5	01	29	57,681	–0,973	+13	53
15	L	288	2458406,5	01	33	54,238	–0,971	+14	06
16	M	289	2458407,5	01	37	50,795	–0,969	+14	20
17	M	290	2458408,5	01	41	47,352	–0,967	+14	32
18	J	291	2458409,5	01	45	43,907	–0,968	+14	45
19	V	292	2458410,5	01	49	40,460	–0,970	+14	56
20	S	293	2458411,5	01	53	37,012	–0,974	+15	07
21	D	294	2458412,5	01	57	33,561	–0,979	+15	18
22	L	295	2458413,5	02	01	30,109	–0,987	+15	27
23	M	296	2458414,5	02	05	26,657	–0,995	+15	36
24	M	297	2458415,5	02	09	23,205	–1,002	+15	45
25	J	298	2458416,5	02	13	19,755	–1,008	+15	52
26	V	299	2458417,5	02	17	16,307	–1,011	+15	59
27	S	300	2458418,5	02	21	12,862	–1,011	+16	05
28	D	301	2458419,5	02	25	09,420	–1,008	+16	11
29	L	302	2458420,5	02	29	05,981	–1,003	+16	16
30	M	303	2458421,5	02	33	02,542	–0,997	+16	20
31	M	304	2458422,5	02	36	59,103	–0,992	+16	23

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 2018

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	305	2458423,5	02	40	55,661	–0,989	+16	25
2	V	306	2458424,5	02	44	52,216	–0,989	+16	27
3	S	307	2458425,5	02	48	48,768	–0,993	+16	27
4	D	308	2458426,5	02	52	45,317	–0,999	+16	27
5	L	309	2458427,5	02	56	41,866	–1,005	+16	26
6	M	310	2458428,5	03	00	38,415	–1,011	+16	24
7	M	311	2458429,5	03	04	34,966	–1,016	+16	22
8	J	312	2458430,5	03	08	31,520	–1,018	+16	18
9	V	313	2458431,5	03	12	28,076	–1,017	+16	14
10	S	314	2458432,5	03	16	24,635	–1,014	+16	09
11	D	315	2458433,5	03	20	21,194	–1,009	+16	03
12	L	316	2458434,5	03	24	17,755	–1,004	+15	56
13	M	317	2458435,5	03	28	14,314	–1,000	+15	48
14	M	318	2458436,5	03	32	10,873	–0,997	+15	40
15	J	319	2458437,5	03	36	07,429	–0,996	+15	30
16	V	320	2458438,5	03	40	03,984	–0,997	+15	20
17	S	321	2458439,5	03	44	00,537	–0,999	+15	09
18	D	322	2458440,5	03	47	57,088	–1,003	+14	57
19	L	323	2458441,5	03	51	53,638	–1,008	+14	44
20	M	324	2458442,5	03	55	50,189	–1,013	+14	31
21	M	325	2458443,5	03	59	46,740	–1,017	+14	17
22	J	326	2458444,5	04	03	43,294	–1,019	+14	02
23	V	327	2458445,5	04	07	39,851	–1,017	+13	46
24	S	328	2458446,5	04	11	36,411	–1,012	+13	29
25	D	329	2458447,5	04	15	32,974	–1,004	+13	12
26	L	330	2458448,5	04	19	29,539	–0,995	+12	54
27	M	331	2458449,5	04	23	26,103	–0,987	+12	35
28	M	332	2458450,5	04	27	22,665	–0,980	+12	15
29	J	333	2458451,5	04	31	19,223	–0,977	+11	55
30	V	334	2458452,5	04	35	15,778	–0,977	+11	34

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:

$$595^s \text{ sen}(199^\circ + 1^\circ 9713 d) + 442^s \text{ sen}(175^\circ + 0^\circ 9856 d)$$

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

## Diciembre 2018

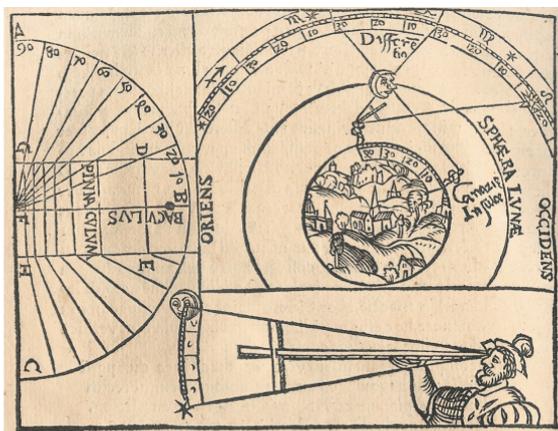
Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver. – med.)	Ecuación de tiempo (v. – m.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>		<i>s</i>	<i>m</i>
1	S	335	2458453,5	04	39	12,331	–0,980	+11	12
2	D	336	2458454,5	04	43	08,882	–0,984	+10	49
3	L	337	2458455,5	04	47	05,434	–0,988	+10	26
4	M	338	2458456,5	04	51	01,987	–0,991	+10	02
5	M	339	2458457,5	04	54	58,542	–0,991	+09	38
6	J	340	2458458,5	04	58	55,099	–0,988	+09	13
7	V	341	2458459,5	05	02	51,659	–0,984	+08	48
8	S	342	2458460,5	05	06	48,221	–0,977	+08	22
9	D	343	2458461,5	05	10	44,784	–0,970	+07	55
10	L	344	2458462,5	05	14	41,346	–0,964	+07	28
11	M	345	2458463,5	05	18	37,907	–0,958	+07	01
12	M	346	2458464,5	05	22	34,466	–0,954	+06	33
13	J	347	2458465,5	05	26	31,023	–0,952	+06	05
14	V	348	2458466,5	05	30	27,579	–0,952	+05	37
15	S	349	2458467,5	05	34	24,132	–0,954	+05	08
16	D	350	2458468,5	05	38	20,685	–0,957	+04	39
17	L	351	2458469,5	05	42	17,237	–0,960	+04	10
18	M	352	2458470,5	05	46	13,789	–0,963	+03	41
19	M	353	2458471,5	05	50	10,343	–0,964	+03	11
20	J	354	2458472,5	05	54	06,900	–0,963	+02	42
21	V	355	2458473,5	05	58	03,461	–0,958	+02	12
22	S	356	2458474,5	06	02	00,024	–0,949	+01	42
23	D	357	2458475,5	06	05	56,590	–0,939	+01	13
24	L	358	2458476,5	06	09	53,156	–0,928	+00	43
25	M	359	2458477,5	06	13	49,721	–0,919	+00	13
26	M	360	2458478,5	06	17	46,282	–0,913	–00	17
27	J	361	2458479,5	06	21	42,839	–0,911	–00	46
28	V	362	2458480,5	06	25	39,393	–0,913	–01	16
29	S	363	2458481,5	06	29	35,945	–0,916	–01	45
30	D	364	2458482,5	06	33	32,497	–0,919	–02	14
31	L	365	2458483,5	06	37	29,050	–0,922	–02	43

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 2018

Longitud media	$L_{\odot} = 279^{\circ}619782 + 0^{\circ}98564736 d$
Anomalía media	$M_{\odot} = 356^{\circ}371951 + 0^{\circ}98560028 d$
Longitud media del perigeo	$\varpi_{\odot} = 283^{\circ}247831 + 0^{\circ}00004708 d$
Excentricidad promedio	$e_{\odot} = 0,01670133$
Oblicuidad media de la eclíptica	$\varepsilon = 23^{\circ}436951 - 0^{\circ}00000036 d$

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

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

$$\begin{aligned} \odot &= L_{\odot} + 1^{\circ}914 \sin(M_{\odot}) + 0^{\circ}020 \sin(2 M_{\odot}) \\ &= 279^{\circ}617 + 0^{\circ}98565 d + 1^{\circ}914 \sin(0^{\circ}9856 d - 3^{\circ}6) \\ &\quad + 0^{\circ}020 \sin(2^{\circ}d - 10^{\circ}) \end{aligned}$$

### 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	$\alpha_{PN} = 286^{\circ} 17'$ $\delta_{PN} = 63^{\circ} 90'$

**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	$\epsilon_0 = 23^\circ 26' 21''406$ $= 23^\circ 4392794$ $= 84382''406$

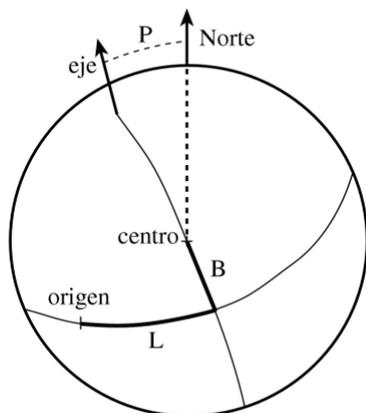
## Efemérides del Sol para 2018

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:

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

$$B \simeq 7,2 \operatorname{sen} (\odot - 76^\circ)$$

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

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 2018

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	7 38	12 18 19	16 59	18 45 42,9	-23 01 09	02,1	-3,0	346,0	
2 M	7 38	12 18 47	17 00	18 50 07,6	-22 56 06	01,6	-3,1	332,8	
3 M	7 38	12 19 15	17 01	18 54 32,0	-22 50 36	01,1	-3,2	319,7	
4 J	7 38	12 19 42	17 02	18 58 55,9	-22 44 38	00,6	-3,4	306,5	
5 V	7 38	12 20 09	17 02	19 03 19,5	-22 38 14	00,1	-3,5	293,3	
6 S	7 38	12 20 35	17 03	19 07 42,7	-22 31 22	-00,3	-3,6	280,2	
7 D	7 38	12 21 01	17 04	19 12 05,4	-22 24 04	-00,8	-3,7	267,0	
8 L	7 38	12 21 27	17 05	19 16 27,7	-22 16 19	-01,3	-3,7	253,8	
9 M	7 38	12 21 52	17 06	19 20 49,5	-22 08 08	-01,8	-3,9	240,6	
10 M	7 37	12 22 16	17 07	19 25 10,7	-21 59 31	-02,2	-4,0	227,5	
11 J	7 37	12 22 40	17 08	19 29 31,5	-21 50 29	-02,7	-4,0	214,3	
12 V	7 37	12 23 03	17 09	19 33 51,6	-21 41 00	-03,2	-4,2	201,1	
13 S	7 37	12 23 26	17 11	19 38 11,2	-21 31 07	-03,7	-4,3	188,0	
14 D	7 36	12 23 48	17 12	19 42 30,2	-21 20 48	-04,2	-4,4	174,8	
15 L	7 36	12 24 10	17 13	19 46 48,5	-21 10 05	-04,5	-4,5	161,6	
16 M	7 35	12 24 30	17 14	19 51 06,2	-20 58 57	-05,0	-4,5	148,5	
17 M	7 35	12 24 50	17 15	19 55 23,2	-20 47 26	-05,5	-4,7	135,3	
18 J	7 35	12 25 10	17 16	19 59 39,5	-20 35 31	-06,0	-4,8	122,2	
19 V	7 34	12 25 28	17 17	20 03 55,1	-20 23 12	-06,5	-4,9	109,0	
20 S	7 33	12 25 46	17 18	20 08 09,9	-20 10 30	-06,9	-5,0	95,8	
21 D	7 33	12 26 03	17 20	20 12 24,0	-19 57 26	-07,4	-5,0	82,7	
22 L	7 32	12 26 20	17 21	20 16 37,3	-19 43 59	-07,9	-5,2	69,5	
23 M	7 32	12 26 35	17 22	20 20 49,8	-19 30 10	-08,3	-5,3	56,2	
24 M	7 31	12 26 50	17 23	20 25 01,6	-19 15 59	-08,6	-5,4	43,2	
25 J	7 30	12 27 04	17 24	20 29 12,5	-19 01 28	-09,1	-5,5	30,0	
26 V	7 29	12 27 17	17 26	20 33 22,6	-18 46 35	-09,6	-5,5	16,8	
27 S	7 29	12 27 30	17 27	20 37 31,9	-18 31 22	-10,0	-5,5	3,7	
28 D	7 28	12 27 41	17 28	20 41 40,4	-18 15 49	-10,5	-5,7	350,5	
29 L	7 27	12 27 52	17 29	20 45 48,0	-17 59 56	-10,9	-5,8	337,3	
30 M	7 26	12 28 02	17 30	20 49 54,9	-17 43 44	-11,3	-5,9	324,2	
31 M	7 25	12 28 11	17 32	20 54 00,9	-17 27 13	-11,6	-5,9	311,0	

## SOL Febrero 2018

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	7 24	12 28 19	17 33	20 58 06,0	-17 10 23	-12,1	-6,0	297,8	
2 V	7 23	12 28 26	17 34	21 02 10,4	-16 53 15	-12,5	-6,0	284,7	
3 S	7 22	12 28 33	17 35	21 06 13,9	-16 35 50	-12,9	-6,2	271,5	
4 D	7 21	12 28 39	17 37	21 10 16,7	-16 18 07	-13,3	-6,2	258,3	
5 L	7 20	12 28 44	17 38	21 14 18,6	-16 00 07	-13,6	-6,3	245,1	
6 M	7 19	12 28 48	17 39	21 18 19,8	-15 41 50	-14,1	-6,3	232,0	
7 M	7 18	12 28 51	17 40	21 22 20,2	-15 23 18	-14,5	-6,4	218,8	
8 J	7 17	12 28 54	17 41	21 26 19,8	-15 04 29	-14,9	-6,5	205,6	
9 V	7 16	12 28 56	17 43	21 30 18,6	-14 45 25	-15,1	-6,5	192,5	
10 S	7 15	12 28 57	17 44	21 34 16,7	-14 26 07	-15,6	-6,5	179,3	
11 D	7 13	12 28 57	17 45	21 38 14,0	-14 06 33	-16,0	-6,5	166,1	
12 L	7 12	12 28 57	17 46	21 42 10,5	-13 46 46	-16,3	-6,7	153,0	
13 M	7 11	12 28 56	17 47	21 46 06,3	-13 26 45	-16,7	-6,7	139,8	
14 M	7 10	12 28 54	17 49	21 50 01,4	-13 06 31	-17,0	-6,8	126,7	
15 J	7 08	12 28 51	17 50	21 53 55,7	-12 46 04	-17,3	-6,8	113,5	
16 V	7 07	12 28 48	17 51	21 57 49,3	-12 25 24	-17,7	-6,9	100,3	
17 S	7 06	12 28 44	17 52	22 01 42,2	-12 04 33	-18,0	-6,9	87,2	
18 D	7 04	12 28 39	17 53	22 05 34,4	-11 43 30	-18,3	-6,9	74,0	
19 L	7 03	12 28 34	17 55	22 09 25,9	-11 22 16	-18,7	-7,0	60,7	
20 M	7 02	12 28 28	17 56	22 13 16,7	-11 00 51	-19,0	-7,0	47,6	
21 M	7 00	12 28 21	17 57	22 17 06,8	-10 39 16	-19,3	-7,0	34,5	
22 J	6 59	12 28 13	17 58	22 20 56,2	-10 17 31	-19,6	-7,0	21,3	
23 V	6 58	12 28 05	17 59	22 24 45,0	-09 55 37	-19,8	-7,0	8,1	
24 S	6 56	12 27 57	18 00	22 28 33,2	-09 33 34	-20,2	-7,0	355,0	
25 D	6 55	12 27 47	18 02	22 32 20,8	-09 11 22	-20,3	-7,2	341,8	
26 L	6 53	12 27 37	18 03	22 36 07,8	-08 49 02	-20,7	-7,2	328,6	
27 M	6 52	12 27 27	18 04	22 39 54,1	-08 26 34	-21,0	-7,2	315,5	
28 M	6 50	12 27 16	18 05	22 43 40,0	-08 03 59	-21,2	-7,2	302,3	

## SOL Marzo 2018

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	6 49	12 27 04	18 06	22 47 25,2	-07 41 17	-21,5	-7,2	289,1	
2 V	6 47	12 26 52	18 07	22 51 10,0	-07 18 28	-21,7	-7,2	275,8	
3 S	6 46	12 26 40	18 08	22 54 54,2	-06 55 33	-22,0	-7,2	262,8	
4 D	6 44	12 26 27	18 09	22 58 38,0	-06 32 32	-22,2	-7,2	249,6	
5 L	6 43	12 26 13	18 11	23 02 21,4	-06 09 26	-22,5	-7,3	236,4	
6 M	6 41	12 25 59	18 12	23 06 04,3	-05 46 14	-22,7	-7,3	223,1	
7 M	6 39	12 25 45	18 13	23 09 46,8	-05 22 58	-22,8	-7,3	210,1	
8 J	6 38	12 25 31	18 14	23 13 28,9	-04 59 37	-23,1	-7,3	196,9	
9 V	6 36	12 25 16	18 15	23 17 10,7	-04 36 12	-23,3	-7,2	183,6	
10 S	6 35	12 25 00	18 16	23 20 52,2	-04 12 44	-23,5	-7,2	170,5	
11 D	6 33	12 24 45	18 17	23 24 33,3	-03 49 12	-23,7	-7,2	157,4	
12 L	6 31	12 24 29	18 18	23 28 14,1	-03 25 38	-23,8	-7,2	144,1	
13 M	6 30	12 24 13	18 19	23 31 54,6	-03 02 01	-24,1	-7,2	131,0	
14 M	6 28	12 23 56	18 20	23 35 34,9	-02 38 22	-24,2	-7,2	117,8	
15 J	6 27	12 23 40	18 21	23 39 14,9	-02 14 41	-24,3	-7,2	104,5	
16 V	6 25	12 23 23	18 22	23 42 54,6	-01 50 59	-24,6	-7,2	91,5	
17 S	6 23	12 23 06	18 23	23 46 34,2	-01 27 16	-24,7	-7,0	78,3	
18 D	6 22	12 22 48	18 25	23 50 13,5	-01 03 32	-24,8	-7,0	65,0	
19 L	6 20	12 22 31	18 26	23 53 52,7	-00 39 48	-25,0	-7,0	51,9	
20 M	6 18	12 22 13	18 27	23 57 31,7	-00 16 05	-25,1	-7,0	38,7	
21 M	6 17	12 21 56	18 28	00 01 10,6	+00 07 38	-25,2	-7,0	25,6	
22 J	6 15	12 21 38	18 29	00 04 49,4	+00 31 21	-25,3	-7,0	12,4	
23 V	6 14	12 21 20	18 30	00 08 28,0	+00 55 01	-25,5	-7,0	359,2	
24 S	6 12	12 21 02	18 31	00 12 06,5	+01 18 41	-25,6	-6,9	346,0	
25 D	6 10	12 20 44	18 32	00 15 45,0	+01 42 18	-25,7	-6,9	332,8	
26 L	6 09	12 20 25	18 33	00 19 23,4	+02 05 52	-25,8	-6,8	319,6	
27 M	6 07	12 20 07	18 34	00 23 01,8	+02 29 24	-25,8	-6,8	306,3	
28 M	6 05	12 19 49	18 35	00 26 40,2	+02 52 52	-25,8	-6,8	293,2	
29 J	6 04	12 19 31	18 36	00 30 18,6	+03 16 17	-26,0	-6,7	280,1	
30 V	6 02	12 19 13	18 37	00 33 57,0	+03 39 38	-26,0	-6,7	266,8	
31 S	6 00	12 18 55	18 38	00 37 35,4	+04 02 55	-26,1	-6,5	253,6	

Inicio de la primavera el día 20 a las 16<sup>h</sup>15<sup>m</sup> de TU.

## SOL Abril 2018

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	5 59	12 18 37	18 39	00 41 14,0	+04 26 08	-26,1	-6,5	240,5	
2 L	5 57	12 18 19	18 40	00 44 52,6	+04 49 15	-26,2	-6,5	227,3	
3 M	5 56	12 18 01	18 41	00 48 31,4	+05 12 18	-26,2	-6,5	214,1	
4 M	5 54	12 17 44	18 42	00 52 10,4	+05 35 15	-26,2	-6,4	200,9	
5 J	5 52	12 17 26	18 43	00 55 49,5	+05 58 06	-26,3	-6,3	187,6	
6 V	5 51	12 17 09	18 44	00 59 28,8	+06 20 51	-26,3	-6,3	174,5	
7 S	5 49	12 16 52	18 45	01 03 08,3	+06 43 30	-26,3	-6,2	161,3	
8 D	5 48	12 16 36	18 46	01 06 48,0	+07 06 02	-26,3	-6,0	148,1	
9 L	5 46	12 16 19	18 47	01 10 28,0	+07 28 26	-26,3	-6,0	134,9	
10 M	5 44	12 16 03	18 48	01 14 08,3	+07 50 43	-26,2	-6,0	121,7	
11 M	5 43	12 15 47	18 49	01 17 48,8	+08 12 53	-26,2	-5,9	108,5	
12 J	5 41	12 15 32	18 50	01 21 29,7	+08 34 54	-26,2	-5,9	95,3	
13 V	5 40	12 15 17	18 52	01 25 10,8	+08 56 46	-26,1	-5,8	82,0	
14 S	5 38	12 15 02	18 53	01 28 52,3	+09 18 30	-26,1	-5,7	68,9	
15 D	5 37	12 14 47	18 54	01 32 34,1	+09 40 05	-26,0	-5,5	55,7	
16 L	5 35	12 14 33	18 55	01 36 16,3	+10 01 30	-26,0	-5,5	42,5	
17 M	5 34	12 14 19	18 56	01 39 58,9	+10 22 45	-25,8	-5,5	29,3	
18 M	5 32	12 14 06	18 57	01 43 41,8	+10 43 49	-25,8	-5,4	16,1	
19 J	5 31	12 13 53	18 58	01 47 25,1	+11 04 43	-25,7	-5,3	2,9	
20 V	5 29	12 13 40	18 59	01 51 08,8	+11 25 27	-25,6	-5,2	349,7	
21 S	5 28	12 13 28	19 00	01 54 52,9	+11 45 58	-25,5	-5,0	336,5	
22 D	5 26	12 13 16	19 01	01 58 37,4	+12 06 18	-25,3	-5,0	323,3	
23 L	5 25	12 13 05	19 02	02 02 22,4	+12 26 26	-25,3	-5,0	310,1	
24 M	5 24	12 12 54	19 03	02 06 07,7	+12 46 22	-25,2	-4,9	296,8	
25 M	5 22	12 12 43	19 04	02 09 53,6	+13 06 05	-25,1	-4,8	283,6	
26 J	5 21	12 12 33	19 05	02 13 39,8	+13 25 35	-24,8	-4,7	270,3	
27 V	5 19	12 12 24	19 06	02 17 26,6	+13 44 51	-24,8	-4,5	257,2	
28 S	5 18	12 12 14	19 07	02 21 13,9	+14 03 54	-24,6	-4,5	244,0	
29 D	5 17	12 12 06	19 08	02 25 01,6	+14 22 43	-24,5	-4,4	230,8	
30 L	5 16	12 11 58	19 09	02 28 49,9	+14 41 18	-24,3	-4,3	217,6	

## SOL Mayo 2018

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 14	12 11 50	19 10	02 32 38,7	+14 59 38	-24,1	-4,2	204,4	
2 M	5 13	12 11 44	19 11	02 36 28,0	+15 17 43	-24,0	-4,0	191,1	
3 J	5 12	12 11 37	19 12	02 40 17,9	+15 35 33	-23,8	-4,0	177,9	
4 V	5 11	12 11 31	19 13	02 44 08,3	+15 53 07	-23,6	-3,9	164,6	
5 S	5 09	12 11 26	19 14	02 47 59,4	+16 10 26	-23,3	-3,7	151,5	
6 D	5 08	12 11 21	19 15	02 51 50,9	+16 27 29	-23,2	-3,7	138,3	
7 L	5 07	12 11 17	19 16	02 55 43,1	+16 44 15	-23,0	-3,6	125,0	
8 M	5 06	12 11 14	19 17	02 59 35,9	+17 00 45	-22,7	-3,5	111,8	
9 M	5 05	12 11 11	19 18	03 03 29,2	+17 16 58	-22,5	-3,4	98,5	
10 J	5 04	12 11 09	19 19	03 07 23,1	+17 32 53	-22,3	-3,2	85,4	
11 V	5 03	12 11 07	19 20	03 11 17,6	+17 48 31	-22,0	-3,1	72,2	
12 S	5 02	12 11 06	19 21	03 15 12,7	+18 03 51	-21,8	-3,0	58,9	
13 D	5 01	12 11 05	19 22	03 19 08,4	+18 18 53	-21,5	-2,9	45,7	
14 L	5 00	12 11 05	19 23	03 23 04,6	+18 33 37	-21,3	-2,7	32,5	
15 M	4 59	12 11 06	19 24	03 27 01,5	+18 48 01	-21,0	-2,7	19,3	
16 M	4 58	12 11 07	19 25	03 30 58,9	+19 02 07	-20,7	-2,6	6,0	
17 J	4 57	12 11 08	19 26	03 34 56,9	+19 15 53	-20,3	-2,5	352,8	
18 V	4 56	12 11 11	19 27	03 38 55,4	+19 29 20	-20,1	-2,4	339,6	
19 S	4 55	12 11 13	19 28	03 42 54,5	+19 42 27	-19,8	-2,2	326,3	
20 D	4 54	12 11 17	19 29	03 46 54,1	+19 55 14	-19,5	-2,1	313,1	
21 L	4 54	12 11 21	19 30	03 50 54,2	+20 07 40	-19,2	-2,0	299,8	
22 M	4 53	12 11 25	19 31	03 54 54,9	+20 19 46	-18,8	-1,8	286,7	
23 M	4 52	12 11 30	19 31	03 58 56,0	+20 31 30	-18,6	-1,8	273,3	
24 J	4 51	12 11 35	19 32	04 02 57,6	+20 42 53	-18,3	-1,7	260,2	
25 V	4 51	12 11 41	19 33	04 06 59,8	+20 53 55	-17,8	-1,5	247,0	
26 S	4 50	12 11 47	19 34	04 11 02,4	+21 04 35	-17,6	-1,3	233,8	
27 D	4 49	12 11 54	19 35	04 15 05,4	+21 14 54	-17,3	-1,3	220,5	
28 L	4 49	12 12 01	19 36	04 19 09,0	+21 24 50	-16,8	-1,2	207,3	
29 M	4 48	12 12 09	19 36	04 23 13,0	+21 34 24	-16,6	-1,1	194,1	
30 M	4 48	12 12 17	19 37	04 27 17,4	+21 43 35	-16,2	-0,9	180,8	
31 J	4 47	12 12 26	19 38	04 31 22,3	+21 52 24	-15,8	-0,8	167,6	

## SOL Junio 2018

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	4 47	12 12 35	19 39	04 35 27,6	+22 00 50	-15,5	-0,6	154,4	
2 S	4 46	12 12 44	19 39	04 39 33,3	+22 08 53	-15,1	-0,6	141,1	
3 D	4 46	12 12 54	19 40	04 43 39,4	+22 16 33	-14,6	-0,5	127,9	
4 L	4 46	12 13 04	19 41	04 47 45,9	+22 23 50	-14,3	-0,3	114,7	
5 M	4 45	12 13 14	19 41	04 51 52,8	+22 30 43	-13,9	-0,2	101,4	
6 M	4 45	12 13 25	19 42	04 55 60,0	+22 37 13	-13,5	-0,1	88,2	
7 J	4 45	12 13 36	19 43	05 00 07,5	+22 43 18	-13,1	+0,0	75,0	
8 V	4 45	12 13 48	19 43	05 04 15,3	+22 49 00	-12,6	+0,2	61,7	
9 S	4 44	12 13 59	19 44	05 08 23,5	+22 54 18	-12,3	+0,3	48,5	
10 D	4 44	12 14 11	19 44	05 12 31,9	+22 59 12	-11,9	+0,4	35,2	
11 L	4 44	12 14 23	19 45	05 16 40,5	+23 03 41	-11,5	+0,5	22,0	
12 M	4 44	12 14 36	19 45	05 20 49,4	+23 07 46	-11,1	+0,6	8,8	
13 M	4 44	12 14 49	19 46	05 24 58,4	+23 11 27	-10,6	+0,8	355,5	
14 J	4 44	12 15 01	19 46	05 29 07,7	+23 14 43	-10,3	+0,9	342,3	
15 V	4 44	12 15 14	19 47	05 33 17,1	+23 17 35	-09,8	+1,0	329,1	
16 S	4 44	12 15 27	19 47	05 37 26,6	+23 20 02	-09,4	+1,1	315,8	
17 D	4 44	12 15 40	19 47	05 41 36,2	+23 22 04	-09,0	+1,2	302,6	
18 L	4 44	12 15 53	19 48	05 45 45,8	+23 23 41	-08,5	+1,3	289,3	
19 M	4 44	12 16 06	19 48	05 49 55,4	+23 24 54	-08,1	+1,5	276,1	
20 M	4 45	12 16 19	19 48	05 54 05,1	+23 25 42	-07,7	+1,6	262,8	
21 J	4 45	12 16 33	19 48	05 58 14,7	+23 26 05	-07,2	+1,7	249,6	
22 V	4 45	12 16 46	19 49	06 02 24,3	+23 26 03	-06,8	+1,8	236,4	
23 S	4 45	12 16 59	19 49	06 06 33,9	+23 25 36	-06,3	+1,8	223,1	
24 D	4 45	12 17 11	19 49	06 10 43,3	+23 24 45	-05,9	+2,1	209,9	
25 L	4 46	12 17 24	19 49	06 14 52,6	+23 23 28	-05,4	+2,2	196,6	
26 M	4 46	12 17 37	19 49	06 19 01,9	+23 21 47	-05,0	+2,2	183,5	
27 M	4 46	12 17 49	19 49	06 23 10,9	+23 19 42	-04,5	+2,4	170,1	
28 J	4 47	12 18 01	19 49	06 27 19,8	+23 17 12	-04,0	+2,5	157,0	
29 V	4 47	12 18 13	19 49	06 31 28,5	+23 14 17	-03,6	+2,6	143,8	
30 S	4 48	12 18 25	19 49	06 35 37,0	+23 10 58	-03,2	+2,7	130,5	

Inicio del verano el día 21 a las 10<sup>h</sup> 7<sup>m</sup> de TU.

## SOL Julio 2018

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	4 48	12 18 37	19 49	06 39 45,3	+23 07 14	-02,7	+2,7	117,3	
2 L	4 49	12 18 48	19 49	06 43 53,4	+23 03 07	-02,2	+3,0	104,0	
3 M	4 49	12 18 59	19 49	06 48 01,1	+22 58 35	-01,8	+3,1	90,8	
4 M	4 50	12 19 10	19 48	06 52 08,6	+22 53 39	-01,3	+3,2	77,5	
5 J	4 50	12 19 20	19 48	06 56 15,8	+22 48 19	-00,9	+3,2	64,3	
6 V	4 51	12 19 31	19 48	07 00 22,7	+22 42 35	-00,5	+3,4	51,1	
7 S	4 52	12 19 40	19 47	07 04 29,2	+22 36 28	00,0	+3,5	37,9	
8 D	4 52	12 19 50	19 47	07 08 35,4	+22 29 57	00,4	+3,6	24,6	
9 L	4 53	12 19 59	19 47	07 12 41,2	+22 23 03	00,9	+3,7	11,4	
10 M	4 54	12 20 08	19 46	07 16 46,7	+22 15 45	01,3	+3,7	358,2	
11 M	4 54	12 20 16	19 46	07 20 51,7	+22 08 05	01,8	+3,9	344,8	
12 J	4 55	12 20 24	19 45	07 24 56,3	+22 00 02	02,2	+4,0	331,7	
13 V	4 56	12 20 31	19 45	07 29 00,4	+21 51 36	02,7	+4,0	318,5	
14 S	4 56	12 20 38	19 44	07 33 04,1	+21 42 48	03,1	+4,2	305,2	
15 D	4 57	12 20 44	19 44	07 37 07,3	+21 33 37	03,6	+4,3	292,0	
16 L	4 58	12 20 50	19 43	07 41 10,0	+21 24 05	04,0	+4,4	278,8	
17 M	4 59	12 20 55	19 43	07 45 12,1	+21 14 10	04,5	+4,5	265,5	
18 M	5 00	12 21 00	19 42	07 49 13,7	+21 03 54	04,9	+4,5	252,3	
19 J	5 00	12 21 04	19 41	07 53 14,7	+20 53 17	05,3	+4,7	239,1	
20 V	5 01	12 21 08	19 41	07 57 15,2	+20 42 18	05,8	+4,8	225,8	
21 S	5 02	12 21 11	19 40	08 01 15,1	+20 30 59	06,2	+4,9	212,6	
22 D	5 03	12 21 13	19 39	08 05 14,4	+20 19 19	06,5	+5,0	199,4	
23 L	5 04	12 21 15	19 38	08 09 13,1	+20 07 19	07,0	+5,0	186,1	
24 M	5 05	12 21 17	19 37	08 13 11,2	+19 54 58	07,5	+5,0	172,9	
25 M	5 06	12 21 17	19 36	08 17 08,7	+19 42 18	07,9	+5,2	159,6	
26 J	5 06	12 21 17	19 36	08 21 05,7	+19 29 18	08,3	+5,3	146,5	
27 V	5 07	12 21 17	19 35	08 25 02,0	+19 15 58	08,6	+5,4	133,1	
28 S	5 08	12 21 16	19 34	08 28 57,7	+19 02 20	09,1	+5,5	120,0	
29 D	5 09	12 21 14	19 33	08 32 52,8	+18 48 23	09,6	+5,5	106,8	
30 L	5 10	12 21 11	19 32	08 36 47,3	+18 34 07	10,0	+5,5	93,5	
31 M	5 11	12 21 08	19 31	08 40 41,2	+18 19 33	10,4	+5,7	80,3	

## SOL Agosto 2018

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 05	19 30	08 44 34,6	+18 04 41	10,8	+5,8	67,0	
2 J	5 13	12 21 01	19 29	08 48 27,3	+17 49 31	11,1	+5,8	53,9	
3 V	5 14	12 20 56	19 27	08 52 19,4	+17 34 04	11,6	+5,9	40,6	
4 S	5 15	12 20 51	19 26	08 56 10,9	+17 18 20	11,9	+6,0	27,3	
5 D	5 16	12 20 45	19 25	09 00 01,9	+17 02 19	12,3	+6,0	14,1	
6 L	5 17	12 20 38	19 24	09 03 52,3	+16 46 01	12,6	+6,0	1,0	
7 M	5 18	12 20 31	19 23	09 07 42,1	+16 29 27	13,1	+6,2	347,7	
8 M	5 19	12 20 24	19 22	09 11 31,3	+16 12 37	13,5	+6,2	334,5	
9 J	5 20	12 20 16	19 20	09 15 20,0	+15 55 31	13,8	+6,3	321,3	
10 V	5 21	12 20 07	19 19	09 19 08,1	+15 38 10	14,1	+6,4	308,1	
11 S	5 22	12 19 57	19 18	09 22 55,6	+15 20 33	14,6	+6,4	294,8	
12 D	5 23	12 19 48	19 16	09 26 42,5	+15 02 42	14,9	+6,5	281,6	
13 L	5 23	12 19 37	19 15	09 30 28,9	+14 44 37	15,3	+6,5	268,3	
14 M	5 24	12 19 26	19 14	09 34 14,8	+14 26 18	15,6	+6,5	255,1	
15 M	5 25	12 19 15	19 12	09 38 00,0	+14 07 45	16,0	+6,5	242,0	
16 J	5 26	12 19 02	19 11	09 41 44,7	+13 48 58	16,3	+6,7	228,8	
17 V	5 27	12 18 50	19 10	09 45 28,9	+13 29 58	16,6	+6,7	215,5	
18 S	5 28	12 18 37	19 08	09 49 12,5	+13 10 46	17,0	+6,8	202,3	
19 D	5 29	12 18 23	19 07	09 52 55,7	+12 51 21	17,3	+6,8	189,1	
20 L	5 30	12 18 09	19 05	09 56 38,3	+12 31 44	17,6	+6,9	175,9	
21 M	5 31	12 17 54	19 04	10 00 20,4	+12 11 55	17,8	+6,9	162,6	
22 M	5 32	12 17 39	19 02	10 04 02,0	+11 51 55	18,2	+6,9	149,5	
23 J	5 33	12 17 23	19 01	10 07 43,2	+11 31 43	18,5	+7,0	136,1	
24 V	5 34	12 17 07	18 59	10 11 23,9	+11 11 21	18,8	+7,0	123,0	
25 S	5 35	12 16 51	18 58	10 15 04,2	+10 50 48	19,1	+7,0	109,8	
26 D	5 36	12 16 34	18 56	10 18 44,0	+10 30 04	19,3	+7,0	96,5	
27 L	5 37	12 16 16	18 55	10 22 23,5	+10 09 11	19,7	+7,0	83,4	
28 M	5 38	12 15 59	18 53	10 26 02,6	+09 48 08	20,0	+7,0	70,2	
29 M	5 39	12 15 41	18 52	10 29 41,3	+09 26 56	20,2	+7,0	57,0	
30 J	5 40	12 15 22	18 50	10 33 19,7	+09 05 35	20,5	+7,2	43,7	
31 V	5 41	12 15 04	18 49	10 36 57,7	+08 44 05	20,8	+7,2	30,5	

## SOL Setiembre 2018

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 42	12 14 45	18 47	10 40 35,4	+08 22 27	21,0	+7,2	17,3	
2 D	5 43	12 14 26	18 45	10 44 12,9	+08 00 40	21,3	+7,2	4,0	
3 L	5 44	12 14 06	18 44	10 47 50,1	+07 38 46	21,5	+7,2	350,8	
4 M	5 45	12 13 46	18 42	10 51 27,0	+07 16 44	21,8	+7,2	337,7	
5 M	5 46	12 13 26	18 40	10 55 03,8	+06 54 35	22,0	+7,2	324,5	
6 J	5 47	12 13 06	18 39	10 58 40,3	+06 32 19	22,2	+7,2	311,3	
7 V	5 48	12 12 46	18 37	11 02 16,6	+06 09 56	22,3	+7,3	298,1	
8 S	5 49	12 12 25	18 36	11 05 52,7	+05 47 28	22,7	+7,3	284,8	
9 D	5 50	12 12 05	18 34	11 09 28,6	+05 24 53	22,8	+7,3	271,7	
10 L	5 51	12 11 44	18 32	11 13 04,4	+05 02 13	23,1	+7,3	258,5	
11 M	5 51	12 11 23	18 31	11 16 40,1	+04 39 28	23,3	+7,2	245,3	
12 M	5 52	12 11 02	18 29	11 20 15,6	+04 16 38	23,5	+7,2	232,1	
13 J	5 53	12 10 41	18 27	11 23 51,0	+03 53 44	23,7	+7,2	218,9	
14 V	5 54	12 10 19	18 26	11 27 26,3	+03 30 46	23,8	+7,2	205,6	
15 S	5 55	12 09 58	18 24	11 31 01,5	+03 07 43	24,0	+7,2	192,5	
16 D	5 56	12 09 37	18 22	11 34 36,7	+02 44 38	24,2	+7,2	179,3	
17 L	5 57	12 09 15	18 21	11 38 11,8	+02 21 29	24,3	+7,2	166,1	
18 M	5 58	12 08 54	18 19	11 41 46,9	+01 58 17	24,5	+7,2	152,8	
19 M	5 59	12 08 32	18 17	11 45 22,0	+01 35 04	24,7	+7,0	139,6	
20 J	6 00	12 08 11	18 16	11 48 57,2	+01 11 48	24,8	+7,0	126,4	
21 V	6 01	12 07 50	18 14	11 52 32,4	+00 48 30	24,8	+7,0	113,2	
22 S	6 02	12 07 28	18 12	11 56 07,6	+00 25 11	25,1	+7,0	100,0	
23 D	6 03	12 07 07	18 11	11 59 42,9	+00 01 51	25,2	+7,0	86,8	
24 L	6 04	12 06 46	18 09	12 03 18,4	-00 21 30	25,3	+7,0	73,5	
25 M	6 05	12 06 25	18 07	12 06 53,9	-00 44 52	25,3	+7,0	60,4	
26 M	6 06	12 06 05	18 05	12 10 29,7	-01 08 13	25,5	+6,9	47,2	
27 J	6 07	12 05 44	18 04	12 14 05,6	-01 31 34	25,6	+6,9	34,1	
28 V	6 08	12 05 24	18 02	12 17 41,7	-01 54 55	25,7	+6,9	20,8	
29 S	6 09	12 05 04	18 01	12 21 18,1	-02 18 14	25,8	+6,8	7,7	
30 D	6 10	12 04 44	17 59	12 24 54,7	-02 41 33	25,8	+6,8	354,5	

Inicio del otoño el día 23 a las 1<sup>h</sup>54<sup>m</sup> de TU.

## SOL Octubre 2018

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	6 11	12 04 24	17 57	12 28 31,6	-03 04 50	25,8	+6,7	341,3	
2 M	6 12	12 04 05	17 56	12 32 08,8	-03 28 05	26,0	+6,7	328,1	
3 M	6 13	12 03 46	17 54	12 35 46,3	-03 51 18	26,1	+6,5	314,8	
4 J	6 14	12 03 28	17 52	12 39 24,2	-04 14 29	26,1	+6,5	301,7	
5 V	6 15	12 03 10	17 51	12 43 02,4	-04 37 36	26,2	+6,5	288,5	
6 S	6 16	12 02 52	17 49	12 46 41,0	-05 00 41	26,2	+6,5	275,3	
7 D	6 17	12 02 35	17 47	12 50 20,0	-05 23 41	26,2	+6,4	262,1	
8 L	6 18	12 02 18	17 46	12 53 59,4	-05 46 38	26,2	+6,4	248,9	
9 M	6 19	12 02 01	17 44	12 57 39,3	-06 09 30	26,3	+6,3	235,6	
10 M	6 20	12 01 45	17 43	13 01 19,5	-06 32 17	26,3	+6,2	222,5	
11 J	6 21	12 01 30	17 41	13 05 00,3	-06 54 59	26,3	+6,2	209,3	
12 V	6 22	12 01 14	17 40	13 08 41,5	-07 17 36	26,3	+6,0	196,1	
13 S	6 23	12 01 00	17 38	13 12 23,2	-07 40 06	26,2	+6,0	182,9	
14 D	6 24	12 00 46	17 37	13 16 05,4	-08 02 30	26,2	+6,0	169,8	
15 L	6 25	12 00 32	17 35	13 19 48,1	-08 24 48	26,2	+5,9	156,6	
16 M	6 26	12 00 19	17 34	13 23 31,3	-08 46 58	26,2	+5,8	143,4	
17 M	6 28	12 00 07	17 32	13 27 15,2	-09 09 00	26,1	+5,7	130,1	
18 J	6 29	11 59 55	17 31	13 30 59,5	-09 30 55	26,1	+5,7	117,0	
19 V	6 30	11 59 44	17 29	13 34 44,5	-09 52 41	26,0	+5,5	103,8	
20 S	6 31	11 59 33	17 28	13 38 30,1	-10 14 19	25,8	+5,5	90,5	
21 D	6 32	11 59 23	17 26	13 42 16,3	-10 35 47	25,8	+5,4	77,4	
22 L	6 33	11 59 13	17 25	13 46 03,1	-10 57 06	25,8	+5,3	64,2	
23 M	6 34	11 59 05	17 23	13 49 50,6	-11 18 16	25,7	+5,3	51,0	
24 M	6 35	11 58 57	17 22	13 53 38,8	-11 39 14	25,6	+5,2	37,9	
25 J	6 36	11 58 49	17 21	13 57 27,7	-12 00 03	25,5	+5,0	24,7	
26 V	6 37	11 58 43	17 19	14 01 17,3	-12 20 40	25,3	+5,0	11,5	
27 S	6 39	11 58 37	17 18	14 05 07,6	-12 41 06	25,2	+4,9	358,3	
28 D	6 40	11 58 32	17 17	14 08 58,7	-13 01 20	25,1	+4,8	345,1	
29 L	6 41	11 58 28	17 16	14 12 50,6	-13 21 22	25,0	+4,7	331,8	
30 M	6 42	11 58 24	17 14	14 16 43,2	-13 41 12	24,8	+4,5	318,7	
31 M	6 43	11 58 21	17 13	14 20 36,6	-14 00 48	24,7	+4,5	305,5	

## SOL Noviembre 2018

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	6 44	11 58 19	17 12	14 24 30,9	-14 20 12	24,5	+4,4	292,3
2 V	6 45	11 58 18	17 11	14 28 25,9	-14 39 21	24,3	+4,3	279,2
3 S	6 47	11 58 18	17 09	14 32 21,8	-14 58 17	24,2	+4,2	266,0
4 D	6 48	11 58 19	17 08	14 36 18,5	-15 16 58	24,0	+4,0	252,8
5 L	6 49	11 58 20	17 07	14 40 16,0	-15 35 24	23,8	+4,0	239,6
6 M	6 50	11 58 22	17 06	14 44 14,4	-15 53 35	23,6	+3,9	226,4
7 M	6 51	11 58 25	17 05	14 48 13,6	-16 11 29	23,3	+3,7	213,1
8 J	6 52	11 58 29	17 04	14 52 13,7	-16 29 08	23,2	+3,7	200,1
9 V	6 54	11 58 34	17 03	14 56 14,6	-16 46 30	22,8	+3,6	186,9
10 S	6 55	11 58 40	17 02	15 00 16,3	-17 03 35	22,7	+3,5	173,6
11 D	6 56	11 58 46	17 01	15 04 18,9	-17 20 23	22,5	+3,2	160,5
12 L	6 57	11 58 53	17 00	15 08 22,3	-17 36 53	22,2	+3,2	147,3
13 M	6 58	11 59 01	16 59	15 12 26,6	-17 53 04	22,0	+3,1	134,1
14 M	6 59	11 59 10	16 58	15 16 31,6	-18 08 57	21,7	+3,0	121,0
15 J	7 01	11 59 20	16 58	15 20 37,6	-18 24 31	21,3	+2,9	107,8
16 V	7 02	11 59 31	16 57	15 24 44,3	-18 39 45	21,1	+2,7	94,5
17 S	7 03	11 59 42	16 56	15 28 51,9	-18 54 39	20,8	+2,6	81,4
18 D	7 04	11 59 54	16 55	15 33 00,2	-19 09 13	20,6	+2,5	68,2
19 L	7 05	12 00 07	16 55	15 37 09,4	-19 23 26	20,3	+2,4	55,0
20 M	7 06	12 00 21	16 54	15 41 19,4	-19 37 19	20,0	+2,2	41,9
21 M	7 08	12 00 36	16 53	15 45 30,3	-19 50 50	19,6	+2,2	28,7
22 J	7 09	12 00 51	16 53	15 49 41,9	-20 03 59	19,3	+2,0	15,5
23 V	7 10	12 01 08	16 52	15 53 54,3	-20 16 46	19,0	+1,8	2,2
24 S	7 11	12 01 25	16 52	15 58 07,5	-20 29 11	18,7	+1,8	349,1
25 D	7 12	12 01 43	16 51	16 02 21,4	-20 41 13	18,3	+1,7	336,0
26 L	7 13	12 02 01	16 51	16 06 36,2	-20 52 52	18,0	+1,6	322,8
27 M	7 14	12 02 20	16 50	16 10 51,7	-21 04 08	17,6	+1,3	309,6
28 M	7 15	12 02 40	16 50	16 15 07,9	-21 14 60	17,3	+1,3	296,3
29 J	7 16	12 03 01	16 50	16 19 24,9	-21 25 28	16,8	+1,2	283,2
30 V	7 17	12 03 23	16 49	16 23 42,5	-21 35 32	16,5	+1,0	270,1

## SOL Diciembre 2018

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	7 18	12 03 45	16 49	16 28 00,9	-21 45 11	16,1	+0,9	256,8	
2 D	7 19	12 04 08	16 49	16 32 19,9	-21 54 25	15,6	+0,8	243,6	
3 L	7 20	12 04 31	16 48	16 36 39,6	-22 03 15	15,4	+0,6	230,5	
4 M	7 21	12 04 55	16 48	16 40 59,9	-22 11 38	15,0	+0,5	217,3	
5 M	7 22	12 05 20	16 48	16 45 20,9	-22 19 36	14,6	+0,4	204,1	
6 J	7 23	12 05 45	16 48	16 49 42,4	-22 27 08	14,1	+0,3	191,0	
7 V	7 24	12 06 11	16 48	16 54 04,4	-22 34 14	13,6	+0,2	177,8	
8 S	7 25	12 06 37	16 48	16 58 26,9	-22 40 53	13,3	+0,0	164,6	
9 D	7 26	12 07 04	16 48	17 02 50,0	-22 47 06	12,9	-0,1	151,5	
10 L	7 27	12 07 31	16 48	17 07 13,4	-22 52 52	12,5	-0,2	138,3	
11 M	7 28	12 07 58	16 48	17 11 37,3	-22 58 11	12,0	-0,4	125,0	
12 M	7 28	12 08 26	16 48	17 16 01,6	-23 03 02	11,6	-0,5	111,9	
13 J	7 29	12 08 55	16 49	17 20 26,2	-23 07 26	11,1	-0,6	98,8	
14 V	7 30	12 09 23	16 49	17 24 51,1	-23 11 23	10,6	-0,6	85,5	
15 S	7 31	12 09 52	16 49	17 29 16,3	-23 14 51	10,1	-0,9	72,4	
16 D	7 31	12 10 21	16 49	17 33 41,8	-23 17 52	09,8	-1,0	59,2	
17 L	7 32	12 10 50	16 50	17 38 07,5	-23 20 25	09,3	-1,1	46,1	
18 M	7 33	12 11 20	16 50	17 42 33,3	-23 22 30	08,9	-1,3	32,9	
19 M	7 33	12 11 49	16 50	17 46 59,3	-23 24 07	08,4	-1,3	19,7	
20 J	7 34	12 12 19	16 51	17 51 25,5	-23 25 15	07,9	-1,5	6,5	
21 V	7 34	12 12 48	16 51	17 55 51,7	-23 25 55	07,5	-1,6	353,3	
22 S	7 35	12 13 18	16 52	18 00 18,0	-23 26 07	07,0	-1,8	340,2	
23 D	7 35	12 13 48	16 52	18 04 44,3	-23 25 51	06,5	-1,8	327,0	
24 L	7 36	12 14 18	16 53	18 09 10,6	-23 25 07	06,0	-2,0	313,8	
25 M	7 36	12 14 47	16 54	18 13 36,9	-23 23 54	05,5	-2,1	300,7	
26 M	7 36	12 15 17	16 54	18 18 03,2	-23 22 14	05,0	-2,2	287,5	
27 J	7 37	12 15 47	16 55	18 22 29,3	-23 20 05	04,5	-2,4	274,3	
28 V	7 37	12 16 16	16 56	18 26 55,3	-23 17 28	04,0	-2,5	261,1	
29 S	7 37	12 16 45	16 56	18 31 21,2	-23 14 23	03,7	-2,6	248,0	
30 D	7 37	12 17 14	16 57	18 35 46,9	-23 10 50	03,2	-2,7	234,8	
31 L	7 38	12 17 43	16 58	18 40 12,3	-23 06 49	02,7	-2,9	221,6	

Inicio del invierno el día 21 a las 22<sup>h</sup>23<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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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		2018		
Fecha		distancia R (UA)	semidiá- metro, s	movimiento diario ("/día)	paralaje horizontal	paso semidiám. por meridiano
Ene	1	0,98330	16'18"	61	8"94	70 <sup>s</sup> 6
Ene	11	0,98346	16'17"	61	8"94	70 <sup>s</sup> 0
Ene	21	0,98410	16'17"	61	8"94	69 <sup>s</sup> 1
Ene	31	0,98516	16'16"	61	8"93	68 <sup>s</sup> 0
Feb	10	0,98676	16'14"	61	8"91	66 <sup>s</sup> 9
Feb	20	0,98873	16'12"	61	8"89	65 <sup>s</sup> 8
Mar	2	0,99097	16'10"	60	8"87	65 <sup>s</sup> 0
Mar	12	0,99357	16'07"	60	8"85	64 <sup>s</sup> 4
Mar	22	0,99632	16'05"	60	8"83	64 <sup>s</sup> 1
Abr	1	0,99911	16'02"	59	8"80	64 <sup>s</sup> 1
Abr	11	1,00202	15'59"	59	8"78	64 <sup>s</sup> 4
Abr	21	1,00481	15'57"	59	8"75	65 <sup>s</sup> 0
May	1	1,00742	15'54"	58	8"73	65 <sup>s</sup> 7
May	11	1,00989	15'52"	58	8"71	66 <sup>s</sup> 5
May	21	1,01202	15'50"	58	8"69	67 <sup>s</sup> 2
May	31	1,01377	15'48"	58	8"67	67 <sup>s</sup> 9
Jun	10	1,01521	15'47"	57	8"66	68 <sup>s</sup> 4
Jun	20	1,01614	15'46"	57	8"65	68 <sup>s</sup> 5
Jun	30	1,01660	15'45"	57	8"65	68 <sup>s</sup> 4
Jul	10	1,01667	15'45"	57	8"65	67 <sup>s</sup> 9
Jul	20	1,01619	15'46"	57	8"65	67 <sup>s</sup> 2
Jul	30	1,01524	15'47"	57	8"66	66 <sup>s</sup> 4
Ago	9	1,01393	15'48"	58	8"67	65 <sup>s</sup> 5
Ago	19	1,01214	15'50"	58	8"69	64 <sup>s</sup> 8
Ago	29	1,00999	15'52"	58	8"71	64 <sup>s</sup> 1
Set	8	1,00764	15'54"	58	8"73	63 <sup>s</sup> 8
Set	18	1,00496	15'56"	59	8"75	63 <sup>s</sup> 6
Set	28	1,00215	15'59"	59	8"78	63 <sup>s</sup> 8
Oct	8	0,99934	16'02"	59	8"80	64 <sup>s</sup> 3
Oct	18	0,99644	16'05"	60	8"83	65 <sup>s</sup> 0
Oct	28	0,99367	16'07"	60	8"85	66 <sup>s</sup> 0
Nov	7	0,99115	16'10"	60	8"87	67 <sup>s</sup> 1
Nov	17	0,98879	16'12"	60	8"89	68 <sup>s</sup> 3
Nov	27	0,98680	16'14"	61	8"91	69 <sup>s</sup> 4
Dic	7	0,98526	16'16"	61	8"93	70 <sup>s</sup> 2
Dic	17	0,98408	16'17"	61	8"94	70 <sup>s</sup> 7
Dic	27	0,98342	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 148. 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:

$$\begin{aligned} \text{orto} &= \text{orto en Madrid} + \text{corrección por longitud} + \text{corrección por latitud} \\ \text{ocaso} &= \text{ocaso en Madrid} + \text{corrección por longitud} - \text{corrección por latitud} \end{aligned}$$

*Ejemplo:* cálculo de orto y ocaso del Sol el día 4 de junio en Donostia-San Sebastián. En las dos tablas siguientes se encuentra que las correcciones a aplicar son de  $-7^m$  en longitud y de  $-11^m$  en latitud (para la latitud de  $43^\circ 5'$ ).

$$\begin{aligned} \text{orto} &= 4^h 46^m + (-7^m) + (-11^m) = 4^h 28^m \text{ TU} \\ \text{ocaso} &= 19^h 41^m + (-7^m) - (-11^m) = 19^h 45^m \text{ TU} \end{aligned}$$

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

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

Para un lugar de longitud  $\lambda_E$ :

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 =  $5^h 59^m - 15^m - (-1^h 2^m) + 6^m = 6^h 52^m$  TU =  $7^h 52^m$  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 23
Feb 24	-12	-5	-4	-3	-2	0	1	2	3	4	Oct 18
Mar 1	-9	-4	-3	-2	-1	0	1	1	2	3	Oct 13
Mar 6	-7	-3	-2	-1	-1	0	0	1	2	2	Oct 8
Mar 11	-4	-2	-1	-1	-1	0	0	1	1	1	Oct 3
Mar 16	-2	-1	0	0	0	0	0	0	0	1	Set 28
Mar 21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Set 22
Mar 26	3	1	1	1	0	0	0	-1	-1	-1	Set 17
Mar 31	6	2	2	1	1	0	0	-1	-2	-2	Set 12
Abr 5	8	3	3	2	1	0	0	-1	-2	-3	Set 7
Abr 10	11	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	Set 2
Abr 15	13	5	4	3	2	1	-1	-2	-3	-5	Ago 28
Abr 20	16	6	5	3	2	1	-1	-2	-4	-6	Ago 23
Abr 25	18	7	6	4	2	1	-1	-3	-5	-7	Ago 18
Abr 30	20	8	6	4	3	1	-1	-3	-5	-7	Ago 13
May 5	22	9	7	5	3	1	-1	-4	-6	-8	Ago 8
May 10	25	10	8	5	3	1	-1	-4	-6	-9	Ago 3
May 15	26	10	8	6	4	1	-2	-4	-7	-10	Jul 29
May 20	28	11	9	6	4	1	-2	-4	-7	-10	Jul 24
May 25	30	12	9	7	4	1	-2	-5	-8	-11	Jul 19
May 30	31	12	10	7	4	1	-2	-5	-8	-12	Jul 14
Jun 4	32	13	10	7	4	1	-2	-5	-9	-12	Jul 9
Jun 9	33	13	10	7	4	1	-2	-5	-9	-12	Jul 4
Jun 14	34	13	11	8	5	1	-2	-5	-9	-13	Jun 29
Jun 19	34	14	11	8	5	1	-2	-5	-9	-13	Jun 24

orto = orto en Madrid  $-15^m - \lambda_E +$  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 147 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	-25	-26	-28	Nov	22
Ene	25	-21	-22	-23	-24	-26	Nov	17
Ene	30	-20	-20	-21	-23	-24	Nov	12
Feb	4	-18	-19	-20	-21	-22	Nov	7
Feb	9	-16	-17	-18	-19	-20	Nov	2
Feb	14	-14	-15	-16	-16	-17	Oct	28
Feb	19	-12	-13	-13	-14	-15	Oct	23
Feb	24	-10	-11	-11	-12	-12	Oct	18
Mar	1	-8	-8	-9	-9	-10	Oct	13
Mar	6	-6	-6	-6	-7	-7	Oct	8
Mar	11	-4	-4	-4	-4	-4	Oct	3
Mar	16	-2	-2	-2	-2	-2	Set	28
Mar	21	1	1	1	1	1	Set	22
Mar	26	3	3	3	4	4	Set	17
Mar	31	5	5	6	6	7	Set	12
Abr	5	7	8	8	9	9	Set	7
Abr	10	9	10	10	11	12	Set	2
Abr	15	12	12	13	14	14	Ago	28
Abr	20	14	14	15	16	17	Ago	23
Abr	25	15	16	17	18	19	Ago	18
Abr	30	17	18	19	20	22	Ago	13
May	5	19	20	21	22	24	Ago	8
May	10	21	21	23	24	26	Ago	3
May	15	22	23	24	26	28	Jul	29
May	20	23	24	26	27	29	Jul	24
May	25	24	26	27	29	31	Jul	19
May	30	25	27	28	30	32	Jul	14
Jun	4	26	27	29	31	33	Jul	9
Jun	9	27	28	29	31	34	Jul	4
Jun	14	27	28	30	32	34	Jun	29
Jun	19	27	29	30	32	35	Jun	24

Para el día  $d$  del año, en un lugar de latitud  $\phi$  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</i>	<i>m</i>								
Mar	25	6 31	18 10	6 30	18 10	6 30	18 11	6 29	18 12	6 28	18 12
Mar	30	6 40	17 57	6 39	17 59	6 37	18 00	6 36	18 02	6 35	18 03
Abr	4	6 49	17 45	6 47	17 47	6 45	17 50	6 43	17 51	6 42	17 53
Abr	9	6 59	17 33	6 56	17 36	6 53	17 39	6 50	17 41	6 48	17 44
Abr	14	7 08	17 21	7 04	17 25	7 01	17 29	6 58	17 32	6 55	17 35
Abr	19	7 17	17 10	7 13	17 14	7 08	17 19	7 05	17 22	7 01	17 26
Abr	24	7 26	16 59	7 21	17 04	7 16	17 09	7 12	17 13	7 08	17 17
Abr	29	7 35	16 48	7 29	16 54	7 24	17 00	7 19	17 05	7 14	17 09
May	4	7 44	16 38	7 38	16 45	7 31	16 51	7 26	16 57	7 21	17 02
May	9	7 53	16 29	7 46	16 36	7 39	16 43	7 32	16 49	7 27	16 55
May	14	8 02	16 20	7 53	16 28	7 46	16 36	7 39	16 43	7 33	16 49
May	19	8 10	16 12	8 01	16 21	7 53	16 29	7 45	16 37	7 39	16 43
May	24	8 18	16 05	8 08	16 15	7 59	16 24	7 51	16 32	7 44	16 39
May	29	8 24	16 00	8 14	16 10	8 05	16 19	7 57	16 27	7 49	16 35
Jun	3	8 30	15 55	8 20	16 06	8 10	16 16	8 01	16 24	7 53	16 32
Jun	8	8 36	15 52	8 24	16 03	8 14	16 13	8 05	16 22	7 57	16 30
Jun	13	8 39	15 50	8 28	16 02	8 18	16 12	8 09	16 21	8 00	16 29
Jun	18	8 42	15 50	8 30	16 01	8 20	16 12	8 11	16 21	8 02	16 29
Jun	23	8 43	15 51	8 32	16 02	8 21	16 13	8 12	16 22	8 04	16 30
Jun	28	8 43	15 53	8 32	16 05	8 21	16 15	8 12	16 24	8 04	16 32
Jul	3	8 42	15 57	8 30	16 08	8 20	16 18	8 11	16 27	8 03	16 35
Jul	8	8 39	16 01	8 28	16 12	8 18	16 22	8 09	16 31	8 01	16 39
Jul	13	8 34	16 07	8 24	16 18	8 14	16 27	8 06	16 35	7 58	16 43
Jul	18	8 29	16 14	8 19	16 24	8 10	16 32	8 02	16 40	7 55	16 48
Jul	23	8 22	16 21	8 13	16 30	8 04	16 39	7 57	16 46	7 50	16 53
Jul	28	8 14	16 29	8 06	16 37	7 58	16 45	7 51	16 52	7 45	16 58
Ago	2	8 06	16 37	7 58	16 45	7 51	16 52	7 44	16 58	7 38	17 04
Ago	7	7 56	16 46	7 49	16 53	7 43	16 59	7 37	17 05	7 32	17 10
Ago	12	7 46	16 54	7 40	17 01	7 34	17 06	7 29	17 11	7 24	17 16
Ago	17	7 35	17 03	7 30	17 08	7 25	17 13	7 20	17 18	7 16	17 22
Ago	22	7 24	17 12	7 20	17 17	7 15	17 21	7 11	17 25	7 08	17 28
Ago	27	7 13	17 21	7 09	17 25	7 05	17 28	7 02	17 32	6 59	17 35
Set	1	7 01	17 29	6 58	17 33	6 55	17 36	6 52	17 38	6 49	17 41
Set	6	6 49	17 38	6 46	17 41	6 44	17 43	6 42	17 45	6 40	17 47
Set	11	6 37	17 47	6 35	17 49	6 33	17 50	6 32	17 52	6 30	17 53
Set	16	6 24	17 56	6 23	17 57	6 22	17 58	6 22	17 59	6 21	17 59

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

## Crepúsculos

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

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

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

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

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

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

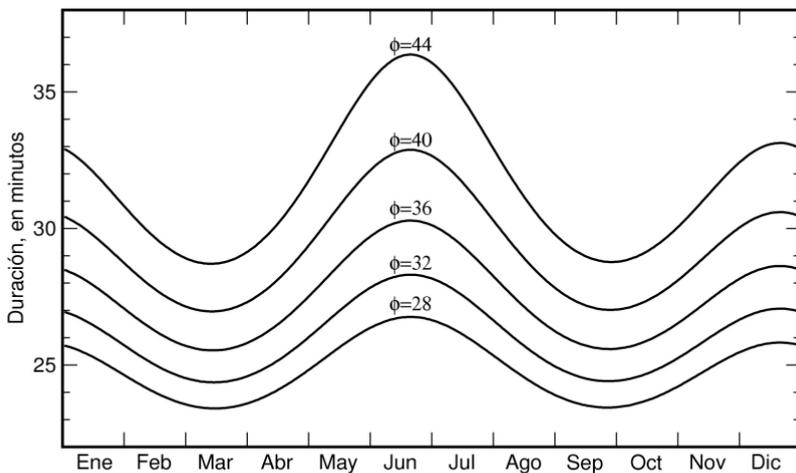
Duración, en minutos, del crepúsculo astronómico el día 15 del mes

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

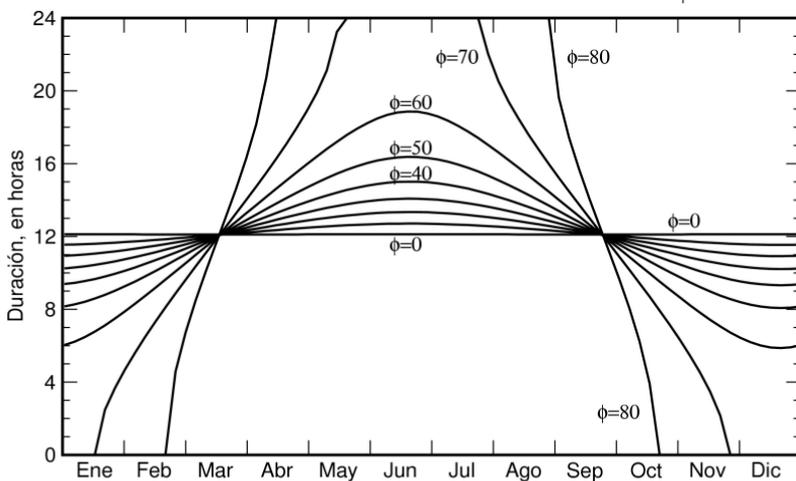
La duración aproximada del crepúsculo civil puede ser calculada mediante la siguiente fórmula, en la que  $\phi$  es la latitud del lugar y  $\delta_{\odot}$  es la declinación del Sol para el día considerado:

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

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 2018:

- Día en que el Sol sale más tarde: 4 de enero
- Día en que el Sol sale más pronto: 14 de junio
- Día en que el Sol se pone más tarde: 27 de junio
- Día en que el Sol se pone más pronto: 8 de diciembre
- Día de mayor duración: 21 de junio (15<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:

$$\text{paso meridiano} = \text{paso meridiano en Madrid} - 14^m45^s - \lambda_E$$

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:

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

*Ejemplo:* al mediodía del día 1 de abril la Ecuación de Tiempo es  $-3^m52^s$ , luego el Sol pasará por el meridiano de Madrid a las:

$$12^h - (-3^m52^s) - (-14^m45^s) = 12^h18^m37^s \text{ TU}$$

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 145:

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

## 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  $27^d2753$ , 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  $0^h$  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 2018**

NRC	mes	día	hora	NRC	mes	día	hora	NRC	mes	día	hora
2200	Ene	27	7	2205	Jun	12	16	2210	Oct	26	21
2201	Feb	23	15	2206	Jul	9	21	2211	Nov	23	4
2202	Mar	22	23	2207	Ago	6	2	2212	Dic	20	12
2203	Abr	19	5	2208	Set	2	7	2213	Ene	16	20
2204	May	16	11	2209	Set	29	14				

La primera rotación que se iniciará en 2018 es la número 2200, lo cual tendrá lugar el día 27 de enero a las 6<sup>h</sup>7 TU. La primera rotación en 2019 será la número 2213, iniciándose el 16 de enero a las 19<sup>h</sup>9 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
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	41
2002	160	2007	13	2012	90	2017	23

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 2018

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  $\alpha_{\text{q}}$  y  $\delta_{\text{q}}$  (expresadas en grados) y la distancia  $r$  (en radios terrestres) antes calculadas:

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

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

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

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:

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

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

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

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

$$\alpha_t = \alpha_{\text{q}} - \frac{57,30}{r} \frac{\cos \phi \operatorname{sen}(\theta - \alpha_{\text{q}})}{\cos \delta_{\text{q}}}$$

$$\delta_t = \delta_{\text{q}} - \frac{57,30}{r} [\cos \delta_{\text{q}} \operatorname{sen} \phi - \operatorname{sen} \delta_{\text{q}} \cos \phi \cos(\theta - \alpha_{\text{q}})]$$

## Efemérides de la Luna para 2018

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 2018

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 L	16 42	** **	6 36	05 38 00,5	+19 19 10	56,0365			
2 M	17 47	0 12	7 41	06 42 58,1	+20 03 23	55,9056			
3 M	18 57	1 15	8 39	07 47 52,0	+19 19 03	56,0918			
4 J	20 08	2 17	9 29	08 50 50,7	+17 12 36	56,5755			
5 V	21 18	3 15	10 11	09 50 39,8	+14 00 24	57,3035			
6 S	22 26	4 08	10 49	10 46 55,4	+10 03 09	58,2004			
7 D	23 30	4 58	11 22	11 39 54,5	+05 40 59	59,1820			
8 L	** **	5 46	11 53	12 30 17,5	+01 10 51	60,1685			
9 M	0 33	6 32	12 23	13 18 53,6	-03 13 56	61,0931			
10 M	1 33	7 17	12 54	14 06 31,3	-07 23 01	61,9060			
11 J	2 32	8 01	13 26	14 53 53,3	-11 07 56	62,5764			
12 V	3 29	8 47	14 00	15 41 33,6	-14 21 25	63,0896			
13 S	4 25	9 33	14 37	16 29 54,4	-16 56 47	63,4449			
14 D	5 19	10 20	15 19	17 19 04,5	-18 48 05	63,6518			
15 L	6 10	11 08	16 05	18 08 58,5	-19 50 21	63,7247			
16 M	6 58	11 56	16 55	18 59 18,8	-20 00 20	63,6804			
17 M	7 42	12 43	17 48	19 49 40,7	-19 17 04	63,5336			
18 J	8 21	13 31	18 44	20 39 39,4	-17 42 12	63,2955			
19 V	8 57	14 17	19 42	21 28 57,4	-15 19 49	62,9716			
20 S	9 30	15 03	20 41	22 17 29,8	-12 16 01	62,5630			
21 D	10 02	15 48	21 41	23 05 25,6	-08 38 16	62,0679			
22 L	10 32	16 33	22 42	23 53 07,3	-04 34 56	61,4845			
23 M	11 02	17 19	23 45	00 41 08,8	-00 15 11	60,8156			
24 M	11 34	18 07	** **	01 30 12,1	+04 10 52	60,0726			
25 J	12 08	18 58	0 50	02 21 03,8	+08 31 33	59,2786			
26 V	12 47	19 52	1 56	03 14 28,9	+12 32 57	58,4727			
27 S	13 31	20 49	3 05	04 11 01,0	+15 58 43	57,7076			
28 D	14 23	21 50	4 13	05 10 48,1	+18 30 44	57,0483			
29 L	15 23	22 52	5 19	06 13 18,4	+19 51 50	56,5628			
30 M	16 30	23 55	6 20	07 17 16,1	+19 50 03	56,3114			
31 M	17 41	** **	7 14	08 20 58,9	+18 23 08	56,3350			

Luna llena	02 <sup>d</sup> 02 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	08 <sup>d</sup> 22 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup>
Luna nueva	17 <sup>d</sup> 02 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup>
Cuarto creciente	24 <sup>d</sup> 22 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>
Luna llena	31 <sup>d</sup> 13 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup>

Perigeo	1 <sup>d</sup> 22 <sup>h</sup>
Apogeo	15 <sup>d</sup> 02 <sup>h</sup>
Perigeo	30 <sup>d</sup> 10 <sup>h</sup>

## LUNA Febrero 2018

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	18 53	0 55	8 01	09 22 50,9	+15 39 53	56,6442	
2 V	20 04	1 52	8 42	10 21 51,6	+11 57 45	57,2165	
3 S	21 12	2 46	9 18	11 17 44,3	+07 37 56	57,9994	
4 D	22 18	3 36	9 51	12 10 46,4	+03 00 57	58,9200	
5 L	23 21	4 24	10 23	13 01 34,9	-01 35 55	59,8974	
6 M	** **	5 11	10 54	13 50 53,0	-05 59 08	60,8536	
7 M	0 22	5 57	11 26	14 39 23,3	-09 58 23	61,7217	
8 J	1 21	6 43	12 00	15 27 42,1	-13 25 43	62,4518	
9 V	2 18	7 29	12 36	16 16 16,7	-16 14 39	63,0110	
10 S	3 13	8 16	13 17	17 05 23,5	-18 19 43	63,3849	
11 D	4 05	9 03	14 01	17 55 06,3	-19 36 27	63,5737	
12 L	4 54	9 51	14 49	18 45 17,3	-20 01 34	63,5905	
13 M	5 39	10 39	15 41	19 35 39,9	-19 33 27	63,4578	
14 M	6 20	11 27	16 37	20 25 53,6	-18 12 42	63,2021	
15 J	6 58	12 14	17 35	21 15 40,6	-16 02 14	62,8520	
16 V	7 32	13 00	18 34	22 04 51,2	-13 07 18	62,4328	
17 S	8 04	13 46	19 34	22 53 26,9	-09 35 06	61,9658	
18 D	8 35	14 32	20 36	23 41 41,3	-05 34 26	61,4655	
19 L	9 05	15 18	21 38	00 29 59,0	-01 15 16	60,9406	
20 M	9 36	16 05	22 42	01 18 52,8	+03 11 23	60,3955	
21 M	10 09	16 54	23 47	02 09 00,7	+07 33 28	59,8340	
22 J	10 46	17 45	** **	03 01 01,3	+11 37 44	59,2627	
23 V	11 27	18 40	0 54	03 55 26,7	+15 09 39	58,6962	
24 S	12 14	19 37	2 00	04 52 33,0	+17 53 50	58,1582	
25 D	13 08	20 37	3 05	05 52 09,1	+19 35 21	57,6839	
26 L	14 10	21 37	4 06	06 53 30,9	+20 02 22	57,3166	
27 M	15 17	22 37	5 01	07 55 26,8	+19 09 14	57,1013	
28 M	16 27	23 35	5 50	08 56 37,1	+16 58 48	57,0781	

Cuarto menguante	07 <sup>d</sup> 15 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup>
Luna nueva	15 <sup>d</sup> 21 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup>
Cuarto creciente	23 <sup>d</sup> 08 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup>

Apogeo	11 <sup>d</sup> 14 <sup>h</sup>
Perigeo	27 <sup>d</sup> 15 <sup>h</sup>

## LUNA Marzo 2018

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 J	17 39	** **	6 33	09 55	57,8		+13 42 21		57,2716
2 V	18 49	0 30	7 11	10 52	55,7		+09 37 09		57,6842
3 S	19 57	1 22	7 46	11 47	28,5		+05 03 01		58,2935
4 D	21 03	2 12	8 19	12 39	56,6		+00 19 06		59,0544
5 L	22 06	3 01	8 51	13 30	51,4		-04 17 55		59,9046
6 M	23 08	3 48	9 23	14 20	47,6		-08 34 33		60,7755
7 M	** **	4 35	9 57	15 10	16,5		-12 20 22		61,5983
8 J	0 07	5 22	10 33	15 59	43,0		-15 27 29		62,3137
9 V	1 04	6 09	11 12	16 49	22,7		-17 49 54		62,8747
10 S	1 58	6 57	11 55	17 39	21,9		-19 23 16		63,2507
11 D	2 48	7 45	12 42	18 29	37,2		-20 04 39		63,4271
12 L	3 35	8 33	13 33	19 19	58,0		-19 52 39		63,4060
13 M	4 17	9 21	14 27	20 10	10,9		-18 47 31		63,2033
14 M	4 56	10 08	15 24	21 00	03,4		-16 51 23		62,8473
15 J	5 32	10 55	16 23	21 49	29,1		-14 08 18		62,3742
16 V	6 05	11 41	17 24	22 38	29,9		-10 44 18		61,8253
17 S	6 36	12 27	18 26	23 27	17,6		-06 47 17		61,2411
18 D	7 07	13 14	19 29	00 16	12,6		-02 27 01		60,6582
19 L	7 38	14 02	20 34	01 05	42,5		+02 05 01		60,1061
20 M	8 11	14 51	21 40	01 56	19,0		+06 35 40		59,6042
21 M	8 46	15 42	22 47	02 48	33,7		+10 50 31		59,1623
22 J	9 26	16 36	23 54	03 42	51,5		+14 34 09		58,7830
23 V	10 11	17 32	** **	04 39	22,9		+17 31 08		58,4652
24 S	11 02	18 30	0 59	05 37	56,1		+19 27 25		58,2089
25 D	12 00	19 29	2 00	06 37	53,2		+20 12 15		58,0175
26 L	13 04	20 27	2 55	07 38	15,6		+19 40 28		57,9023
27 M	14 11	21 24	3 45	08 37	59,1		+17 53 43		57,8795
28 M	15 20	22 18	4 29	09 36	11,9		+15 00 25		57,9687
29 J	16 29	23 10	5 07	10 32	26,4		+11 14 14		58,1873
30 V	17 37	** **	5 43	11 26	40,2		+06 51 51		58,5443
31 S	18 43	0 01	6 15	12 19	10,0		+02 10 50		59,0354

Luna llena	02 <sup>d</sup> 00 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	09 <sup>d</sup> 11 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>
Luna nueva	17 <sup>d</sup> 13 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup>
Cuarto creciente	24 <sup>d</sup> 15 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup>
Luna llena	31 <sup>d</sup> 12 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup>

Apogeo	11 <sup>d</sup> 09 <sup>h</sup>
Perigeo	26 <sup>d</sup> 17 <sup>h</sup>

## LUNA Abril 2018

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 D	19 48	0 50	6 47	13 10 23,0	-02 31 59	59,6415	
2 L	20 52	1 38	7 19	14 00 49,3	-07 01 33	60,3271	
3 M	21 53	2 25	7 53	14 50 56,0	-11 05 06	61,0455	
4 M	22 52	3 13	8 28	15 41 03,6	-14 32 21	61,7437	
5 J	23 49	4 01	9 06	16 31 23,3	-17 15 27	62,3674	
6 V	** **	4 49	9 48	17 21 56,9	-19 08 51	62,8679	
7 S	0 41	5 37	10 33	18 12 37,6	-20 09 11	63,2050	
8 D	1 30	6 26	11 23	19 03 13,0	-20 15 05	63,3522	
9 L	2 14	7 13	12 16	19 53 29,6	-19 27 02	63,2974	
10 M	2 54	8 01	13 12	20 43 17,3	-17 47 11	63,0438	
11 M	3 30	8 47	14 10	21 32 33,2	-15 19 08	62,6111	
12 J	4 04	9 33	15 10	22 21 23,2	-12 07 55	62,0324	
13 V	4 35	10 20	16 11	23 10 02,6	-08 20 02	61,3525	
14 S	5 06	11 06	17 15	23 58 55,3	-04 03 46	60,6247	
15 D	5 37	11 54	18 20	00 48 31,4	+00 30 35	59,9042	
16 L	6 09	12 43	19 27	01 39 24,2	+05 10 14	59,2432	
17 M	6 44	13 35	20 35	02 32 06,2	+09 40 04	58,6852	
18 M	7 23	14 29	21 44	03 27 01,7	+13 42 57	58,2586	
19 J	8 07	15 26	22 52	04 24 18,1	+17 01 08	57,9764	
20 V	8 57	16 25	23 56	05 23 37,6	+19 18 22	57,8359	
21 S	9 54	17 24	** **	06 24 13,5	+20 22 36	57,8225	
22 D	10 56	18 23	0 53	07 24 58,7	+20 08 21	57,9166	
23 L	12 02	19 19	1 45	08 24 44,1	+18 37 45	58,0974	
24 M	13 09	20 13	2 29	09 22 38,1	+15 59 39	58,3493	
25 M	14 17	21 05	3 08	10 18 17,5	+12 27 24	58,6629	
26 J	15 24	21 54	3 43	11 11 46,3	+08 16 28	59,0342	
27 V	16 29	22 43	4 16	12 03 27,9	+03 42 46	59,4620	
28 S	17 34	23 30	4 47	12 53 55,4	-00 58 25	59,9445	
29 D	18 37	** **	5 18	13 43 43,8	-05 32 46	60,4748	
30 L	19 40	0 17	5 50	14 33 24,0	-09 47 18	61,0384	

Cuarto menguante	08 <sup>d</sup> 07 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>
Luna nueva	16 <sup>d</sup> 01 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup>
Cuarto creciente	22 <sup>d</sup> 21 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup>
Luna llena	30 <sup>d</sup> 00 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup>

Apogeo	8 <sup>d</sup> 06 <sup>h</sup>
Perigeo	20 <sup>d</sup> 15 <sup>h</sup>

## LUNA Mayo 2018

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	20 40	1 05	6 24	15 23	19,0	-13 30	35	61,6117	
2 M	21 38	1 53	7 01	16 13	40,7	-16 33	01	62,1636	
3 J	22 33	2 41	7 41	17 04	28,8	-18 47	12	62,6563	
4 V	23 24	3 30	8 26	17 55	31,8	-20 08	12	63,0516	
5 S	** **	4 18	9 14	18 46	30,7	-20 33	44	63,3121	
6 D	0 10	5 06	10 05	19 37	05,1	-20 04	00	63,4071	
7 L	0 51	5 54	11 00	20 26	59,0	-18 41	17	63,3152	
8 M	1 29	6 40	11 56	21 16	06,1	-16 29	28	63,0279	
9 M	2 03	7 26	12 55	22 04	31,7	-13 33	31	62,5515	
10 J	2 35	8 11	13 55	22 52	32,7	-09 59	20	61,9077	
11 V	3 05	8 57	14 57	23 40	36,7	-05 53	49	61,1351	
12 S	3 35	9 44	16 01	00 29	18,8	-01 25	21	60,2858	
13 D	4 06	10 32	17 07	01 19	19,5	+03 15	27	59,4238	
14 L	4 40	11 23	18 16	02 11	20,2	+07 55	04	58,6172	
15 M	5 17	12 17	19 26	03 05	56,0	+12 16	46	57,9316	
16 M	5 59	13 14	20 37	04 03	25,8	+16 01	13	57,4212	
17 J	6 48	14 14	21 45	05 03	38,8	+18 48	37	57,1203	
18 V	7 44	15 15	22 47	06 05	46,3	+20 22	25	57,0396	
19 S	8 46	16 16	23 43	07 08	26,9	+20 33	17	57,1656	
20 D	9 53	17 15	** **	08 10	08,6	+19 21	31	57,4663	
21 L	11 01	18 10	0 30	09 09	38,7	+16 56	23	57,8992	
22 M	12 09	19 03	1 11	10 06	21,3	+13 32	54	58,4197	
23 M	13 16	19 52	1 47	11 00	17,6	+09 28	08	58,9883	
24 J	14 21	20 40	2 20	11 51	55,0	+04 58	39	59,5742	
25 V	15 25	21 27	2 50	12 41	53,9	+00 19	30	60,1572	
26 S	16 28	22 13	3 21	13 30	57,8	-04 15	55	60,7246	
27 D	17 30	23 00	3 51	14 19	46,6	-08 35	33	61,2697	
28 L	18 30	23 47	4 24	15 08	51,9	-12 28	27	61,7862	
29 M	19 29	** **	4 59	15 58	33,5	-15 44	47	62,2665	
30 M	20 25	0 35	5 37	16 48	57,0	-18 16	12	62,6986	
31 J	21 18	1 24	6 20	17 39	53,2	-19 56	16	63,0647	

Cuarto menguante	08 <sup>d</sup> 02 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup>
Luna nueva	15 <sup>d</sup> 11 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup>
Cuarto creciente	22 <sup>d</sup> 03 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup>
Luna llena	29 <sup>d</sup> 14 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>

Apogeo	6 <sup>d</sup> 01 <sup>h</sup>
Perigeo	17 <sup>d</sup> 21 <sup>h</sup>

## LUNA Junio 2018

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 V	22 06	2 12	7 07	18 31 00,9	-20 41 09	63,3431	
2 S	22 49	3 01	7 57	19 21 53,1	-20 29 54	63,5082	
3 D	23 28	3 48	8 50	20 12 04,8	-19 24 15	63,5357	
4 L	** **	4 35	9 46	21 01 20,2	-17 28 09	63,4029	
5 M	0 03	5 21	10 43	21 49 36,9	-14 46 57	63,0957	
6 M	0 35	6 05	11 42	22 37 07,2	-11 26 51	62,6092	
7 J	1 06	6 50	12 42	23 24 16,0	-07 34 35	61,9525	
8 V	1 35	7 35	13 44	00 11 39,3	-03 17 30	61,1508	
9 S	2 04	8 21	14 47	01 00 00,6	+01 15 46	60,2459	
10 D	2 36	9 10	15 54	01 50 08,5	+05 54 27	59,2960	
11 L	3 10	10 02	17 03	02 42 50,8	+10 24 40	58,3723	
12 M	3 49	10 57	18 14	03 38 45,9	+14 28 53	57,5519	
13 M	4 35	11 57	19 24	04 38 07,9	+17 46 39	56,9090	
14 J	5 28	12 59	20 32	05 40 31,1	+19 57 24	56,5025	
15 V	6 29	14 02	21 32	06 44 41,3	+20 45 17	56,3665	
16 S	7 36	15 04	22 25	07 48 51,0	+20 04 10	56,5037	
17 D	8 47	16 03	23 10	08 51 14,3	+17 59 48	56,8867	
18 L	9 57	16 58	23 49	09 50 41,1	+14 47 17	57,4649	
19 M	11 07	17 50	** **	10 46 49,9	+10 46 13	58,1753	
20 M	12 13	18 39	0 23	11 39 58,5	+06 16 13	58,9542	
21 J	13 18	19 26	0 55	12 30 47,7	+01 34 27	59,7454	
22 V	14 21	20 12	1 25	13 20 06,0	-03 04 44	60,5048	
23 S	15 23	20 58	1 55	14 08 41,2	-07 29 25	61,2031	
24 D	16 23	21 44	2 26	14 57 13,8	-11 29 19	61,8225	
25 L	17 22	22 32	3 00	15 46 13,7	-14 55 20	62,3557	
26 M	18 19	23 20	3 37	16 35 56,5	-17 39 21	62,8004	
27 M	19 13	** **	4 18	17 26 22,3	-19 34 36	63,1566	
28 J	20 03	0 08	5 02	18 17 15,8	-20 36 14	63,4226	
29 V	20 48	0 57	5 51	19 08 10,8	-20 41 58	63,5938	
30 S	21 28	1 45	6 44	19 58 37,8	-19 52 24	63,6616	

Cuarto menguante	06 <sup>d</sup> 18 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup>
Luna nueva	13 <sup>d</sup> 19 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup>
Cuarto creciente	20 <sup>d</sup> 10 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup>
Luna llena	28 <sup>d</sup> 04 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup>

Apogeo	2 <sup>d</sup> 16 <sup>h</sup>
Perigeo	14 <sup>d</sup> 24 <sup>h</sup>
Apogeo	30 <sup>d</sup> 03 <sup>h</sup>

## LUNA Julio 2018

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	22 05	2 32	7 39	20 48	12,6	-18	10	47	63,6135
2 L	22 37	3 18	8 35	21 36	42,9	-15	42	29	63,4355
3 M	23 08	4 02	9 33	22 24	11,2	-12	34	05	63,1149
4 M	23 37	4 46	10 32	23 10	55,1	-08	52	52	62,6430
5 J	** **	5 30	11 31	23 57	24,6	-04	46	23	62,0195
6 V	0 05	6 15	12 33	00 44	19,9	-00	22	45	61,2561
7 S	0 35	7 01	13 36	01 32	28,5	+04	08	54	60,3798
8 D	1 06	7 50	14 42	02 22	41,9	+08	37	22	59,4341
9 L	1 42	8 42	15 50	03 15	49,6	+12	48	35	58,4793
10 M	2 23	9 38	17 00	04 12	28,6	+16	25	04	57,5889
11 M	3 12	10 38	18 09	05 12	47,0	+19	06	47	56,8421
12 J	4 09	11 41	19 14	06 16	06,8	+20	34	20	56,3132
13 V	5 13	12 45	20 12	07 21	00,4	+20	34	15	56,0585
14 S	6 24	13 47	21 02	08 25	31,3	+19	04	05	56,1052
15 D	7 37	14 46	21 45	09 27	54,9	+16	13	48	56,4451
16 L	8 50	15 41	22 22	10 27	10,2	+12	22	21	57,0373
17 M	10 00	16 33	22 56	11 23	06,4	+07	52	03	57,8172
18 M	11 08	17 22	23 27	12 16	09,0	+03	03	58	58,7084
19 J	12 13	18 09	23 58	13 07	02,4	-01	44	20	59,6363
20 V	13 16	18 56	** **	13 56	35,5	-06	18	56	60,5358
21 S	14 17	19 42	0 29	14 45	33,9	-10	28	53	61,3579
22 D	15 16	20 29	1 02	15 34	34,2	-14	05	17	62,0688
23 L	16 14	21 17	1 38	16 24	01,0	-17	00	35	62,6510
24 M	17 08	22 05	2 17	17 14	04,0	-19	08	31	63,0989
25 M	17 59	22 53	3 00	18 04	37,8	-20	24	12	63,4158
26 J	18 46	23 42	3 48	18 55	23,9	-20	44	46	63,6091
27 V	19 28	** **	4 39	19 45	56,0	-20	09	48	63,6879
28 S	20 06	0 29	5 33	20 35	48,4	-18	41	32	63,6593
29 D	20 40	1 15	6 29	21 24	42,5	-16	24	38	63,5275
30 L	21 11	2 01	7 27	22 12	32,9	-13	25	33	63,2922
31 M	21 40	2 45	8 25	22 59	28,0	-09	51	53	62,9500

Cuarto menguante	06 <sup>d</sup> 07 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup>
Luna nueva	13 <sup>d</sup> 02 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup>
Cuarto creciente	19 <sup>d</sup> 19 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup>
Luna llena	27 <sup>d</sup> 20 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>

Perigeo	13 <sup>d</sup> 08 <sup>h</sup>
Apogeo	27 <sup>d</sup> 05 <sup>h</sup>

## LUNA Agosto 2018

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 M	22 08	3 28	9 24	23 45 49,3	-05	51	51	62,4969	
2 J	22 37	4 12	10 24	00 32 09,6	-01	34	03	61,9300	
3 V	23 07	4 57	11 25	01 19 09,7	+02	52	24	61,2533	
4 S	23 39	5 43	12 29	02 07 36,5	+07	17	17	60,4793	
5 D	** **	6 32	13 34	02 58 18,6	+11	28	42	59,6342	
6 L	0 17	7 25	14 41	03 51 59,5	+15	12	18	58,7598	
7 M	1 00	8 21	15 48	04 49 06,7	+18	11	15	57,9121	
8 M	1 51	9 21	16 54	05 49 36,0	+20	07	31	57,1600	
9 J	2 51	10 24	17 54	06 52 39,2	+20	45	08	56,5750	
10 V	3 58	11 26	18 48	07 56 47,0	+19	55	04	56,2229	
11 S	5 11	12 27	19 35	09 00 14,0	+17	39	02	56,1498	
12 D	6 25	13 26	20 16	10 01 34,3	+14	09	56	56,3714	
13 L	7 38	14 20	20 52	11 00 03,6	+09	48	19	56,8696	
14 M	8 49	15 12	21 26	11 55 40,2	+04	57	14	57,5955	
15 M	9 58	16 02	21 58	12 48 51,1	-00	01	53	58,4783	
16 J	11 03	16 50	22 29	13 40 16,9	-04	51	18	59,4386	
17 V	12 07	17 38	23 02	14 30 40,1	-09	17	13	60,3988	
18 S	13 08	18 25	23 37	15 20 37,9	-13	09	13	61,2934	
19 D	14 07	19 13	** **	16 10 37,8	-16	19	19	62,0721	
20 L	15 03	20 01	0 15	17 00 55,2	-18	41	29	62,7021	
21 M	15 55	20 50	0 57	17 51 31,7	-20	11	16	63,1667	
22 M	16 43	21 38	1 44	18 42 16,9	-20	45	59	63,4644	
23 J	17 27	22 26	2 34	19 32 51,9	-20	24	57	63,6034	
24 V	18 06	23 13	3 27	20 22 55,2	-19	09	43	63,5999	
25 S	18 41	23 58	4 23	21 12 09,6	-17	04	04	63,4730	
26 D	19 13	** **	5 21	22 00 26,9	-14	13	44	63,2420	
27 L	19 43	0 43	6 19	22 47 50,6	-10	46	00	62,9237	
28 M	20 12	1 27	7 18	23 34 36,0	-06	49	13	62,5311	
29 M	20 40	2 11	8 18	00 21 08,5	-02	32	32	62,0719	
30 J	21 10	2 56	9 19	01 08 01,8	+01	54	14	61,5505	
31 V	21 41	3 41	10 21	01 55 55,2	+06	20	25	60,9699	

Cuarto menguante	04 <sup>d</sup> 18 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>
Luna nueva	11 <sup>d</sup> 09 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup>
Cuarto creciente	18 <sup>d</sup> 07 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup>
Luna llena	26 <sup>d</sup> 11 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup>

Perigeo	10 <sup>d</sup> 18 <sup>h</sup>
Apogeo	23 <sup>d</sup> 11 <sup>h</sup>

## LUNA Setiembre 2018

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 S	22 16	4 29	11 25	02 45 30,5	+10 34 20			60,3360		
2 D	22 55	5 19	12 30	03 37 27,0	+14 22 49			59,6600		
3 L	23 42	6 12	13 36	04 32 13,5	+17 31 12			58,9632		
4 M	** **	7 09	14 40	05 29 58,1	+19 44 01			58,2783		
5 M	0 36	8 08	15 40	06 30 17,1	+20 46 42			57,6506		
6 J	1 38	9 09	16 36	07 32 12,3	+20 28 51			57,1344		
7 V	2 47	10 09	17 24	08 34 23,1	+18 47 26			56,7854		
8 S	3 59	11 08	18 08	09 35 30,4	+15 48 49			56,6524		
9 D	5 13	12 04	18 46	10 34 40,1	+11 47 51			56,7666		
10 L	6 25	12 58	19 21	11 31 32,2	+07 04 51			57,1325		
11 M	7 36	13 50	19 54	12 26 16,4	+02 01 46			57,7269		
12 M	8 45	14 40	20 26	13 19 19,8	-03 00 50			58,4999		
13 J	9 51	15 29	20 59	14 11 16,1	-07 45 29			59,3849		
14 V	10 55	16 18	21 34	15 02 37,0	-11 58 26			60,3069		
15 S	11 57	17 07	22 12	15 53 46,6	-15 29 25			61,1944		
16 D	12 55	17 55	22 53	16 44 58,5	-18 11 10			61,9855		
17 L	13 49	18 44	23 38	17 36 14,8	-19 58 53			62,6324		
18 M	14 39	19 33	** **	18 27 27,2	-20 50 06			63,1046		
19 M	15 25	20 21	0 27	19 18 20,4	-20 44 22			63,3881		
20 J	16 05	21 08	1 19	20 08 37,8	-19 43 19			63,4838		
21 V	16 42	21 54	2 15	20 58 06,1	-17 50 20			63,4062		
22 S	17 15	22 40	3 12	21 46 40,2	-15 10 30			63,1789		
23 D	17 45	23 24	4 10	22 34 24,7	-11 50 16			62,8320		
24 L	18 15	** **	5 10	23 21 34,1	-07 57 21			62,3979		
25 M	18 43	0 08	6 10	00 08 31,8	-03 40 38			61,9077		
26 M	19 12	0 53	7 12	00 55 48,1	+00 49 50			61,3886		
27 J	19 43	1 39	8 14	01 43 57,7	+05 22 44			60,8604		
28 V	20 17	2 26	9 19	02 33 36,7	+09 45 29			60,3371		
29 S	20 55	3 16	10 24	03 25 18,3	+13 44 14			59,8265		
30 D	21 38	4 08	11 29	04 19 25,4	+17 04 15			59,3328		

Cuarto menguante	03 <sup>d</sup> 02 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup>
Luna nueva	09 <sup>d</sup> 18 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup>
Cuarto creciente	16 <sup>d</sup> 23 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>
Luna llena	25 <sup>d</sup> 02 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup>

Perigeo	8 <sup>d</sup> 01 <sup>h</sup>
Apogeo	20 <sup>d</sup> 01 <sup>h</sup>

## LUNA Octubre 2018

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 L	22 29	5 03	12 33	05 16 03,2	+19 30 44	58,8618	
2 M	23 27	6 01	13 34	06 14 51,0	+20 50 23	58,4228	
3 M	** **	7 00	14 29	07 15 00,9	+20 53 46	58,0332	
4 J	0 31	7 58	15 19	08 15 27,9	+19 37 27	57,7182	
5 V	1 40	8 56	16 02	09 15 07,8	+17 05 22	57,5099	
6 S	2 52	9 51	16 41	10 13 15,2	+13 28 22	57,4414	
7 D	4 03	10 45	17 16	11 09 32,3	+09 02 34	57,5413	
8 L	5 14	11 37	17 49	12 04 06,1	+04 06 54	57,8258	
9 M	6 23	12 27	18 22	12 57 19,9	-00 58 59	58,2919	
10 M	7 31	13 17	18 55	13 49 43,5	-05 56 28	58,9162	
11 J	8 38	14 07	19 29	14 41 45,1	-10 29 11	59,6569	
12 V	9 42	14 56	20 06	15 33 45,5	-14 23 43	60,4575	
13 S	10 43	15 46	20 46	16 25 54,0	-17 29 58	61,2552	
14 D	11 40	16 36	21 30	17 18 07,7	-19 41 09	61,9886	
15 L	12 33	17 26	22 18	18 10 13,0	-20 53 41	62,6026	
16 M	13 20	18 14	23 10	19 01 50,1	-21 06 58	63,0553	
17 M	14 03	19 02	** **	19 52 39,7	-20 22 48	63,3180	
18 J	14 41	19 49	0 04	20 42 28,5	-18 44 56	63,3792	
19 V	15 15	20 34	1 00	21 31 12,9	-16 18 28	63,2425	
20 S	15 46	21 19	1 58	22 19 00,6	-13 09 25	62,9268	
21 D	16 15	22 03	2 57	23 06 09,7	-09 24 39	62,4633	
22 L	16 44	22 48	3 58	23 53 07,0	-05 11 60	61,8927	
23 M	17 13	23 33	4 59	00 40 25,4	-00 40 32	61,2615	
24 M	17 43	** **	6 03	01 28 42,1	+03 58 56	60,6167	
25 J	18 16	0 21	7 07	02 18 34,6	+08 33 37	60,0013	
26 V	18 53	1 10	8 14	03 10 36,2	+12 48 39	59,4496	
27 S	19 36	2 03	9 21	04 05 08,8	+16 27 40	58,9845	
28 D	20 25	2 59	10 27	05 02 13,3	+19 14 03	58,6165	
29 L	21 21	3 56	11 30	06 01 22,3	+20 53 12	58,3451	
30 M	22 23	4 55	12 27	07 01 40,5	+21 15 14	58,1636	
31 M	23 30	5 53	13 18	08 01 56,9	+20 17 01	58,0632	

Cuarto menguante	02 <sup>d</sup> 09 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup>
Luna nueva	09 <sup>d</sup> 03 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup>
Cuarto creciente	16 <sup>d</sup> 18 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup>
Luna llena	24 <sup>d</sup> 16 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	31 <sup>d</sup> 16 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>

Perigeo	5 <sup>d</sup> 22 <sup>h</sup>
Apogeo	17 <sup>d</sup> 19 <sup>h</sup>
Perigeo	31 <sup>d</sup> 20 <sup>h</sup>

## LUNA Noviembre 2018

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 J	** **	6 50	14 02	09 01 05,8	+18 02 58	58,0376			
2 V	0 39	7 45	14 41	09 58 24,9	+14 43 41	58,0862			
3 S	1 49	8 38	15 16	10 53 42,1	+10 33 56	58,2147			
4 D	2 58	9 28	15 49	11 47 11,3	+05 50 26	58,4326			
5 L	4 06	10 18	16 20	12 39 22,4	+00 50 26	58,7492			
6 M	5 14	11 07	16 52	13 30 51,5	-04 09 10	59,1691			
7 M	6 20	11 56	17 25	14 22 12,8	-08 52 22	59,6870			
8 J	7 25	12 46	18 00	15 13 52,1	-13 04 41	60,2846			
9 V	8 28	13 36	18 39	16 06 02,0	-16 33 44	60,9319			
10 S	9 28	14 26	19 22	16 58 39,1	-19 09 60	61,5875			
11 D	10 24	15 17	20 08	17 51 25,3	-20 47 25	62,2041			
12 L	11 14	16 06	20 59	18 43 52,6	-21 23 39	62,7328			
13 M	11 59	16 55	21 53	19 35 31,3	-20 59 46	63,1292			
14 M	12 39	17 42	22 48	20 25 58,6	-19 39 37	63,3562			
15 J	13 14	18 28	23 45	21 15 04,8	-17 28 48	63,3893			
16 V	13 46	19 12	** **	22 02 55,0	-14 33 47	63,2181			
17 S	14 16	19 56	0 44	22 49 48,0	-11 01 24	62,8480			
18 D	14 44	20 40	1 43	23 36 13,4	-06 58 45	62,3005			
19 L	15 13	21 24	2 43	00 22 48,9	-02 33 34	61,6133			
20 M	15 42	22 11	3 45	01 10 17,7	+02 05 08	60,8367			
21 M	16 13	23 00	4 50	01 59 25,3	+06 46 13	60,0301			
22 J	16 49	23 52	5 56	02 50 54,7	+11 15 48	59,2573			
23 V	17 29	** **	7 05	03 45 18,8	+15 17 02	58,5780			
24 S	18 17	0 48	8 14	04 42 48,8	+18 31 04	58,0411			
25 D	19 12	1 46	9 20	05 43 01,2	+20 39 36	57,6778			
26 L	20 14	2 47	10 21	06 44 53,6	+21 28 41	57,4991			
27 M	21 21	3 47	11 16	07 46 56,5	+20 52 27	57,4956			
28 M	22 31	4 46	12 03	08 47 41,1	+18 54 40	57,6429			
29 J	23 40	5 42	12 44	09 46 06,9	+15 47 14	57,9084			
30 V	** **	6 35	13 20	10 41 53,5	+11 46 35	58,2586			

Luna nueva	07 <sup>d</sup> 16 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup>
Cuarto creciente	15 <sup>d</sup> 14 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup>
Luna llena	23 <sup>d</sup> 05 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	30 <sup>d</sup> 00 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup>

Apogeo	14 <sup>d</sup> 16 <sup>h</sup>
Perigeo	26 <sup>d</sup> 12 <sup>h</sup>

## LUNA Diciembre 2018

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 S	0 49	7 26	13 52	11 35 15,3	+07 10 28	58,6655	
2 D	1 57	8 14	14 23	12 26 48,2	+02 15 56	59,1095	
3 L	3 03	9 02	14 54	13 17 17,3	-02 41 19	59,5793	
4 M	4 08	9 50	15 25	14 07 27,0	-07 26 52	60,0702	
5 M	5 12	10 39	15 58	14 57 54,2	-11 47 25	60,5797	
6 J	6 16	11 28	16 35	15 49 03,0	-15 30 47	61,1032	
7 V	7 17	12 18	17 16	16 41 00,5	-18 26 26	61,6311	
8 S	8 14	13 08	18 00	17 33 34,5	-20 26 19	62,1462	
9 D	9 07	13 58	18 50	18 26 16,8	-21 25 40	62,6237	
10 L	9 55	14 48	19 42	19 18 30,4	-21 23 32	63,0326	
11 M	10 37	15 36	20 37	20 09 40,6	-20 22 37	63,3384	
12 M	11 14	16 22	21 34	20 59 24,4	-18 28 23	63,5075	
13 J	11 47	17 07	22 31	21 47 36,0	-15 47 51	63,5103	
14 V	12 17	17 50	23 29	22 34 26,7	-12 28 35	63,3262	
15 S	12 45	18 33	** **	23 20 22,5	-08 38 05	62,9465	
16 D	13 13	19 16	0 28	00 06 00,3	-04 23 47	62,3768	
17 L	13 41	20 01	1 28	00 52 05,4	+00 06 35	61,6403	
18 M	14 10	20 47	2 30	01 39 28,0	+04 44 05	60,7776	
19 M	14 43	21 37	3 34	02 29 00,6	+09 17 35	59,8453	
20 J	15 20	22 31	4 42	03 21 32,0	+13 32 47	58,9137	
21 V	16 04	23 29	5 51	04 17 36,3	+17 11 51	58,0594	
22 S	16 56	** **	7 00	05 17 17,4	+19 54 38	57,3570	
23 D	17 57	0 30	8 06	06 19 53,1	+21 22 01	56,8677	
24 L	19 04	1 33	9 06	07 23 53,6	+21 21 12	56,6292	
25 M	20 16	2 35	9 58	08 27 25,5	+19 50 15	56,6503	
26 M	21 28	3 34	10 43	09 28 50,4	+16 58 54	56,9104	
27 J	22 40	4 30	11 22	10 27 15,0	+13 05 05	57,3657	
28 V	23 49	5 23	11 56	11 22 34,3	+08 29 53	57,9598	
29 S	** **	6 13	12 27	12 15 18,4	+03 33 24	58,6341	
30 D	0 55	7 01	12 58	13 06 14,2	-01 26 53	59,3373	
31 L	2 01	7 48	13 28	13 56 12,8	-06 16 17	60,0289	

Luna nueva	07 <sup>d</sup> 07 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>
Cuarto creciente	15 <sup>d</sup> 11 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup>
Luna llena	22 <sup>d</sup> 17 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	29 <sup>d</sup> 09 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup>

Apogeo	12 <sup>d</sup> 13 <sup>h</sup>
Perigeo	24 <sup>d</sup> 10 <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 Donostia-San Sebastián (latitud  $43^{\circ}5'$ ) el día 5 de junio, en que su declinación media es de  $-13^{\circ}$  y el horario oficial es el de invierno:

$$\begin{aligned}\text{orto} &= 0^{\text{h}}03^{\text{m}} - 7^{\text{m}} + (5^{\text{m}}) = 0^{\text{h}}01^{\text{m}} \text{ TU} = 2^{\text{h}}01^{\text{m}} \text{ TO} \\ \text{ocaso} &= 10^{\text{h}}43^{\text{m}} - 7^{\text{m}} - (5^{\text{m}}) = 10^{\text{h}}31^{\text{m}} \text{ TU} = 12^{\text{h}}31^{\text{m}} \text{ TO}\end{aligned}$$

*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 2018

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	17 02 17	Ene	24 22 20	Ene	02 02 24	Ene	08 22 25
Feb	15 21 05	Feb	23 08 09	Ene	31 13 27	Feb	07 15 54
Mar	17 13 12	Mar	24 15 35	Mar	02 00 51	Mar	09 11 20
Abr	16 01 57	Abr	22 21 46	Mar	31 12 37	Abr	08 07 18
May	15 11 48	May	22 03 49	Abr	30 00 58	May	08 02 09
Jun	13 19 43	Jun	20 10 51	May	29 14 20	Jun	06 18 32
Jul	13 02 48	Jul	19 19 52	Jun	28 04 53	Jul	06 07 51
Ago	11 09 58	Jul	19 19 52	Jul	27 20 20	Ago	04 18 18
Set	09 18 01	Ago	18 07 49	Ago	26 11 56	Set	03 02 37
Oct	09 03 47	Set	16 23 15	Set	25 02 52	Oct	02 09 45
Nov	07 16 02	Oct	16 18 02	Oct	24 16 45	Oct	31 16 40
Dic	07 07 20	Nov	15 14 54	Nov	23 05 39	Nov	30 00 19
		Dic	15 11 49	Dic	22 17 49	Dic	29 09 34

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			
fecha y hora			distancia	fecha y hora			distancia
<i>mes</i>	<i>día</i>	<i>h</i>	km	<i>mes</i>	<i>día</i>	<i>h</i>	km
Ene	1	22	356567	Ene	15	2	406449
Ene	30	10	359003	Feb	11	14	405670
Feb	27	15	363952	Mar	11	9	404640
Mar	26	17	369138	Abr	8	6	404104
Abr	20	15	368745	May	6	1	404420
May	17	21	363796	Jun	2	16	405288
Jun	14	24	359513	Jun	30	3	406047
Jul	13	8	357433	Jul	27	5	406228
Ago	10	18	358072	Ago	23	11	405768
Set	8	1	361336	Set	20	1	404910
Oct	5	22	366367	Oct	17	19	404267
Oct	31	20	370167	Nov	14	16	404379
Nov	26	12	366595	Dic	12	13	405211
Dic	24	10	361047				

# 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).

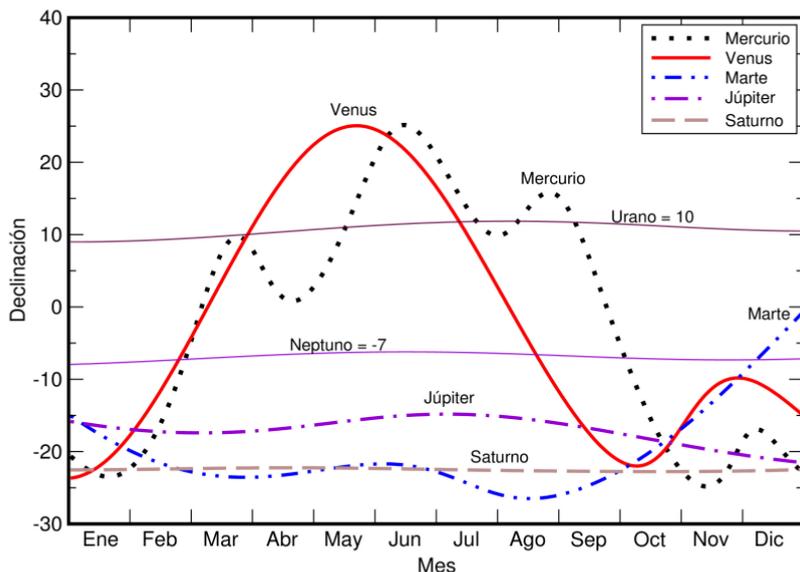
El momento dipolar magnético de la Tierra es:  $7,91 \cdot 10^{15}$  T m<sup>3</sup>.

**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.

2018



## 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:  $distancia \text{ (en ua)} = 0,12024 \text{ distancia \text{ (en minutos-luz)}}$ .

$D_{ecu}$  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 2018

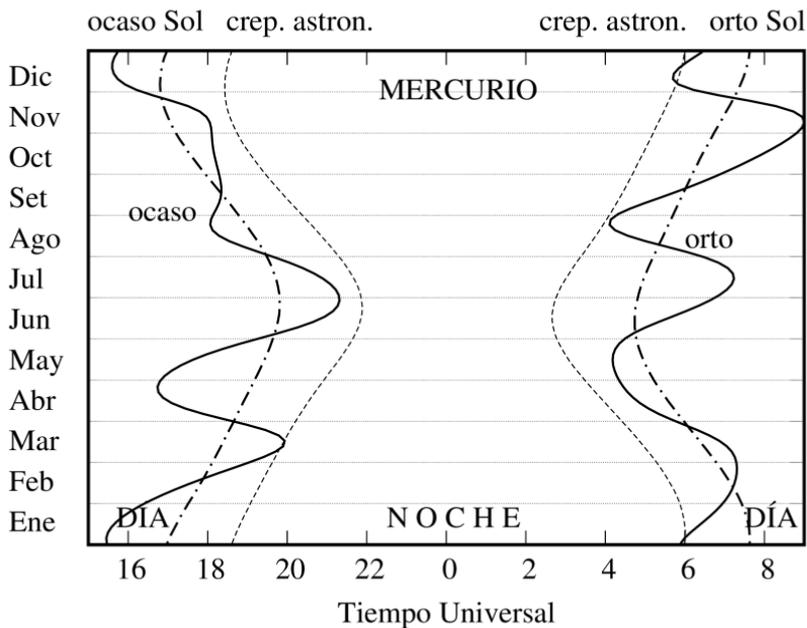
Mes	día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			Distancia ua
		Orto <i>h m</i>	Culm. <i>h m</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>	Declinación <i>° ' "</i>		
Ene.	1	5 54	10 41	15 28	17 8 23	-20 53 32	0,9989	
	11	6 13	10 53	15 32	17 58 45	-22 52 28	1,1787	
	21	6 38	11 15	15 52	19 0 15	-23 26 6	1,3033	
Feb.	31	6 58	11 42	16 26	20 6 25	-21 56 38	1,3776	
	10	7 11	12 11	17 11	21 14 36	-18 9 30	1,4028	
	20	7 18	12 41	18 5	22 23 44	-12 0 1	1,3680	
Mar.	2	7 18	13 9	19 3	23 32 12	-3 45 31	1,2441	
	12	7 7	13 28	19 49	0 30 54	+4 47 38	1,0094	
	22	6 37	13 12	19 47	0 57 7	+9 33 41	0,7479	
Abr.	1	5 48	12 16	18 42	0 41 31	+7 41 31	0,6009	
	11	5 5	11 16	17 26	0 19 47	+2 44 28	0,6092	
	21	4 38	10 43	16 48	0 25 5	+0 49 0	0,7143	
May.	1	4 22	10 34	16 48	0 55 1	+2 46 21	0,8589	
	11	4 13	10 42	17 12	1 41 31	+7 26 21	1,0184	
	21	4 12	11 4	17 58	2 42 28	+13 43 28	1,1769	
Jun.	31	4 25	11 44	19 4	4 0 24	+20 16 24	1,2977	
	10	5 1	12 38	20 16	5 33 16	+24 35 50	1,3099	
	20	5 51	13 28	21 4	7 3 10	+24 37 57	1,2000	
Jul.	30	6 38	13 59	21 19	8 14 59	+21 19 46	1,0395	
	10	7 8	14 9	21 10	9 5 54	+16 37 46	0,8768	
	20	7 12	13 57	20 41	9 34 21	+12 12 49	0,7307	
Ago.	30	6 41	13 17	19 52	9 35 10	+9 53 51	0,6234	
	9	5 31	12 12	18 53	9 10 3	+11 17 10	0,6037	
	19	4 23	11 17	18 11	8 52 49	+14 41 7	0,7271	
Set.	29	4 8	11 7	18 5	9 20 4	+15 37 51	0,9746	
	8	4 48	11 32	18 15	10 23 50	+11 45 38	1,2244	
	18	5 45	12 3	18 21	11 34 33	+4 34 59	1,3660	
Oct.	28	6 37	12 28	18 19	12 39 23	-3 16 24	1,4072	
	8	7 22	12 49	18 14	13 39 12	-10 33 12	1,3824	
	18	8 3	13 6	18 9	14 36 32	-16 45 7	1,3074	
Nov.	28	8 38	13 22	18 7	15 32 1	-21 30 11	1,1845	
	7	8 59	13 32	18 4	16 21 33	-24 20 16	1,0112	
	17	8 44	13 16	17 48	16 47 17	-24 27 22	0,8023	
Dic.	27	7 14	12 2	16 51	16 15 19	-20 27 47	0,6780	
	7	5 50	10 53	15 55	15 42 32	-16 54 46	0,8145	
	17	5 47	10 42	15 37	16 9 9	-18 53 13	1,0469	
	27	6 13	10 56	15 39	17 2 29	-22 0 1	1,2294	

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:

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

MERCURIO 2018

Fecha	$\tau$ <i>min</i>	$D_{ecu}$ "	V	BS	a.fase °	fase	def.ilu. "	$L_P$ °	$B_P$ °	$P_{PN}$ °
Ene 1	8,31	6,74	-0,2	3,1	76,4	0,617	2,58	299,7	-5,4	11,2
Ene 21	10,84	5,16	-0,3	2,9	38,6	0,891	0,56	36,4	-5,0	358,1
Feb 10	11,67	4,80	-1,0	2,2	13,8	0,986	0,07	127,3	-4,9	343,0
Mar 2	10,35	5,41	-1,2	2,1	34,5	0,912	0,47	213,3	-5,1	332,9
Mar 22	6,22	9,00	1,3	4,0	127,7	0,194	7,25	311,0	-6,9	331,3
Abr 11	5,07	11,04	2,5	5,0	143,2	0,100	9,94	85,2	-5,3	331,5
May 1	7,14	7,83	0,5	3,8	94,9	0,458	4,25	200,2	-1,1	331,5
May 21	9,79	5,72	-0,6	2,7	55,2	0,785	1,23	294,4	1,2	335,4
Jun 10	10,89	5,14	-1,7	1,5	16,5	0,979	0,11	15,6	2,7	351,6
Jun 30	8,65	6,47	-0,0	3,3	75,3	0,626	2,42	101,1	5,2	10,7
Jul 20	6,08	9,21	1,1	4,3	114,3	0,294	6,50	203,0	9,1	19,1
Ago 9	5,02	11,14	2,9	3,0	168,2	0,011	11,03	331,3	11,8	16,9
Ago 29	8,11	6,90	-0,4	2,9	87,4	0,523	3,29	93,0	6,9	17,6
Set 18	11,36	4,92	-1,5	1,6	8,7	0,994	0,03	180,8	4,1	27,2
Oct 8	11,50	4,87	-0,5	2,6	27,4	0,944	0,27	269,0	2,8	27,7
Oct 28	9,85	5,68	-0,2	3,1	54,5	0,790	1,19	2,7	1,4	20,8
Nov 17	6,67	8,39	0,5	3,6	112,3	0,310	5,79	108,0	-0,9	13,5
Dic 7	6,77	8,26	0,4	3,5	112,4	0,309	5,71	247,5	-3,7	19,9
Dic 27	10,22	5,47	-0,4	2,9	46,4	0,845	0,85	350,7	-4,1	11,9



## VENUS 2018

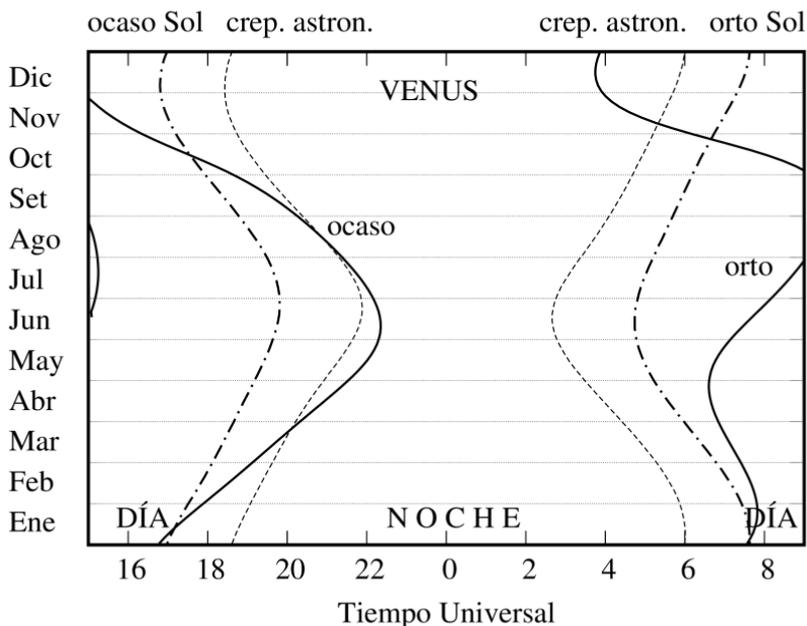
Mes	día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			Distancia ua
		Orto h m	Culm. h m	Ocaso h m	Asc. recta h m s	Declinación ° ' "		
Ene.	1	7 34	12 10	16 47	18 37 14	-23 37 51	1,7092	
	11	7 45	12 25	17 7	19 31 48	-22 35 39	1,7111	
	21	7 49	12 39	17 30	20 25 5	-20 24 49	1,7091	
Feb.	31	7 48	12 51	17 54	21 16 27	-17 14 5	1,7031	
	10	7 43	13 1	18 19	22 5 45	-13 15 0	1,6932	
	20	7 35	13 9	18 44	22 53 13	-8 40 13	1,6792	
Mar.	2	7 24	13 15	19 7	23 39 19	-3 42 40	1,6607	
	12	7 13	13 21	19 31	0 24 42	+1 25 2	1,6379	
	22	7 1	13 27	19 54	1 10 3	+6 30 40	1,6104	
Abr.	1	6 51	13 34	20 18	1 56 4	+11 21 52	1,5779	
	11	6 42	13 42	20 42	2 43 20	+15 46 14	1,5405	
	21	6 37	13 52	21 7	3 32 14	+19 31 27	1,4980	
May.	1	6 36	14 3	21 30	4 22 52	+22 25 34	1,4502	
	11	6 41	14 16	21 50	5 14 54	+24 18 18	1,3975	
	21	6 51	14 29	22 7	6 7 39	+25 2 41	1,3398	
Jun.	31	7 6	14 42	22 17	7 0 4	+24 36 10	1,2776	
	10	7 25	14 53	22 21	7 51 8	+23 1 25	1,2112	
	20	7 46	15 3	22 19	8 40 4	+20 25 33	1,1410	
Jul.	30	8 6	15 9	22 12	9 26 23	+16 58 49	1,0676	
	10	8 26	15 13	22 0	10 10 0	+12 52 48	0,9917	
	20	8 44	15 15	21 45	10 51 6	+8 19 11	0,9138	
Ago.	30	9 0	15 14	21 28	11 29 52	+3 29 32	0,8344	
	9	9 14	15 11	21 8	12 6 30	-1 25 15	0,7545	
	19	9 25	15 6	20 46	12 41 3	-6 14 57	0,6746	
Set.	29	9 34	14 59	20 23	13 13 7	-10 48 52	0,5956	
	8	9 38	14 48	19 57	13 41 47	-14 55 57	0,5188	
	18	9 35	14 31	19 27	14 5 16	-18 23 43	0,4457	
Oct.	28	9 20	14 7	18 53	14 20 27	-20 54 10	0,3790	
	8	8 47	13 29	18 12	14 23 27	-21 59 27	0,3233	
	18	7 52	12 38	17 25	14 12 8	-21 2 23	0,2851	
Nov.	28	6 40	11 38	16 38	13 51 36	-17 52 16	0,2722	
	7	5 29	10 43	15 57	13 34 59	-13 50 26	0,2879	
	17	4 36	10 1	15 26	13 31 46	-10 54 13	0,3278	
Dic.	27	4 4	9 33	15 2	13 42 36	-9 49 50	0,3843	
	7	3 49	9 16	14 42	14 4 21	-10 22 20	0,4505	
	17	3 45	9 6	14 27	14 33 45	-11 58 46	0,5222	
	27	3 48	9 2	14 15	15 8 46	-14 8 54	0,5968	

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 2018**

Fecha	$\tau$ min	$D_{ecu}$ "	V	BS	a.fase °	fase	def.ilu. "	$L_P$ °	$B_P$ °	$P_{PN}$ °
Ene 1	14,21	9,76	-3,8	0,9	2,8	0,999	0,01	314,8	0,9	357,5
Ene 21	14,21	9,76	-3,8	0,9	4,1	0,999	0,01	9,6	1,0	347,6
Feb 10	14,08	9,86	-3,8	0,9	10,5	0,992	0,08	64,3	0,9	340,6
Mar 2	13,81	10,05	-3,8	0,9	17,2	0,978	0,22	118,9	0,4	337,4
Mar 22	13,39	10,36	-3,8	1,0	24,2	0,956	0,46	173,4	-0,4	338,0
Abr 11	12,81	10,83	-3,8	1,0	31,7	0,925	0,81	227,7	-1,2	342,2
May 1	12,06	11,51	-3,8	1,1	39,7	0,885	1,32	281,7	-1,8	349,8
May 21	11,14	12,46	-3,9	1,2	48,0	0,834	2,06	335,4	-2,2	359,7
Jun 10	10,07	13,78	-3,9	1,3	56,8	0,774	3,12	28,7	-2,1	9,5
Jun 30	8,88	15,63	-3,9	1,4	66,0	0,704	4,63	81,5	-1,4	17,0
Jul 20	7,60	18,26	-4,0	1,5	75,7	0,624	6,87	133,5	-0,1	21,4
Ago 9	6,27	22,12	-4,2	1,6	86,4	0,532	10,36	184,2	1,7	22,8
Ago 29	4,95	28,02	-4,3	1,7	99,0	0,422	16,19	232,7	4,1	22,0
Set 18	3,71	37,45	-4,4	1,8	115,7	0,283	26,84	276,9	6,6	20,1
Oct 8	2,69	51,63	-4,4	1,5	141,3	0,110	45,96	311,8	8,5	19,2
Oct 28	2,26	61,32	-3,9	-0,8	171,2	0,006	60,96	332,9	7,2	20,7
Nov 17	2,73	50,91	-4,5	1,6	137,8	0,130	44,30	355,5	2,5	21,4
Dic 7	3,75	37,04	-4,5	1,8	112,8	0,307	25,69	32,5	-0,9	20,0
Dic 27	4,96	27,96	-4,4	1,7	96,3	0,445	15,53	78,2	-2,2	16,1



## MARTE 2018

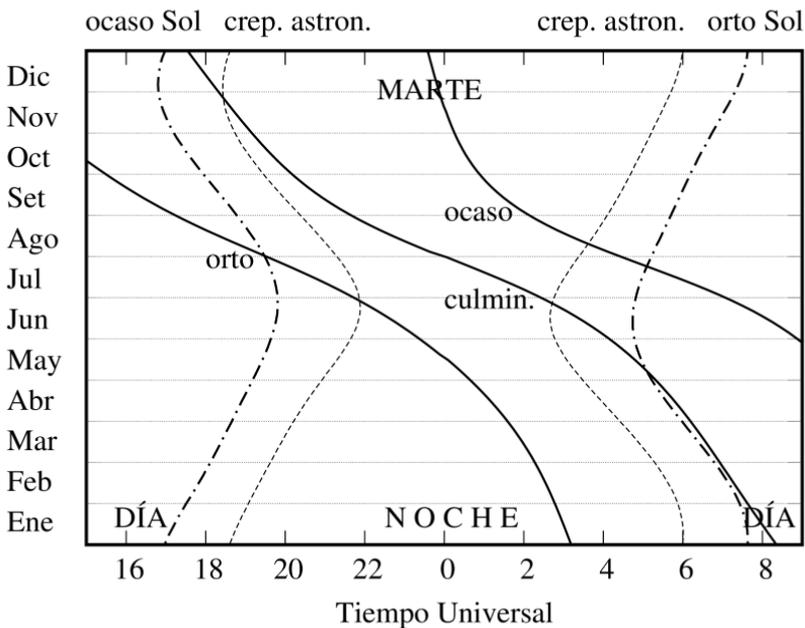
Mes	día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			Distancia ua
		Orto h m	Culm. h m	Ocaso h m	Asc. recta h m s	Declinación ° ' "		
Ene.	1	3 11	8 20	13 29	14 47 56	-15 13 42	1,9558	
	11	3 3	8 5	13 7	15 12 44	-17 2 32	1,8667	
	21	2 55	7 51	12 47	15 37 52	-18 39 36	1,7747	
Feb.	31	2 46	7 37	12 27	16 3 16	-20 3 41	1,6807	
	10	2 37	7 23	12 9	16 28 52	-21 13 59	1,5852	
Mar.	20	2 27	7 9	11 51	16 54 34	-22 9 54	1,4888	
	2	2 17	6 56	11 35	17 20 13	-22 51 10	1,3923	
Abr.	12	2 5	6 42	11 19	17 45 40	-23 18 4	1,2964	
	22	1 51	6 27	11 3	18 10 42	-23 31 18	1,2015	
May.	1	1 36	6 12	10 48	18 35 7	-23 32 5	1,1083	
	11	1 20	5 56	10 33	18 58 41	-23 22 18	1,0175	
Jun.	21	1 1	5 39	10 18	19 21 7	-23 4 24	0,9295	
	1	0 41	5 21	10 1	19 42 7	-22 41 28	0,8451	
Jul.	11	0 19	5 1	9 42	20 1 22	-22 17 16	0,7647	
	21	23 53	4 38	9 21	20 18 23	-21 56 19	0,6890	
Ago.	31	23 27	4 13	8 57	20 32 38	-21 43 34	0,6190	
	10	22 58	3 45	8 28	20 43 30	-21 44 17	0,5553	
Sep.	20	22 26	3 12	7 54	20 50 10	-22 3 17	0,4994	
	30	21 51	2 34	7 13	20 51 59	-22 42 40	0,4527	
Oct.	10	21 12	1 52	6 26	20 48 36	-23 40 3	0,4170	
	20	20 29	1 4	5 34	20 40 27	-24 45 54	0,3940	
Nov.	30	19 43	0 14	4 40	20 29 28	-25 44 31	0,3851	
	9	18 56	23 19	3 47	20 18 33	-26 21 24	0,3902	
Dic.	19	18 10	22 32	2 59	20 10 47	-26 28 55	0,4085	
	29	17 27	21 51	2 19	20 8 15	-26 8 6	0,4382	
Ene.	8	16 47	21 15	1 46	20 11 25	-25 23 49	0,4770	
	18	16 12	20 45	1 20	20 19 55	-24 20 9	0,5234	
Feb.	28	15 40	20 19	0 59	20 32 50	-22 59 50	0,5757	
	8	15 10	19 56	0 43	20 49 8	-21 24 17	0,6332	
Mar.	18	14 43	19 35	0 30	21 8 0	-19 34 7	0,6951	
	28	14 16	19 17	0 19	21 28 39	-17 30 18	0,7608	
Abr.	7	13 50	18 59	0 10	21 50 31	-15 14 0	0,8300	
	17	13 24	18 43	0 3	22 13 14	-12 46 32	0,9026	
May.	27	12 59	18 27	23 55	22 36 30	-10 9 47	0,9780	
	7	12 33	18 11	23 49	23 0 7	-7 25 48	1,0562	
Jun.	17	12 8	17 55	23 43	23 24 1	-4 36 34	1,1367	
	27	11 43	17 40	23 38	23 48 7	-1 44 24	1,2191	

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 2018

Fecha	$\tau$ min	$D_{ecu}$ "	V	BS	a.fase °	fase	def.ilu. "	$L_P$ °	$B_P$ °	$P_{PN}$ °
Ene 1	16,27	4,79	1,5	4,5	30,1	0,932	0,32	227,5	15,8	38,5
Ene 21	14,76	5,28	1,3	4,5	33,3	0,918	0,43	33,9	11,0	37,5
Feb 10	13,18	5,91	1,1	4,5	36,2	0,904	0,57	200,8	5,9	34,8
Mar 2	11,58	6,73	0,8	4,5	38,5	0,891	0,73	8,2	0,8	30,6
Mar 22	9,99	7,80	0,5	4,5	40,1	0,882	0,92	175,8	-4,1	25,3
Abr 11	8,46	9,21	0,1	4,5	40,8	0,878	1,12	343,9	-8,5	19,4
May 1	7,03	11,08	-0,4	4,5	40,1	0,882	1,30	152,5	-12,1	13,5
May 21	5,73	13,60	-0,9	4,4	37,5	0,897	1,40	322,4	-14,4	8,2
Jun 10	4,62	16,87	-1,5	4,3	31,8	0,925	1,26	134,5	-15,2	4,3
Jun 30	3,77	20,69	-2,1	4,1	21,8	0,964	0,74	310,5	-14,4	3,0
Jul 20	3,28	23,77	-2,7	3,9	7,8	0,995	0,11	131,0	-12,1	4,7
Ago 9	3,25	24,01	-2,7	4,0	12,2	0,989	0,27	313,7	-10,0	8,0
Ago 29	3,64	21,38	-2,2	4,1	26,3	0,948	1,11	133,8	-9,8	9,6
Set 18	4,35	17,90	-1,7	4,2	35,8	0,905	1,69	309,1	-12,0	7,9
Oct 8	5,27	14,79	-1,1	4,3	41,2	0,876	1,83	120,1	-15,7	3,5
Oct 28	6,33	12,31	-0,7	4,3	43,7	0,862	1,70	287,9	-19,7	357,2
Nov 17	7,51	10,38	-0,3	4,3	44,3	0,858	1,48	93,4	-23,2	349,9
Dic 7	8,78	8,87	0,1	4,4	43,7	0,862	1,23	257,3	-25,6	342,3
Dic 27	10,14	7,68	0,4	4,4	42,2	0,870	1,00	60,1	-26,5	334,9



## JUPITER 2018

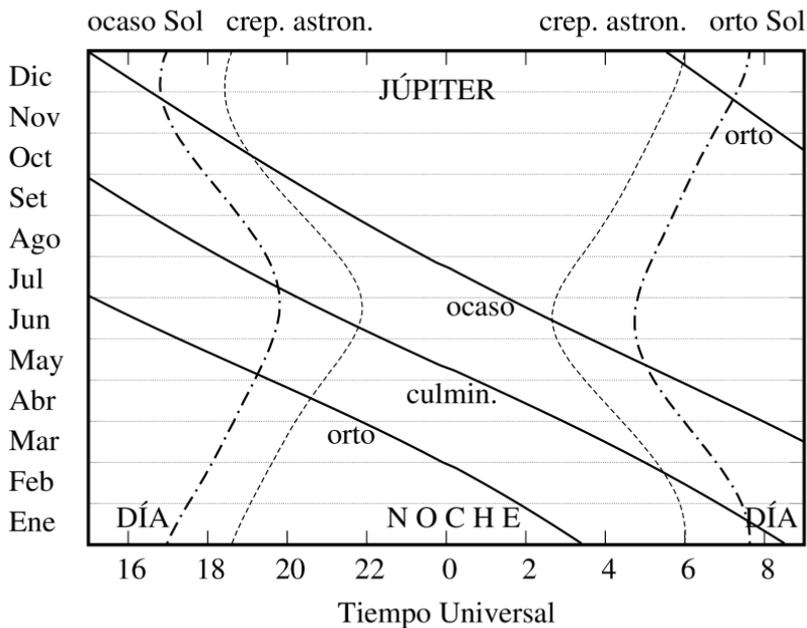
Mes	día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			Distancia ua
		Orto h m	Culm. h m	Ocaso h m	Asc. recta h m s	Declinación ° ' "		
Ene.	1	3 24	8 30	13 37	14 59 7	-15 53 3	5,9581	
	11	2 53	7 57	13 2	15 5 32	-16 18 51	5,8198	
	21	2 20	7 24	12 27	15 11 14	-16 40 40	5,6703	
	31	1 47	6 49	11 51	15 16 4	-16 58 17	5,5128	
Feb.	10	1 12	6 14	11 15	15 19 56	-17 11 33	5,3510	
	20	0 36	5 37	10 38	15 22 41	-17 20 20	5,1887	
Mar.	2	23 55	4 59	10 0	15 24 14	-17 24 29	5,0304	
	12	23 16	4 20	9 21	15 24 32	-17 24 2	4,8807	
	22	22 35	3 40	8 41	15 23 34	-17 19 0	4,7440	
Abr.	1	21 53	2 58	8 0	15 21 23	-17 9 35	4,6252	
	11	21 9	2 16	7 18	15 18 6	-16 56 13	4,5282	
	21	20 25	1 32	6 36	15 13 55	-16 39 31	4,4566	
May.	1	19 39	0 48	5 53	15 9 7	-16 20 27	4,4134	
	11	18 54	0 4	5 10	15 4 2	-16 0 16	4,3999	
	21	18 8	23 15	4 27	14 59 1	-15 40 21	4,4164	
	31	17 23	22 31	3 44	14 54 24	-15 22 11	4,4620	
Jun.	10	16 39	21 48	3 2	14 50 30	-15 7 5	4,5343	
	20	15 56	21 6	2 20	14 47 31	-14 56 11	4,6304	
	30	15 15	20 25	1 39	14 45 37	-14 50 15	4,7462	
Jul.	10	14 35	19 45	0 59	14 44 53	-14 49 38	4,8778	
	20	13 56	19 6	0 20	14 45 20	-14 54 27	5,0208	
	30	13 19	18 29	23 38	14 46 58	-15 4 29	5,1709	
Ago.	9	12 44	17 52	23 0	14 49 42	-15 19 18	5,3241	
	19	12 9	17 17	22 24	14 53 29	-15 38 22	5,4766	
	29	11 36	16 42	21 48	14 58 13	-16 1 2	5,6247	
Set.	8	11 4	16 8	21 12	15 3 48	-16 26 37	5,7655	
	18	10 33	15 35	20 38	15 10 10	-16 54 27	5,8961	
	28	10 3	15 3	20 4	15 17 13	-17 23 50	6,0137	
Oct.	8	9 33	14 31	19 30	15 24 52	-17 54 6	6,1163	
	18	9 4	14 0	18 57	15 33 1	-18 24 41	6,2019	
	28	8 35	13 29	18 24	15 41 36	-18 54 56	6,2688	
Nov.	7	8 6	12 59	17 52	15 50 30	-19 24 24	6,3159	
	17	7 38	12 29	17 20	15 59 39	-19 52 34	6,3420	
	27	7 10	11 59	16 48	16 8 58	-20 19 3	6,3466	
Dic.	7	6 41	11 29	16 16	16 18 20	-20 43 31	6,3296	
	17	6 13	10 59	15 45	16 27 40	-21 5 42	6,2908	
	27	5 44	10 29	15 13	16 36 51	-21 25 25	6,2310	

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 2018**

Fecha	$\tau$ <i>min</i>	$D_{ecu}$ "	V	BS	a.fase °	def.ilu. "	$L_P$ °	$B_P$ °	$P_{PN}$ °
Ene 1	49,55	33,09	-1,7	5,6	8,4	0,18	270,3	-3,6	17,2
Ene 21	47,16	34,77	-1,8	5,6	9,9	0,26	39,4	-3,7	16,2
Feb 10	44,50	36,84	-1,9	5,6	10,5	0,31	169,6	-3,7	15,4
Mar 2	41,84	39,19	-2,0	5,6	10,0	0,30	300,9	-3,8	15,1
Mar 22	39,45	41,56	-2,2	5,6	8,3	0,22	73,3	-3,9	15,1
Abr 11	37,66	43,54	-2,3	5,6	5,4	0,10	206,5	-3,9	15,6
May 1	36,71	44,67	-2,4	5,6	1,6	0,01	340,0	-3,9	16,4
May 21	36,73	44,64	-2,3	5,6	2,4	0,02	113,2	-3,8	17,2
Jun 10	37,71	43,48	-2,3	5,6	6,1	0,12	245,5	-3,7	17,9
Jun 30	39,47	41,54	-2,2	5,6	8,8	0,25	16,4	-3,6	18,3
Jul 20	41,76	39,27	-2,0	5,6	10,4	0,32	145,8	-3,5	18,3
Ago 9	44,28	37,03	-1,9	5,6	10,8	0,33	273,9	-3,4	18,0
Ago 29	46,78	35,05	-1,8	5,6	10,2	0,28	40,9	-3,4	17,3
Set 18	49,04	33,44	-1,7	5,6	8,8	0,20	167,3	-3,3	16,3
Oct 8	50,87	32,23	-1,6	5,6	6,7	0,11	293,3	-3,3	15,0
Oct 28	52,14	31,45	-1,6	5,6	4,1	0,04	59,1	-3,3	13,5
Nov 17	52,74	31,09	-1,6	5,5	1,3	0,00	185,1	-3,3	11,7
Dic 7	52,64	31,15	-1,6	5,5	1,6	0,01	311,4	-3,3	9,9
Dic 27	51,82	31,64	-1,6	5,5	4,4	0,05	78,3	-3,3	8,0



## SATURNO 2018

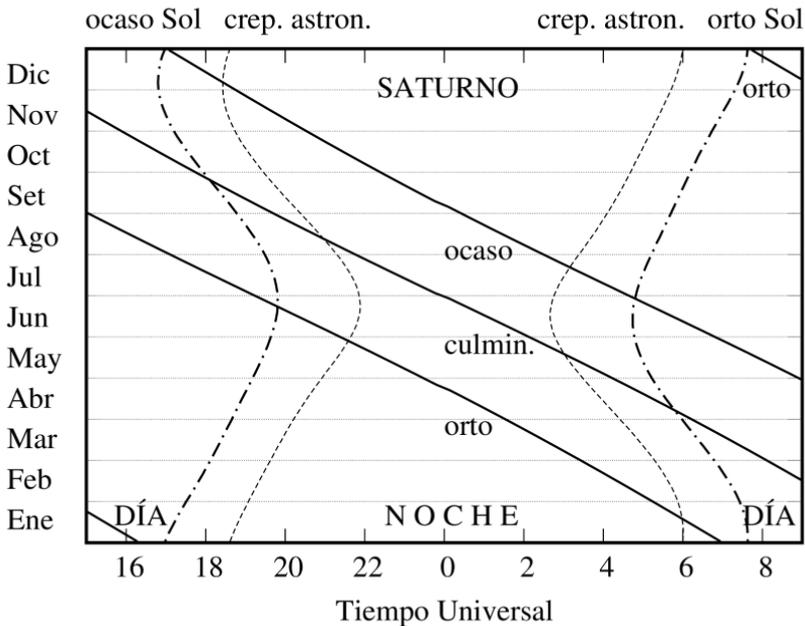
Mes	día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			Distancia ua
		Orto h m	Culm. h m	Ocaso h m	Asc. recta h m s	Declinación ° ' "		
Ene.	1	6 57	11 37	16 17	18 6 1	-22 31 51	11,0343	
	11	6 22	11 2	15 42	18 11 2	-22 31 17	10,9947	
	21	5 48	10 28	15 8	18 15 53	-22 30 5	10,9300	
Feb.	31	5 13	9 53	14 33	18 20 28	-22 28 19	10,8419	
	10	4 38	9 18	13 58	18 24 44	-22 26 8	10,7326	
	20	4 2	8 43	13 23	18 28 35	-22 23 44	10,6045	
Mar.	2	3 26	8 7	12 47	18 31 57	-22 21 16	10,4610	
	12	2 49	7 30	12 11	18 34 46	-22 18 55	10,3056	
Abr.	22	2 12	6 53	11 34	18 36 58	-22 16 54	10,1424	
	1	1 34	6 15	10 56	18 38 31	-22 15 21	9,9758	
	11	0 55	5 37	10 18	18 39 22	-22 14 25	9,8103	
May.	21	0 16	4 57	9 39	18 39 31	-22 14 10	9,6506	
	1	23 32	4 18	8 59	18 38 58	-22 14 38	9,5016	
	11	22 52	3 37	8 18	18 37 45	-22 15 47	9,3675	
Jun.	21	22 11	2 56	7 37	18 35 55	-22 17 33	9,2527	
	31	21 29	2 14	6 55	18 33 33	-22 19 48	9,1610	
	10	20 47	1 32	6 13	18 30 47	-22 22 23	9,0952	
Jul.	20	20 5	0 50	5 30	18 27 44	-22 25 8	9,0576	
	30	19 23	0 7	4 47	18 24 34	-22 27 54	9,0496	
	10	18 41	23 21	4 5	18 21 26	-22 30 36	9,0712	
Ago.	20	17 59	22 38	3 22	18 18 29	-22 33 7	9,1218	
	30	17 17	21 56	2 40	18 15 53	-22 35 25	9,1995	
	9	16 36	21 15	1 59	18 13 45	-22 37 31	9,3017	
Set.	19	15 55	20 34	1 18	18 12 11	-22 39 25	9,4252	
	29	15 15	19 54	0 37	18 11 16	-22 41 8	9,5658	
	8	14 35	19 15	23 54	18 11 1	-22 42 40	9,7193	
Oct.	18	13 57	18 36	23 15	18 11 29	-22 44 0	9,8813	
	28	13 19	17 58	22 37	18 12 39	-22 45 6	10,0468	
	8	12 41	17 20	21 59	18 14 30	-22 45 52	10,2115	
Nov.	18	12 4	16 43	21 22	18 16 59	-22 46 15	10,3710	
	28	11 28	16 7	20 46	18 20 2	-22 46 8	10,5209	
	7	10 52	15 31	20 11	18 23 37	-22 45 26	10,6575	
Dic.	17	10 17	14 56	19 35	18 27 39	-22 44 2	10,7774	
	27	9 42	14 21	19 1	18 32 4	-22 41 53	10,8776	
	7	9 7	13 47	18 26	18 36 46	-22 38 56	10,9558	
Dic.	17	8 32	13 12	17 52	18 41 42	-22 35 9	11,0099	
	27	7 58	12 38	17 18	18 46 45	-22 30 35	11,0386	

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 2018**

Fecha	$\tau$ min	$D_{ecu}$ "	V	BS	a.fase °	def.ilu. "	$L_P$ °	$B_P$ °	$P_{PN}$ °
Ene 1	91,77	15,06	0,5	6,9	0,9	0,00	69,3	31,5	5,5
Ene 21	90,90	15,21	0,5	7,0	2,6	0,01	83,1	31,3	5,7
Feb 10	89,26	15,48	0,6	7,0	4,0	0,02	97,7	31,0	5,8
Mar 2	87,00	15,89	0,6	7,1	5,1	0,03	113,0	30,7	5,9
Mar 22	84,35	16,39	0,5	7,1	5,6	0,04	129,1	30,5	6,0
Abr 11	81,59	16,94	0,5	7,1	5,6	0,04	145,9	30,3	6,0
May 1	79,02	17,49	0,4	7,1	4,9	0,03	163,3	30,4	6,0
May 21	76,95	17,96	0,2	7,0	3,6	0,02	181,2	30,5	6,0
Jun 10	75,64	18,27	0,1	6,9	1,8	0,00	199,1	30,7	5,9
Jun 30	75,26	18,36	0,0	6,9	0,3	0,00	216,8	31,0	5,8
Jul 20	75,86	18,22	0,1	7,0	2,3	0,01	233,8	31,2	5,7
Ago 9	77,36	17,87	0,2	7,0	4,0	0,02	250,1	31,4	5,6
Ago 29	79,56	17,37	0,4	7,1	5,1	0,03	265,4	31,6	5,6
Set 18	82,18	16,82	0,4	7,1	5,7	0,04	279,7	31,6	5,6
Oct 8	84,93	16,28	0,5	7,1	5,6	0,04	293,3	31,6	5,6
Oct 28	87,50	15,80	0,6	7,1	4,9	0,03	306,3	31,4	5,7
Nov 17	89,63	15,42	0,6	7,0	3,8	0,02	319,0	31,2	5,9
Dic 7	91,12	15,17	0,5	7,0	2,3	0,01	331,7	30,9	6,0
Dic 27	91,81	15,06	0,5	6,9	0,6	0,00	344,7	30,4	6,1



## URANO 2018

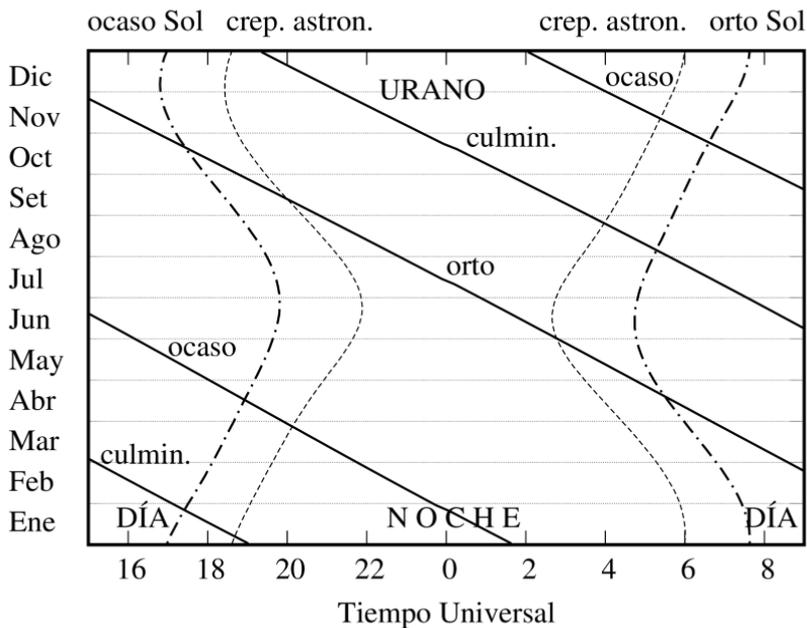
Mes	día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			Distancia ua
		Orto h m	Culm. h m	Ocaso h m	Asc. recta h m s	Declinación ° ' "		
Ene.	1	12 28	19 1	1 38	1 31 52	+ 8 59 19	19,6410	
	11	11 49	18 22	0 59	1 31 58	+ 9 0 17	19,8106	
	21	11 10	17 43	0 20	1 32 24	+ 9 3 10	19,9823	
Feb.	31	10 31	17 4	23 38	1 33 9	+ 9 7 53	20,1507	
	10	9 52	16 26	23 0	1 34 12	+ 9 14 18	20,3110	
	20	9 14	15 48	22 23	1 35 31	+ 9 22 15	20,4587	
Mar.	2	8 36	15 11	21 45	1 37 5	+ 9 31 33	20,5894	
	12	7 57	14 33	21 9	1 38 51	+ 9 41 57	20,7000	
	22	7 19	13 56	20 32	1 40 47	+ 9 53 12	20,7876	
Abr.	1	6 41	13 18	19 55	1 42 50	+10 5 4	20,8500	
	11	6 4	12 41	19 19	1 44 58	+10 17 16	20,8860	
	21	5 26	12 4	18 42	1 47 9	+10 29 34	20,8947	
May.	1	4 48	11 27	18 6	1 49 19	+10 41 42	20,8762	
	11	4 10	10 50	17 29	1 51 26	+10 53 28	20,8312	
	21	3 32	10 12	16 53	1 53 28	+11 4 36	20,7608	
Jun.	31	2 54	9 35	16 16	1 55 22	+11 14 55	20,6670	
	10	2 16	8 57	15 39	1 57 5	+11 24 14	20,5521	
	20	1 37	8 19	15 2	1 58 37	+11 32 22	20,4190	
Jul.	30	0 59	7 41	14 24	1 59 54	+11 39 8	20,2711	
	10	0 20	7 3	13 46	2 0 56	+11 44 27	20,1123	
	20	23 38	6 24	13 8	2 1 40	+11 48 12	19,9464	
Ago.	30	22 59	5 46	12 29	2 2 6	+11 50 18	19,7781	
	9	22 19	5 6	11 50	2 2 13	+11 50 43	19,6119	
	19	21 40	4 27	11 10	2 2 1	+11 49 27	19,4525	
Set.	29	21 0	3 47	10 30	2 1 31	+11 46 35	19,3046	
	8	20 20	3 7	9 50	2 0 44	+11 42 12	19,1726	
	18	19 40	2 27	9 9	1 59 42	+11 36 28	19,0608	
Oct.	28	19 0	1 46	8 28	1 58 27	+11 29 35	18,9729	
	8	18 20	1 5	7 47	1 57 2	+11 21 51	18,9118	
	18	17 40	0 24	7 5	1 55 30	+11 13 33	18,8799	
Nov.	28	16 59	23 39	6 24	1 53 56	+11 5 3	18,8783	
	7	16 19	22 59	5 43	1 52 24	+10 56 43	18,9075	
	17	15 39	22 18	5 1	1 50 58	+10 48 55	18,9665	
Dic.	27	14 58	21 37	4 20	1 49 40	+10 42 1	19,0536	
	7	14 18	20 57	3 40	1 48 36	+10 36 19	19,1658	
	17	13 38	20 17	2 59	1 47 47	+10 32 5	19,2996	
	27	12 59	19 37	2 19	1 47 16	+10 29 31	19,4503	

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 2018**

Fecha	$\tau$ <i>min</i>	$D_{ecu}$ "	V	a.fase °	$L_P$ °	$B_P$ °	$P_{PN}$ °
Ene 1	163,35	3,59	5,8	2,7	76,7	37,7	257,7
Ene 21	166,19	3,53	5,8	2,8	19,0	37,8	257,7
Feb 10	168,92	3,47	5,8	2,6	321,4	38,3	257,9
Mar 2	171,24	3,42	5,9	2,0	263,9	39,0	258,1
Mar 22	172,89	3,39	5,9	1,2	206,8	40,0	258,4
Abr 11	173,70	3,37	5,9	0,4	149,9	41,1	258,7
May 1	173,62	3,38	5,9	0,6	93,4	42,2	259,1
May 21	172,66	3,39	5,9	1,4	37,2	43,3	259,4
Jun 10	170,93	3,43	5,9	2,2	341,2	44,3	259,8
Jun 30	168,59	3,48	5,8	2,7	285,4	45,0	260,0
Jul 20	165,89	3,53	5,8	2,9	229,7	45,4	260,2
Ago 9	163,11	3,59	5,8	2,8	173,8	45,6	260,2
Ago 29	160,55	3,65	5,7	2,4	117,9	45,4	260,2
Set 18	158,52	3,70	5,7	1,7	61,7	44,9	260,0
Oct 8	157,28	3,73	5,7	0,8	5,1	44,2	259,7
Oct 28	157,01	3,73	5,7	0,2	308,2	43,4	259,4
Nov 17	157,74	3,72	5,7	1,2	251,0	42,7	259,2
Dic 7	159,40	3,68	5,7	2,0	193,5	42,0	259,0
Dic 27	161,76	3,62	5,8	2,6	135,8	41,7	258,9



## NEPTUNO 2018

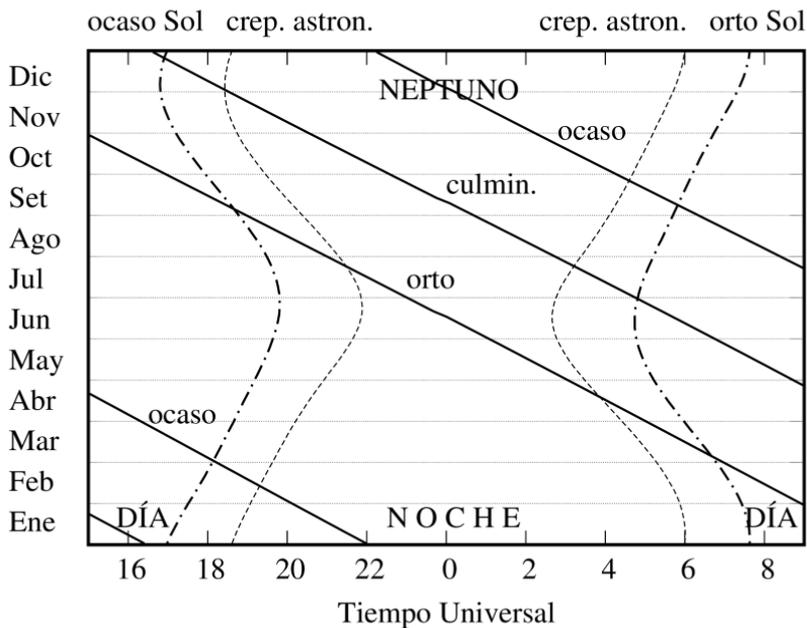
Mes	día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			Distancia ua
		Orto h m	Culm. h m	Ocaso h m	Asc. recta h m s	Declinación ° ' "		
Ene.	1	10 50	16 24	21 59	22 54 38	- 7 56 21	30,4030	
	11	10 11	15 46	21 21	22 55 32	- 7 50 42	30,5475	
	21	9 32	15 8	20 43	22 56 35	- 7 44 5	30,6737	
Feb.	31	8 54	14 30	20 6	22 57 46	- 7 36 41	30,7778	
	10	8 15	13 52	19 28	22 59 3	- 7 28 41	30,8571	
Mar.	20	7 37	13 14	18 51	23 0 25	- 7 20 15	30,9095	
	2	6 58	12 36	18 13	23 1 49	- 7 11 35	30,9335	
Abr.	12	6 20	11 58	17 36	23 3 14	- 7 2 55	30,9290	
	22	5 41	11 20	16 58	23 4 38	- 6 54 25	30,8960	
May.	1	5 3	10 42	16 21	23 5 58	- 6 46 17	30,8357	
	11	4 24	10 4	15 43	23 7 13	- 6 38 43	30,7501	
	21	3 46	9 26	15 5	23 8 22	- 6 31 52	30,6415	
Jun.	1	3 7	8 47	14 27	23 9 22	- 6 25 54	30,5131	
	11	2 28	8 9	13 49	23 10 13	- 6 20 56	30,3684	
	21	1 50	7 30	13 11	23 10 54	- 6 17 5	30,2114	
Jul.	31	1 11	6 51	12 32	23 11 23	- 6 14 26	30,0466	
	10	0 31	6 12	11 53	23 11 41	- 6 13 2	29,8784	
	20	23 48	5 33	11 14	23 11 47	- 6 12 54	29,7114	
Ago.	30	23 9	4 54	10 34	23 11 40	- 6 14 2	29,5505	
	10	22 29	4 14	9 55	23 11 22	- 6 16 21	29,4001	
	20	21 50	3 34	9 15	23 10 53	- 6 19 48	29,2646	
Sep.	30	21 10	2 54	8 34	23 10 14	- 6 24 13	29,1482	
	9	20 30	2 14	7 54	23 9 27	- 6 29 28	29,0542	
	19	19 50	1 34	7 13	23 8 33	- 6 35 21	28,9856	
Oct.	29	19 10	0 54	6 33	23 7 35	- 6 41 38	28,9448	
	8	18 31	0 13	5 52	23 6 34	- 6 48 6	28,9330	
	18	17 51	23 29	5 11	23 5 33	- 6 54 31	28,9510	
Nov.	28	17 11	22 49	4 31	23 4 35	- 7 0 36	28,9983	
	8	16 31	22 8	3 50	23 3 41	- 7 6 9	29,0737	
	18	15 51	21 28	3 10	23 2 53	- 7 10 56	29,1751	
Dic.	28	15 11	20 48	2 30	23 2 15	- 7 14 45	29,2993	
	7	14 32	20 9	1 50	23 1 46	- 7 17 28	29,4426	
	17	13 52	19 29	1 10	23 1 30	- 7 18 57	29,6008	
Ene.	27	13 13	18 50	0 31	23 1 25	- 7 19 8	29,7687	
	7	12 33	18 10	23 48	23 1 34	- 7 18 0	29,9414	
	17	11 54	17 32	23 9	23 1 55	- 7 15 31	30,1136	
	27	11 15	16 53	22 30	23 2 29	- 7 11 47	30,2799	

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:

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

NEPTUNO 2018

Fecha	$\tau$ <i>min</i>	$D_{ecu}$ "	V	a.fase °	$L_P$ °	$B_P$ °	$P_{PN}$ °
Ene 1	252,85	2,25	7,9	1,7	168,8	-26,0	325,8
Ene 21	255,11	2,23	7,9	1,2	93,7	-25,9	325,5
Feb 10	256,63	2,21	8,0	0,7	18,7	-25,8	325,1
Mar 2	257,27	2,21	8,0	0,1	303,9	-25,6	324,7
Mar 22	256,95	2,21	8,0	0,5	229,5	-25,4	324,3
Abr 11	255,74	2,22	8,0	1,1	155,4	-25,2	323,9
May 1	253,77	2,24	7,9	1,6	81,8	-25,1	323,6
May 21	251,26	2,26	7,9	1,9	8,6	-25,0	323,3
Jun 10	248,49	2,29	7,9	1,9	295,6	-24,9	323,2
Jun 30	245,76	2,31	7,9	1,8	222,9	-24,9	323,2
Jul 20	243,39	2,33	7,8	1,5	150,3	-25,0	323,4
Ago 9	241,64	2,35	7,8	1,0	77,6	-25,0	323,6
Ago 29	240,73	2,36	7,8	0,3	4,8	-25,2	323,8
Set 18	240,78	2,36	7,8	0,3	291,6	-25,3	324,1
Oct 8	241,80	2,35	7,8	1,0	218,0	-25,4	324,4
Oct 28	243,67	2,33	7,8	1,5	144,0	-25,5	324,6
Nov 17	246,18	2,31	7,9	1,8	69,5	-25,5	324,8
Dic 7	249,02	2,28	7,9	1,9	354,7	-25,5	324,7
Dic 27	251,83	2,26	7,9	1,8	279,6	-25,5	324,6



## 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:

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

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	155°28 + 4°09234 $d$	77°485
Venus	274°39 + 1°60213 $d$	131°458
Tierra+Luna	99°86 + 0°98561 $d$	102°972
Marte	200°44 + 0°52403 $d$	336°167
Júpiter	220°64 + 0°08309 $d$	14°168
Saturno	269°86 + 0°03354 $d$	93°608 - 0°00214 $d$
Urano	30°28 + 0°01155 $d$	173°593
Neptuno	343°96 + 0°00590 $d$	40°365 - 0°02852 $d$

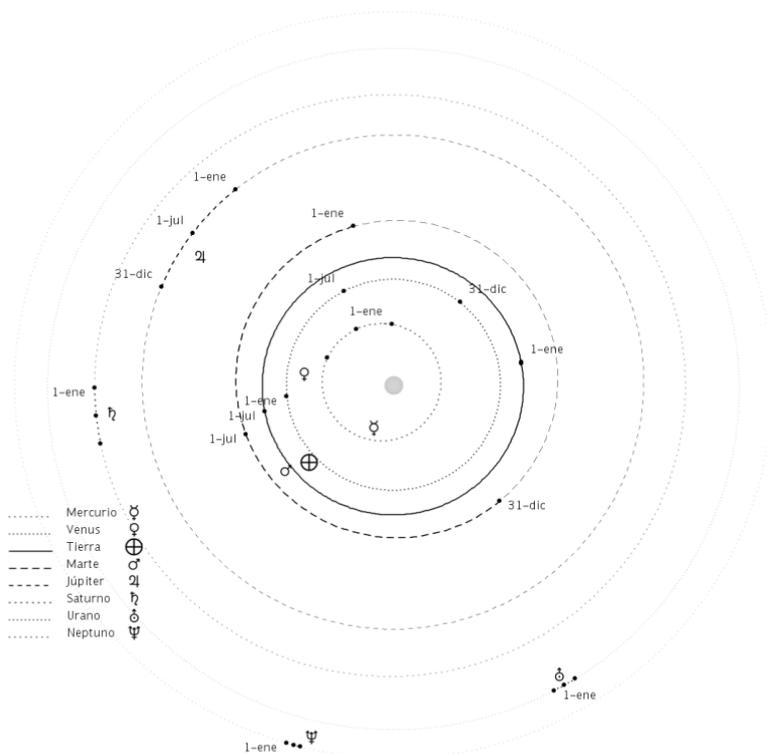
donde  $d$  es el día del año.

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

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

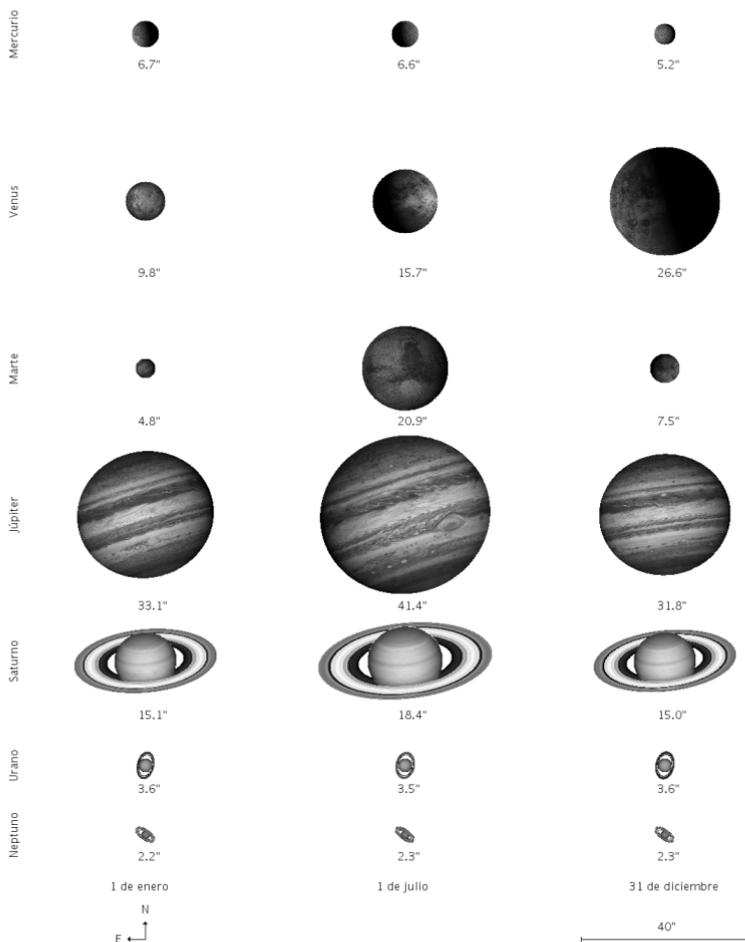
## Posición heliocéntrica de los planetas

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



## Orientaciones y tamaños de los planetas

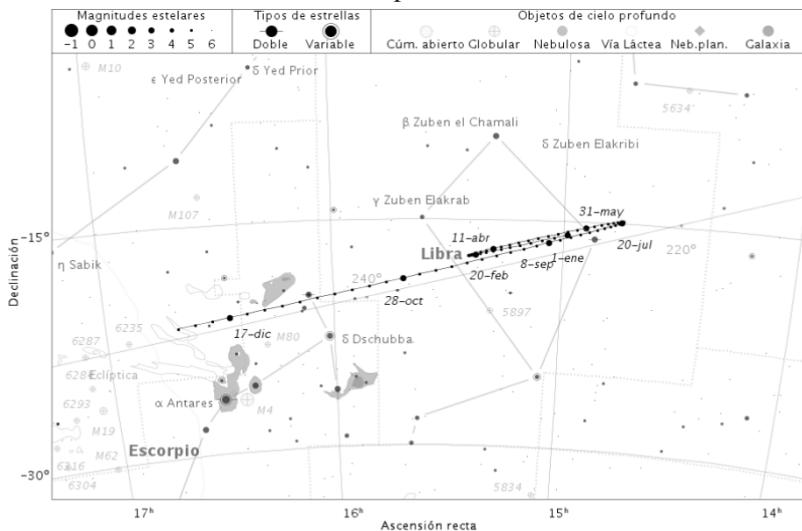
Aspecto aparente de los planetas los días 1 de enero, 1 de julio y 31 de diciembre, a las cero horas de Tiempo Universal. Las figuras están dibujadas a escala y orientadas con el Norte hacia arriba y el Este a la izquierda. Los valores que aparecen debajo de cada figura corresponden a los diámetros ecuatoriales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



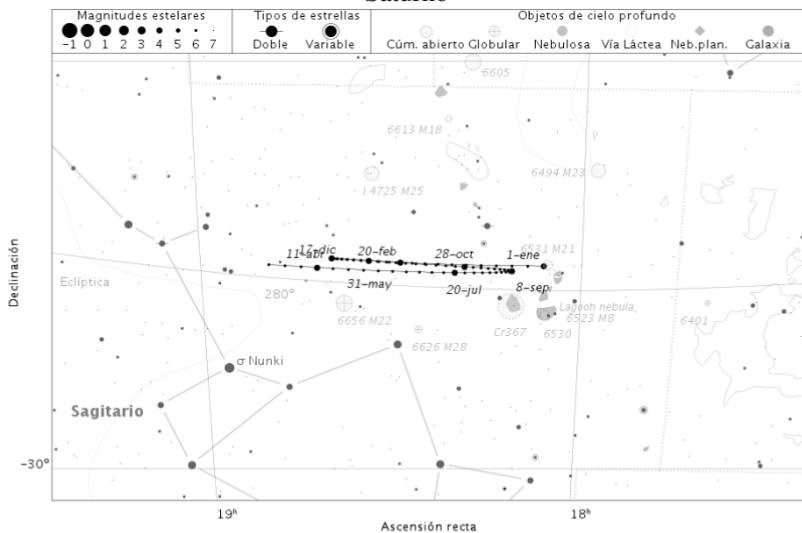
## Trayectorias de los planetas a lo largo del año

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

### Júpiter

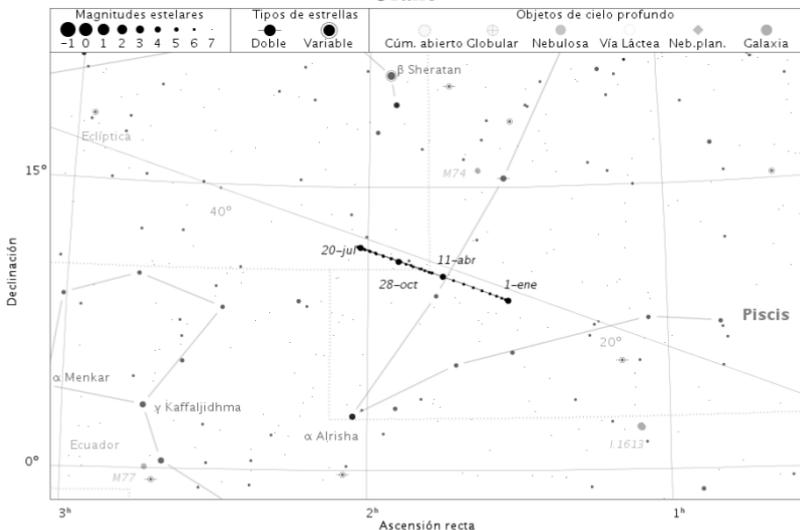


### Saturno

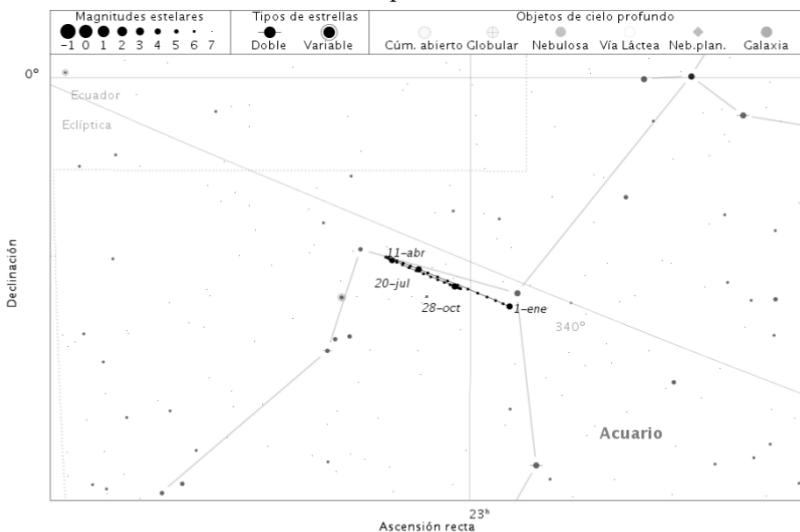


En el caso de Urano y Neptuno la separación en los puntos de la trayectoria es de 10 días con fechas cada 100 días.

### 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	Fárbaumi	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"

**Periodos y descubrimiento**

planeta	satélite	periodo orbital (d)	periodo de rotación (d)	descubrimiento
Tierra:	Luna	27,321661	sincr.	
Marte:				
I	Fobos	0,318910	sincr.	1877 A.Hall
II	Deimos	1,262441	sincr.	1877 A.Hall
Júpiter:				
I	Io	1,769138	sincr.	1610 Galileo
II	Europa	3,551181	sincr.	1610 Galileo
III	Ganimedes	7,154523	sincr.	1610 Galileo
IV	Calisto	16,689018	sincr.	1610 Galileo
V	Amaltea	0,498179	sincr.	1892 E.Barnard
VI	Himalia	250,5662	0,4	1904 C.Perrine
VII	Elara	259,6528	0,5	1905 C.Perrine
VIII	Pasífae	R 744		1908 P.Melotte
IX	Sinope	R 759		1914 S.Nicholson
X	Lisitea	259		1938 S.Nicholson
XI	Carme	R 734		1938 S.Nicholson
XII	Ananké	R 630		1951 S.Nicholson
XIII	Leda	241		1974 C.Kowal
XIV	Tebe	0,6745	sincr.	1979 Voyager 1
XV	Adrastea	0,29826		1979 Voyager 1
XVI	Metis	0,294780		1979 Voyager 1
XVII	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

## Periodos y descubrimiento

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

<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	Julietta	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	$27 \times 22 \times 18$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	1,872	11,4	0,07
II	Deimos	$15 \times 12 \times 10$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	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	$\sim 170$	0,067	2,6	14,2 R	0,04
VII	Elara	$\sim 86$	0,009	2,6	16,0 R	0,04
VIII	Pasífae	$\sim 60$	0,003	2,6	16,8 R	0,04
IX	Sinope	$\sim 38$	0,001	2,6	18,2 R	0,04
X	Lisitea	$\sim 36$	0,001	2,6	18,1 R	0,04
XI	Carme	$\sim 46$	0,001	2,6	18,1 R	0,04
XII	Ananké	$\sim 28$	$3 \cdot 10^{-4}$	2,6	19,1 R	0,04
XIII	Leda	$\sim 20$	$10^{-4}$	2,6	19,2 R	0,04
XIV	Tebe	99	0,015	3,0	16,0	0,05
XV	Adrastea	$25 \times 20 \times 15$	$7 \cdot 10^{-5}$	3,0	18,7	$\sim 0,1$
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

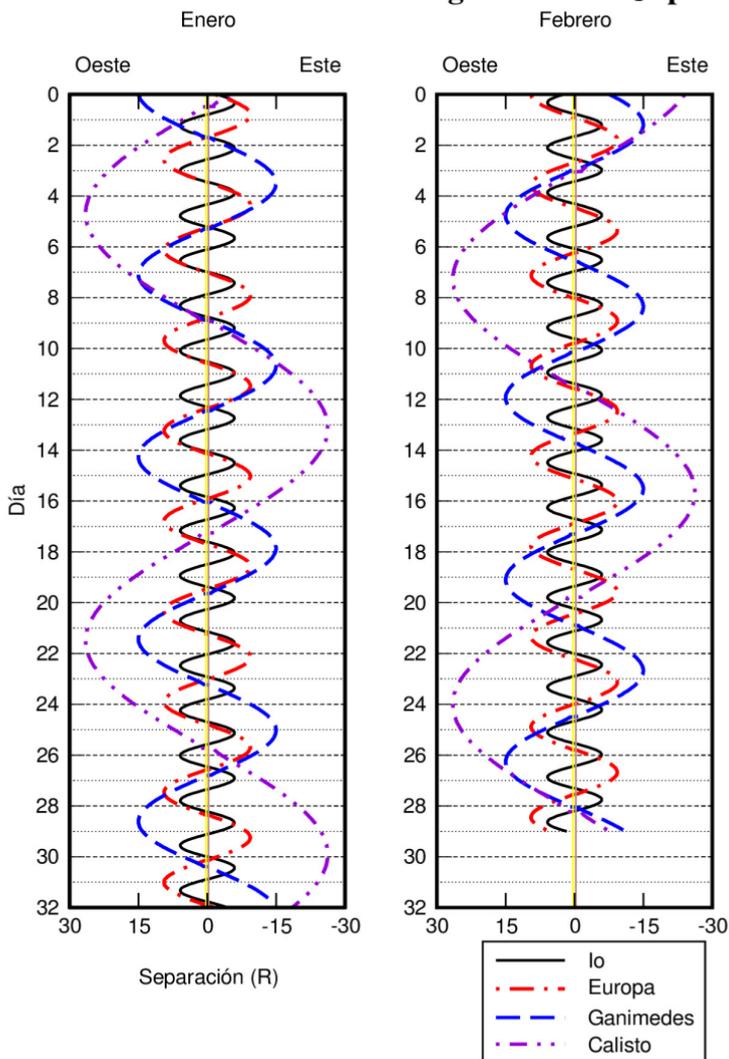
## Datos físicos y fotométricos

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

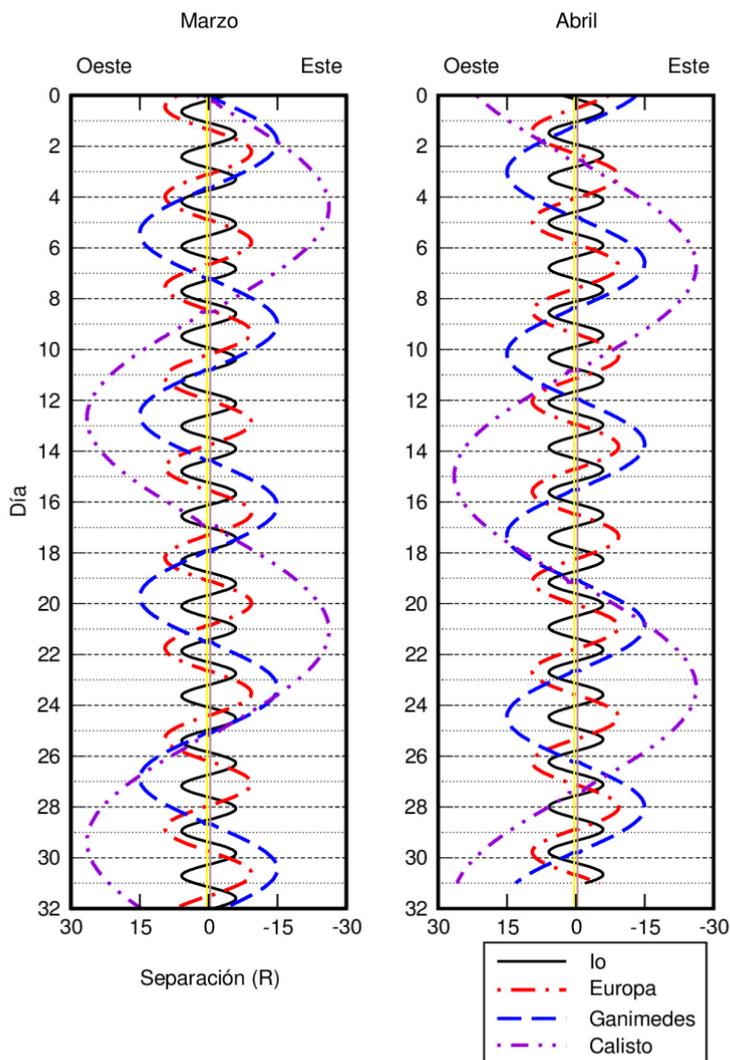
### Posiciones relativas de los satélites galileanos de Júpiter

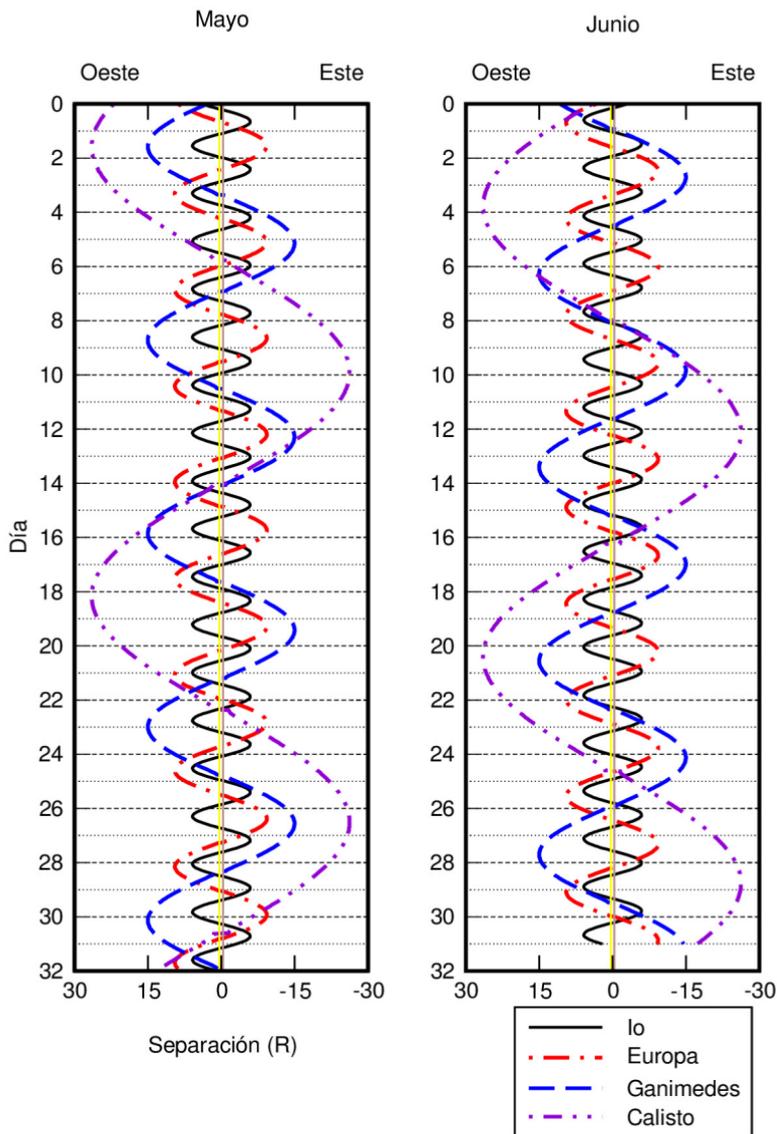


De mayor a menor amplitud, las posiciones dibujadas corresponden a Calisto, Ganimedes, Europa e Io.

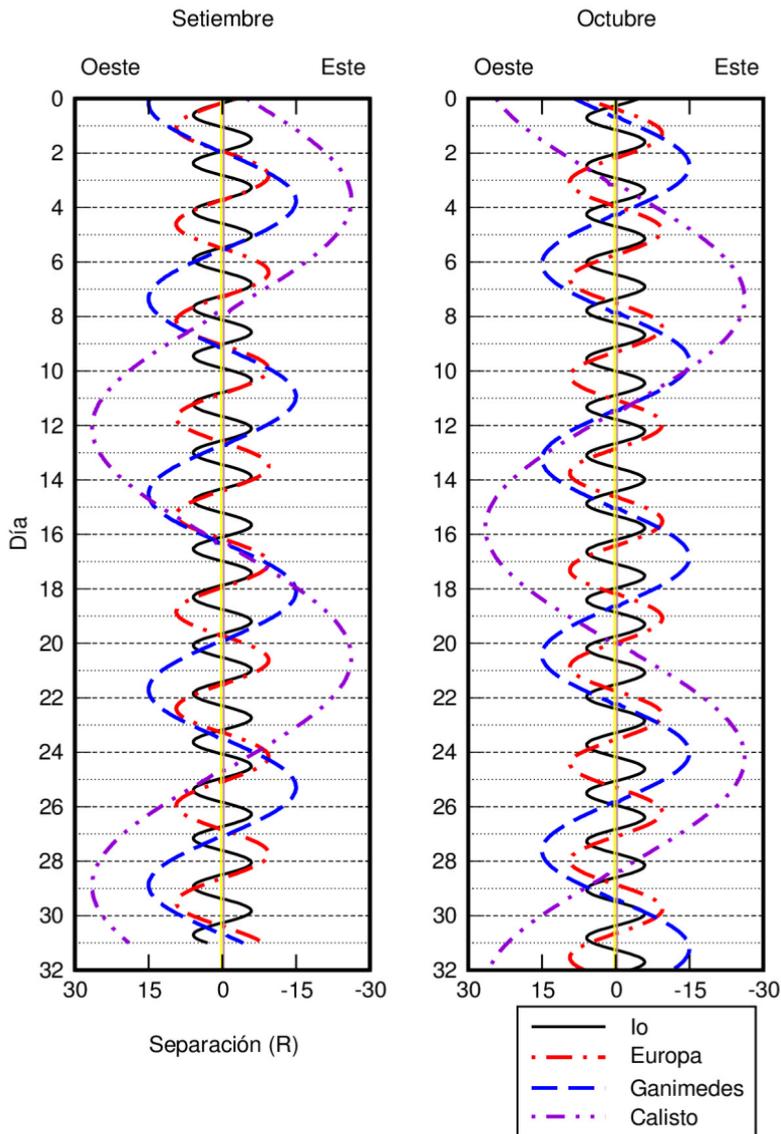
Obsérvese que Oeste y Este están colocados como se ven en un telescopio y al revés de como se ven con unos prismáticos.

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









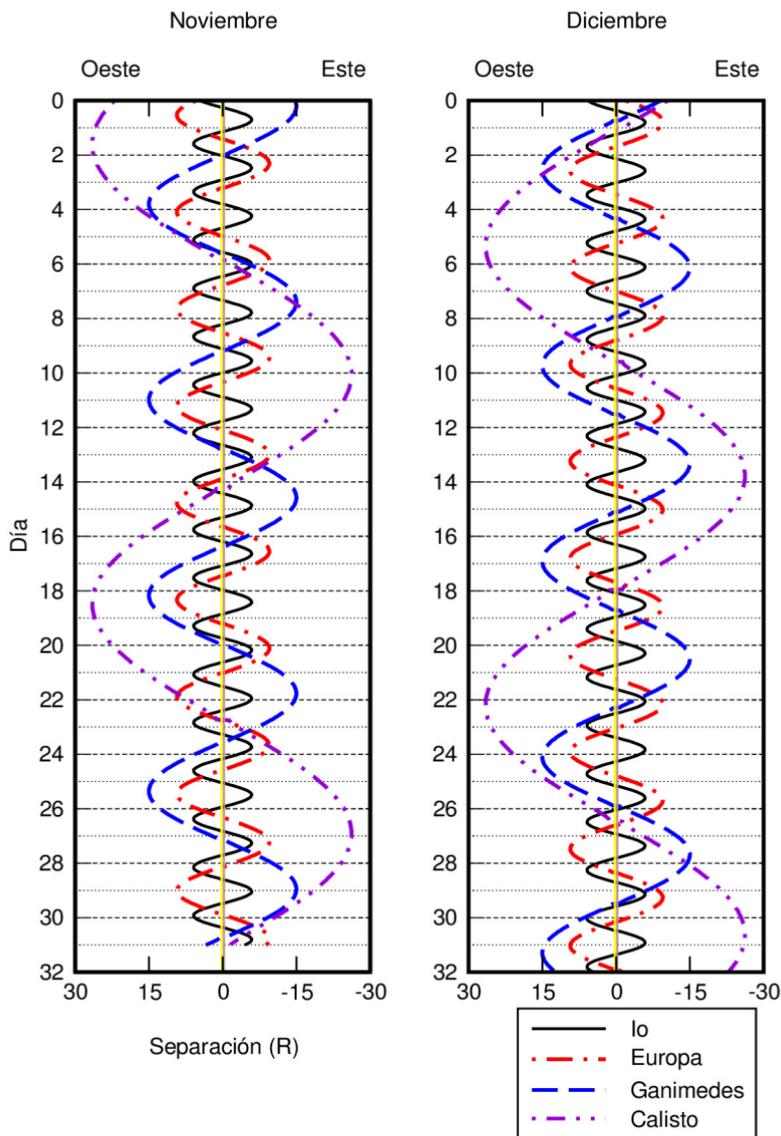


Tabla de equivalencias para distancias en el sistema solar

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 2017:

Planetas enanos:	5
Satélites de los planetas enanos:	9
Asteroides descubiertos:	~730 000
Asteroides numerados:	~496 000
Asteroides nombrados:	~21 000
Ritmo anual de descubrimiento de asteroides:	~20 000
Asteroides potencialmente peligrosos:	1 822
Objetos Atenas ( $Q > 0,983$ ua, $a < 1$ ua):	1 214
Objetos Apolo ( $q < 1,017$ ua, $a > 1$ ua):	8 140
Objetos Amor ( $1,017 < q < 1,3$ ua):	6 950
Objetos Centauro (entre Júpiter y Neptuno):	410
Objetos transneptunianos:	1 816
Cometas con denominación IAU:	~ 3950
Cometas de corto periodo numerados:	355
Ritmo de descubrimiento de cometas:	~ 40 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
Haumea	28°225	122°104	239°360	361°464
Makemake	28°998	79°597	298°410	378°007
Eris	44°179	35°874	151°506	187°380

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

### Distancias orbitales (J2000.0)

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

**Traslación (J2000.0)**

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

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

**Datos fotométricos**

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

La constante solar de la Tierra es:  $1370 \text{ W m}^{-2} = 1,96 \text{ cal min}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ .

**Tamaño**

Planeta	radio ecuat. en $\mathcal{R}_{\oplus}$	tamaño elipsoide en km	achata- miento, $f$	tamaño del angular a 1 ua	volumen Tierra=1 ( $\approx 10^{12} \text{ km}^3$ )
Ceres	0,076	$965 \times 961 \times 891$	0,075	1"3	0,0004
Plutón	0,186	2377	$< 0,006$	3"3	0,0064
Haumea	$\sim 0,157$	$1920 \times 1540 \times 990$	$\sim 0,4$	$\sim 2"7$	$\sim 0,002$
Makemake	$\sim 0,118$	$1434 \times 1434 \times 1422$	0,008	$\sim 2"1$	$\sim 0,002$
Eris	0,185	2326	$\sim 0$	3"3	0,0064

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

**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
Haumea	$\sim 0,0007$	2,6	$\sim 0,3$	$\sim 27$
Makemake	$\sim 0,0007$	$\sim 2$	$\sim 0,5$	$\sim 27$
Eris	0,00277	2,4	0,79	110

---

**Descubrimiento de los planetas enanos**


---

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

---



---

**Satélites de los planetas enanos**


---

planeta satélite	dimensiones (km)	mag.	periodo orbital (d)	descubrimiento
Plutón:				
I Caronte	1208	16,8	6,387	1978 Christy
II Nix	50×35×33	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
Haumea:				
I Hi'iaka	~310	20,6	49,46	2005 Brown y AOT
II Namaka	~170	21,9	18,28	2005 Brown y AOT
Makemake:				
I S/2015 (126472) 1	~175	23,8	> 12	2016 Parker et al
Eris:				
I Disnomia	300–400	23,1	~14	2005 Brown y AOT

---

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

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

## Eferídes

Coordenadas astrométricas, incluyendo perturbaciones planetarias.

**CERES 2018**  
(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	09 32 59,3	+26 05 54	1,736	2,581	14	7,4
Ene 11	09 28 31,2	+27 26 35	1,666	2,577	10	7,2
Ene 21	09 21 26,3	+28 49 42	1,621	2,574	7	7,0
Ene 31	09 12 32,9	+30 06 05	1,602	2,571	5	6,8
Feb 10	09 03 00,8	+31 07 17	1,611	2,568	7	7,0
Feb 20	08 54 09,5	+31 47 37	1,647	2,566	10	7,2
Mar 2	08 47 12,6	+32 05 17	1,707	2,564	14	7,4
Mar 12	08 42 57,1	+32 02 00	1,787	2,562	17	7,6
Mar 22	08 41 44,7	+31 40 55	1,884	2,560	19	7,8
Abr 1	08 43 35,3	+31 05 29	1,992	2,559	21	8,0
Abr 11	08 48 11,9	+30 18 36	2,108	2,559	22	8,1
Abr 21	08 55 13,5	+29 22 15	2,229	2,558	23	8,3
May 1	09 04 16,4	+28 17 49	2,353	2,558	23	8,4
May 11	09 14 57,2	+27 06 13	2,477	2,558	23	8,5
May 21	09 26 57,1	+25 48 01	2,599	2,559	23	8,6
May 31	09 39 58,9	+24 23 43	2,718	2,560	22	8,7
Jun 10	09 53 48,2	+22 53 47	2,833	2,561	21	8,7
Jun 20	10 08 14,8	+21 18 35	2,942	2,563	20	8,8
Jun 30	10 23 09,2	+19 38 40	3,045	2,565	18	8,8
Jul 10	10 38 24,4	+17 54 33	3,141	2,567	17	8,8
Jul 20	10 53 56,0	+16 06 47	3,229	2,570	15	8,8
Jul 30	11 09 39,4	+14 16 01	3,308	2,572	14	8,8
Ago 9	11 25 32,0	+12 22 54	3,379	2,576	12	8,8
Ago 19	11 41 32,3	+10 28 06	3,441	2,579	10	8,8
Ago 29	11 57 38,1	+08 32 24	3,492	2,583	8	8,7
Set 8	12 13 49,1	+06 36 30	3,533	2,587	7	8,7
Set 18	12 30 04,8	+04 41 08	3,563	2,591	5	8,6
Set 28	12 46 23,9	+02 47 09	3,582	2,596	3	8,5
Oct 8	13 02 46,4	+00 55 17	3,590	2,601	3	8,5
Oct 18	13 19 11,5	+00 53 42	3,586	2,606	3	8,5
Oct 28	13 35 37,6	-02 38 58	3,570	2,612	5	8,6
Nov 7	13 52 03,8	-04 19 49	3,542	2,617	7	8,7
Nov 17	14 08 27,6	-05 55 32	3,502	2,623	9	8,8
Nov 27	14 24 45,9	-07 25 23	3,451	2,629	10	8,8
Dic 7	14 40 55,6	-08 48 52	3,388	2,636	12	8,9
Dic 17	14 56 51,5	-10 05 25	3,313	2,642	14	8,9
Dic 27	15 12 27,8	-11 14 39	3,228	2,649	16	8,9

**PLUTON 2018**  
(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> )	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Ene 1	19 20 02,1	-21 42 23	34,448	33,476	0	14,3
Ene 11	19 21 29,5	-21 40 30	34,465	33,482	0	14,3
Ene 21	19 22 56,6	-21 38 34	34,452	33,488	0	14,3
Ene 31	19 24 21,2	-21 36 39	34,411	33,495	1	14,3
Feb 10	19 25 41,3	-21 34 49	34,343	33,501	1	14,3
Feb 20	19 26 55,0	-21 33 08	34,249	33,508	1	14,3
Mar 2	19 28 00,7	-21 31 42	34,133	33,514	1	14,3
Mar 12	19 28 56,9	-21 30 35	33,999	33,521	1	14,3
Mar 22	19 29 42,3	-21 29 49	33,850	33,527	2	14,3
Abr 1	19 30 15,9	-21 29 28	33,692	33,533	2	14,3
Abr 11	19 30 37,3	-21 29 33	33,528	33,540	2	14,3
Abr 21	19 30 45,9	-21 30 06	33,365	33,546	2	14,3
May 1	19 30 41,9	-21 31 07	33,206	33,553	2	14,3
May 11	19 30 25,8	-21 32 36	33,057	33,559	1	14,3
May 21	19 29 58,3	-21 34 29	32,922	33,566	1	14,3
May 31	19 29 20,6	-21 36 45	32,805	33,572	1	14,3
Jun 10	19 28 34,1	-21 39 20	32,710	33,579	1	14,2
Jun 20	19 27 40,6	-21 42 09	32,640	33,585	1	14,2
Jun 30	19 26 42,1	-21 45 08	32,597	33,592	0	14,2
Jul 10	19 25 40,8	-21 48 13	32,582	33,598	0	14,2
Jul 20	19 24 38,9	-21 51 18	32,597	33,605	0	14,2
Jul 30	19 23 38,7	-21 54 18	32,640	33,611	1	14,2
Ago 9	19 22 42,5	-21 57 09	32,711	33,617	1	14,2
Ago 19	19 21 52,4	-21 59 47	32,808	33,624	1	14,3
Ago 29	19 21 10,4	-22 02 08	32,929	33,630	1	14,3
Set 8	19 20 37,9	-22 04 10	33,069	33,637	1	14,3
Set 18	19 20 16,5	-22 05 49	33,226	33,644	2	14,3
Set 28	19 20 07,1	-22 07 06	33,395	33,650	2	14,3
Oct 8	19 20 10,2	-22 07 57	33,570	33,656	2	14,3
Oct 18	19 20 26,2	-22 08 24	33,748	33,663	2	14,3
Oct 28	19 20 54,9	-22 08 25	33,923	33,669	2	14,4
Nov 7	19 21 35,6	-22 08 02	34,090	33,676	2	14,4
Nov 17	19 22 27,6	-22 07 16	34,244	33,682	1	14,4
Nov 27	19 23 29,7	-22 06 08	34,381	33,689	1	14,4
Dic 7	19 24 40,5	-22 04 42	34,498	33,695	1	14,4
Dic 17	19 25 58,2	-22 02 58	34,590	33,702	1	14,4
Dic 27	19 27 20,9	-22 01 02	34,656	33,708	0	14,4

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

**HAUMEA 2018**  
(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 15 02,1	+16 07 39	50,741	50,523	1	17,4
Ene 11	14 15 24,5	+16 11 27	50,588	50,521	1	17,4
Ene 21	14 15 39,3	+16 16 07	50,432	50,519	1	17,4
Ene 31	14 15 45,9	+16 21 31	50,278	50,517	1	17,4
Feb 10	14 15 44,5	+16 27 28	50,132	50,515	1	17,4
Feb 20	14 15 35,0	+16 33 45	49,998	50,513	1	17,4
Mar 2	14 15 18,1	+16 40 10	49,879	50,511	1	17,4
Mar 12	14 14 54,4	+16 46 30	49,779	50,508	1	17,3
Mar 22	14 14 24,8	+16 52 32	49,702	50,506	1	17,3
Abr 1	14 13 50,4	+16 58 03	49,649	50,504	1	17,3
Abr 11	14 13 12,6	+17 02 53	49,621	50,502	1	17,3
Abr 21	14 12 32,6	+17 06 52	49,620	50,500	1	17,3
May 1	14 11 52,0	+17 09 51	49,645	50,498	1	17,3
May 11	14 11 12,1	+17 11 46	49,695	50,496	1	17,3
May 21	14 10 34,4	+17 12 33	49,767	50,494	1	17,3
May 31	14 10 00,0	+17 12 09	49,861	50,492	1	17,4
Jun 10	14 09 30,2	+17 10 37	49,973	50,489	1	17,4
Jun 20	14 09 06,0	+17 07 59	50,099	50,487	1	17,4
Jun 30	14 08 48,1	+17 04 18	50,236	50,485	1	17,4
Jul 10	14 08 37,2	+16 59 43	50,380	50,483	1	17,4
Jul 20	14 08 33,7	+16 54 19	50,526	50,481	1	17,4
Jul 30	14 08 37,8	+16 48 16	50,672	50,479	1	17,4
Ago 9	14 08 49,5	+16 41 44	50,811	50,477	1	17,4
Ago 19	14 09 08,6	+16 34 51	50,941	50,475	1	17,4
Ago 29	14 09 34,6	+16 27 50	51,058	50,472	1	17,4
Set 8	14 10 07,1	+16 20 50	51,159	50,470	1	17,4
Set 18	14 10 45,3	+16 14 03	51,239	50,468	1	17,4
Set 28	14 11 28,2	+16 07 38	51,298	50,466	1	17,4
Oct 8	14 12 15,0	+16 01 45	51,333	50,464	1	17,4
Oct 18	14 13 04,5	+15 56 35	51,343	50,462	1	17,4
Oct 28	14 13 55,4	+15 52 14	51,328	50,459	1	17,4
Nov 7	14 14 46,6	+15 48 50	51,286	50,457	1	17,4
Nov 17	14 15 36,8	+15 46 28	51,221	50,455	1	17,4
Nov 27	14 16 24,6	+15 45 13	51,132	50,453	1	17,4
Dic 7	14 17 08,8	+15 45 07	51,023	50,451	1	17,4
Dic 17	14 17 48,3	+15 46 10	50,896	50,449	1	17,4
Dic 27	14 18 21,9	+15 48 20	50,756	50,446	1	17,4

**MAKEMAKE 2018**  
(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 04 31,9	+24 02 03	52,413	52,508	1	17,1
Ene 11	13 04 39,0	+24 07 01	52,264	52,509	1	17,1
Ene 21	13 04 37,9	+24 12 38	52,122	52,510	1	17,0
Ene 31	13 04 28,9	+24 18 40	51,991	52,511	1	17,0
Feb 10	13 04 12,3	+24 24 56	51,877	52,512	1	17,0
Feb 20	13 03 48,9	+24 31 11	51,782	52,513	1	17,0
Mar 2	13 03 19,4	+24 37 12	51,710	52,513	1	17,0
Mar 12	13 02 45,0	+24 42 47	51,662	52,514	1	17,0
Mar 22	13 02 06,9	+24 47 42	51,641	52,515	1	17,0
Abr 1	13 01 26,6	+24 51 48	51,646	52,516	1	17,0
Abr 11	13 00 45,5	+24 54 55	51,676	52,517	1	17,0
Abr 21	13 00 05,0	+24 56 58	51,732	52,518	1	17,0
May 1	12 59 26,6	+24 57 52	51,811	52,519	1	17,0
May 11	12 58 51,5	+24 57 35	51,911	52,520	1	17,0
May 21	12 58 21,0	+24 56 06	52,028	52,521	1	17,0
May 31	12 57 55,9	+24 53 30	52,159	52,522	1	17,1
Jun 10	12 57 37,2	+24 49 49	52,300	52,523	1	17,1
Jun 20	12 57 25,4	+24 45 10	52,448	52,523	1	17,1
Jun 30	12 57 20,9	+24 39 40	52,597	52,524	1	17,1
Jul 10	12 57 24,0	+24 33 27	52,745	52,525	1	17,1
Jul 20	12 57 34,6	+24 26 42	52,886	52,526	1	17,1
Jul 30	12 57 52,4	+24 19 33	53,016	52,527	1	17,1
Ago 9	12 58 17,2	+24 12 12	53,134	52,528	1	17,1
Ago 19	12 58 48,3	+24 04 49	53,234	52,529	1	17,1
Ago 29	12 59 24,9	+23 57 35	53,314	52,530	1	17,1
Set 8	13 00 06,4	+23 50 40	53,373	52,531	1	17,1
Set 18	13 00 51,6	+23 44 14	53,408	52,532	1	17,0
Set 28	13 01 39,5	+23 38 26	53,418	52,532	1	17,0
Oct 8	13 02 28,9	+23 33 25	53,402	52,533	1	17,0
Oct 18	13 03 18,7	+23 29 19	53,362	52,534	1	17,1
Oct 28	13 04 07,5	+23 26 13	53,297	52,535	1	17,1
Nov 7	13 04 54,3	+23 24 13	53,210	52,536	1	17,1
Nov 17	13 05 37,6	+23 23 21	53,103	52,537	1	17,1
Nov 27	13 06 16,4	+23 23 40	52,978	52,538	1	17,1
Dic 7	13 06 49,7	+23 25 07	52,840	52,539	1	17,1
Dic 17	13 07 16,5	+23 27 41	52,693	52,539	1	17,1
Dic 27	13 07 36,1	+23 31 15	52,541	52,540	1	17,1

**ERIS 2018**  
(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 41 17,7	-02 32 31	95,943	96,151	1	18,8
Ene 11	01 41 13,7	-02 31 10	96,110	96,150	1	18,8
Ene 21	01 41 13,8	-02 29 25	96,279	96,148	1	18,8
Ene 31	01 41 17,8	-02 27 18	96,443	96,146	1	18,8
Feb 10	01 41 25,8	-02 24 53	96,598	96,144	1	18,8
Feb 20	01 41 37,5	-02 22 13	96,739	96,142	1	18,8
Mar 2	01 41 52,5	-02 19 23	96,862	96,140	0	18,8
Mar 12	01 42 10,3	-02 16 27	96,963	96,138	0	18,8
Mar 22	01 42 30,4	-02 13 30	97,040	96,136	0	18,8
Abr 1	01 42 52,3	-02 10 35	97,089	96,134	0	18,8
Abr 11	01 43 15,2	-02 07 48	97,111	96,132	0	18,8
Abr 21	01 43 38,7	-02 05 11	97,105	96,130	0	18,8
May 1	01 44 01,9	-02 02 50	97,070	96,128	0	18,8
May 11	01 44 24,4	-02 00 46	97,009	96,126	0	18,8
May 21	01 44 45,5	-01 59 02	96,922	96,124	0	18,8
May 31	01 45 04,5	-01 57 42	96,813	96,122	0	18,8
Jun 10	01 45 21,2	-01 56 45	96,684	96,120	1	18,8
Jun 20	01 45 35,0	-01 56 13	96,540	96,118	1	18,8
Jun 30	01 45 45,4	-01 56 06	96,384	96,117	1	18,8
Jul 10	01 45 52,4	-01 56 24	96,220	96,115	1	18,8
Jul 20	01 45 55,6	-01 57 05	96,052	96,113	1	18,8
Jul 30	01 45 55,0	-01 58 09	95,887	96,111	1	18,8
Ago 9	01 45 50,6	-01 59 31	95,728	96,109	1	18,8
Ago 19	01 45 42,5	-02 01 11	95,579	96,107	1	18,8
Ago 29	01 45 30,9	-02 03 03	95,445	96,105	1	18,8
Set 8	01 45 16,2	-02 05 05	95,331	96,103	0	18,8
Set 18	01 44 58,8	-02 07 11	95,238	96,101	0	18,8
Set 28	01 44 39,1	-02 09 18	95,171	96,099	0	18,8
Oct 8	01 44 17,9	-02 11 21	95,132	96,097	0	18,8
Oct 18	01 43 55,6	-02 13 16	95,121	96,095	0	18,8
Oct 28	01 43 33,2	-02 14 57	95,139	96,093	0	18,8
Nov 7	01 43 11,1	-02 16 21	95,187	96,091	0	18,8
Nov 17	01 42 50,3	-02 17 25	95,262	96,089	0	18,8
Nov 27	01 42 31,3	-02 18 05	95,362	96,087	0	18,8
Dic 7	01 42 14,8	-02 18 20	95,485	96,085	1	18,8
Dic 17	01 42 01,4	-02 18 07	95,627	96,083	1	18,8
Dic 27	01 41 51,4	-02 17 28	95,782	96,081	1	18,8

## Asteroides

En julio de 2017 se llevan descubiertos unos 730 000 asteroides, de los cuales unos 496 000 han sido numerados y unos 21 000 han recibido un nombre. Por su órbita y su tamaño, unos 1 822 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	2,7679	0,0757	72,908	80,310	10,592
2 Palas	2014,00	2,7730	0,2307	309,997	173,088	34,840
3 Juno	2014,59	2,6685	0,2568	248,223	169,859	12,990
4 Vesta	2014,76	2,3613	0,0891	151,076	103,842	7,141
5 Astrea	2016,09	2,5734	0,1915	358,785	141,584	5,368
6 Hebe	2014,67	2,4252	0,2027	239,827	138,653	14,737
7 Iris	2014,25	2,3854	0,2314	145,344	259,569	5,523
8 Flora	2014,34	2,2013	0,1570	285,339	110,905	5,887
9 Metis	2016,51	2,3863	0,1220	5,997	68,932	5,574
10 Hygiea	2017,00	3,1402	0,1128	312,009	283,219	3,832
11 Partenope	2016,42	2,4528	0,1004	195,931	125,563	4,630
12 Victoria	2014,50	2,3348	0,2202	69,522	235,419	8,370
13 Egeria	2013,09	2,5763	0,0836	80,451	43,239	16,540
14 Irene	2013,33	2,5860	0,1666	98,093	86,145	9,119
15 Eunomia	2016,00	2,6437	0,1870	97,601	293,176	11,737
16 Psyche	2015,34	2,9233	0,1356	227,304	150,276	3,099
18 Melpomene	2016,76	2,2953	0,2189	227,840	150,468	10,133
19 Fortuna	2013,42	2,4421	0,1588	182,130	211,142	1,574
20 Masalia	2014,42	2,4091	0,1424	256,589	206,106	0,708
27 Euterpe	2016,00	2,3470	0,1728	356,617	94,789	1,584
29 Amphitrite	2016,09	2,5551	0,0718	62,255	356,422	6,089
39 Laetitia	2015,50	2,7683	0,1134	208,255	157,115	10,381
40 Harmonia	2014,92	2,2672	0,0466	269,777	94,194	4,257
44 Nysa	2014,75	2,4234	0,1483	343,267	131,559	3,707
51 Nemausa	2014,75	2,3656	0,0669	2,471	176,019	9,980
89 Julia	2013,75	2,5500	0,1844	45,481	311,560	16,128
192 Nausikaa	2015,67	2,4039	0,2455	30,166	343,251	6,811
230 Atamantis	2015,42	2,3832	0,0610	139,521	239,869	9,445
349 Dembowska	2012,34	2,9241	0,0915	346,153	32,350	8,246
354 Eleonora	2015,00	2,7981	0,1146	5,552	140,372	18,402

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 2018 de los primeros asteroides

	nombre	oposición en longitud	magnitud V	oposición en asc. recta
1	Ceres	Ene 31, 12 <sup>h</sup>	6,9	Feb 03, 21 <sup>h</sup>
3	Juno	Nov 17, 20 <sup>h</sup>	7,5	Nov 22, 5 <sup>h</sup>
4	Vesta	Jun 19, 20 <sup>h</sup>	5,3	Jun 19, 21 <sup>h</sup>
5	Astrea	Set 18, 20 <sup>h</sup>	10,8	Set 20, 12 <sup>h</sup>
6	Hebe	Dic 28, 0 <sup>h</sup>	8,4	Dic 27, 10 <sup>h</sup>
8	Flora	Ene 02, 18 <sup>h</sup>	8,2	Ene 02, 15 <sup>h</sup>
9	Metis	Jun 16, 20 <sup>h</sup>	9,7	Jun 16, 18 <sup>h</sup>
10	Hygiea	Set 24, 0 <sup>h</sup>	10,1	Set 22, 0 <sup>h</sup>
11	Partenope	Ene 26, 15 <sup>h</sup>	9,9	Ene 26, 15 <sup>h</sup>
12	Victoria	Nov 22, 8 <sup>h</sup>	10,1	Nov 22, 12 <sup>h</sup>
13	Egeria	May 19, 6 <sup>h</sup>	10,2	May 17, 22 <sup>h</sup>
14	Irene	Jul 24, 1 <sup>h</sup>	10,0	Jul 25, 17 <sup>h</sup>
15	Eunomia	May 08, 11 <sup>h</sup>	9,8	May 04, 4 <sup>h</sup>
16	Psyche	May 10, 7 <sup>h</sup>	10,4	May 11, 8 <sup>h</sup>
18	Melpomene	Mar 21, 7 <sup>h</sup>	10,2	Mar 24, 2 <sup>h</sup>
19	Fortuna	Feb 01, 22 <sup>h</sup>	10,1	Feb 01, 8 <sup>h</sup>
27	Euterpe	Set 05, 22 <sup>h</sup>	9,8	Set 06, 19 <sup>h</sup>
29	Amphitrite	Jun 15, 14 <sup>h</sup>	9,5	Jun 15, 4 <sup>h</sup>
39	Laetitia	May 03, 1 <sup>h</sup>	10,3	May 06, 17 <sup>h</sup>
40	Harmonia	Dic 08, 17 <sup>h</sup>	9,4	Dic 08, 21 <sup>h</sup>
433	Eros	Dic 07, 12 <sup>h</sup>	9,8	Dic 01, 9 <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  $1 + e_{\oplus} < q < 1,3 \text{ ua}$  ( $e_{\oplus} = 0,017$ ).

## 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  $90^\circ$ . 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 ánu.

### 1 CERES 2018

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

Consultar efemérides en la página 238, apartado de planetas enanos

### 3 JUNO 2018

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

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ ( $^\circ$ )	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ ( $^\circ$ ' ")				
Ago 9	03 01 45,0	+10 03 57	1,820	2,087	29	9,3
Ago 19	03 17 13,5	+09 47 59	1,700	2,069	29	9,1
Ago 29	03 31 22,0	+09 13 31	1,584	2,053	29	8,9
Set 8	03 43 47,8	+08 19 42	1,473	2,038	28	8,7
Set 18	03 54 03,0	+07 06 23	1,370	2,025	26	8,5
Set 28	04 01 41,5	+05 34 47	1,276	2,014	24	8,3
Oct 8	04 06 17,9	+03 47 42	1,194	2,004	22	8,1
Oct 18	04 07 33,7	+01 50 39	1,127	1,996	19	7,9
Oct 28	04 05 30,8	-00 07 34	1,076	1,990	15	7,7
Nov 7	04 00 33,2	-01 55 41	1,045	1,986	12	7,5
Nov 17	03 53 37,2	-03 20 56	1,036	1,984	11	7,4
Nov 27	03 46 05,8	-04 12 58	1,048	1,983	13	7,5
Dic 7	03 39 24,7	-04 26 43	1,082	1,985	15	7,7
Dic 17	03 34 48,8	-04 02 44	1,134	1,988	19	7,9
Dic 27	03 33 04,9	-03 06 42	1,203	1,994	22	8,1

**4 VESTA 2018**  
(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 46 00,2	-17 28 57	1,839	2,158	27	7,2
Abr 1	17 57 50,1	-17 29 44	1,722	2,155	27	7,0
Abr 11	18 07 28,6	-17 29 13	1,609	2,153	26	6,9
Abr 21	18 14 31,5	-17 29 56	1,501	2,152	25	6,7
May 1	18 18 36,8	-17 34 32	1,402	2,151	22	6,5
May 11	18 19 26,5	-17 45 25	1,314	2,151	19	6,2
May 21	18 16 50,0	-18 04 21	1,241	2,151	16	6,0
May 31	18 10 58,8	-18 31 54	1,185	2,152	11	5,8
Jun 10	18 02 29,8	-19 07 04	1,151	2,154	6	5,5
Jun 20	17 52 28,6	-19 47 37	1,140	2,156	2	5,3
Jun 30	17 42 25,7	-20 30 48	1,154	2,158	6	5,5
Jul 10	17 33 48,0	-21 14 22	1,191	2,161	11	5,8
Jul 20	17 27 45,6	-21 57 02	1,250	2,165	15	6,0
Jul 30	17 25 00,5	-22 38 14	1,326	2,169	19	6,3
Ago 9	17 25 42,7	-23 17 32	1,417	2,174	22	6,5
Ago 19	17 29 46,6	-23 54 23	1,520	2,179	24	6,7
Ago 29	17 36 54,0	-24 27 52	1,631	2,184	26	6,9
Set 8	17 46 41,2	-24 56 51	1,748	2,191	27	7,1
Set 18	17 58 46,9	-25 20 05	1,869	2,197	27	7,2
Set 28	18 12 48,8	-25 36 19	1,993	2,204	27	7,4

**5 ASTREA 2018**  
(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)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Jun 20	00 00 52,9	-01 50 35	2,868	3,025	20	12,5
Jun 30	00 07 12,3	-01 26 17	2,723	3,018	20	12,4
Jul 10	00 12 00,8	-01 13 29	2,579	3,010	19	12,3
Jul 20	00 15 04,3	-01 13 42	2,441	3,001	18	12,1
Jul 30	00 16 11,1	-01 28 02	2,311	2,992	16	11,9

**5 ASTREA (cont.) 2018**  
(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 9	00 15 11,6	-01 57 07	2,194	2,983	14	11,7
Ago 19	00 12 01,5	-02 40 41	2,095	2,973	12	11,5
Ago 29	00 06 49,1	-03 36 47	2,016	2,962	8	11,3
Set 8	23 59 54,7	-04 41 51	1,962	2,951	5	11,1
Set 18	23 51 54,4	-05 50 27	1,936	2,939	2	10,8
Set 28	23 43 37,4	-06 56 06	1,939	2,927	4	11,0
Oct 8	23 35 55,1	-07 52 45	1,970	2,914	8	11,2
Oct 18	23 29 35,1	-08 35 35	2,027	2,900	11	11,4
Oct 28	23 25 12,5	-09 01 51	2,106	2,886	14	11,6
Nov 7	23 23 05,2	-09 10 54	2,203	2,872	17	11,7
Nov 17	23 23 19,1	-09 03 12	2,314	2,857	18	11,9
Nov 27	23 25 48,9	-08 40 14	2,433	2,842	20	12,0
Dic 7	23 30 22,8	-08 03 43	2,557	2,826	20	12,2

**6 HEBE 2018**  
(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 28	06 21 45,7	+07 11 30	1,794	2,039	29	9,7
Oct 8	06 33 38,3	+06 22 59	1,705	2,056	29	9,6
Oct 18	06 43 03,8	+05 33 13	1,617	2,074	28	9,4
Oct 28	06 49 42,0	+04 45 56	1,532	2,093	26	9,3
Nov 7	06 53 12,2	+04 05 26	1,452	2,113	24	9,2
Nov 17	06 53 17,2	+03 36 52	1,380	2,133	22	9,0
Nov 27	06 49 54,4	+03 25 40	1,322	2,153	18	8,8
Dic 7	06 43 18,2	+03 36 34	1,280	2,175	14	8,6
Dic 17	06 34 12,2	+04 12 47	1,259	2,196	10	8,5
Dic 27	06 23 49,9	+05 13 52	1,263	2,218	8	8,4

**8 FLORA 2018**  
(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	06 53 52,2	+20 57 26	1,032	2,014	1	8,2
Ene 11	06 42 26,4	+21 54 01	1,056	2,031	5	8,5
Ene 21	06 32 45,3	+22 44 53	1,107	2,048	11	8,8
Ene 31	06 26 15,1	+23 27 49	1,179	2,066	16	9,1
Feb 10	06 23 34,3	+24 02 36	1,271	2,084	20	9,4
Feb 20	06 24 47,1	+24 29 44	1,377	2,102	23	9,7
Mar 2	06 29 35,6	+24 49 34	1,495	2,121	25	10,0
Mar 12	06 37 28,4	+25 02 05	1,621	2,139	26	10,2
Mar 22	06 47 55,0	+25 06 57	1,752	2,157	27	10,4
Abr 1	07 00 25,8	+25 03 41	1,886	2,176	27	10,6

**9 METIS 2018**  
(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 40,7	-23 14 35	2,446	2,674	22	11,4
Abr 1	18 03 33,0	-23 28 14	2,312	2,676	22	11,3
Abr 11	18 09 15,2	-23 42 35	2,182	2,677	21	11,1
Abr 21	18 12 27,6	-23 58 48	2,057	2,677	19	10,9
May 1	18 12 54,4	-24 17 33	1,943	2,677	17	10,8
May 11	18 10 25,4	-24 38 50	1,843	2,677	15	10,5
May 21	18 04 60,0	-25 01 41	1,761	2,676	11	10,3
May 31	17 56 58,0	-25 24 11	1,700	2,675	8	10,1
Jun 10	17 46 59,9	-25 43 56	1,665	2,673	3	9,8
Jun 20	17 36 06,6	-25 58 57	1,656	2,670	2	9,7
Jun 30	17 25 32,8	-26 08 30	1,675	2,667	6	10,0
Jul 10	17 16 26,4	-26 13 26	1,720	2,664	10	10,2
Jul 20	17 09 40,2	-26 15 42	1,788	2,660	14	10,4
Jul 30	17 05 45,2	-26 17 29	1,875	2,656	17	10,6
Ago 9	17 04 49,6	-26 20 20	1,977	2,651	19	10,8
Ago 19	17 06 49,7	-26 25 02	2,090	2,646	21	11,0
Ago 29	17 11 32,1	-26 31 30	2,211	2,640	22	11,1
Set 8	17 18 39,1	-26 39 02	2,335	2,634	22	11,3
Set 18	17 27 54,7	-26 46 35	2,461	2,627	22	11,4

**10 HYGIEA 2018**  
(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)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Jun 30	00 12 42,8	+05 22 48	3,020	3,234	18	11,3
Jul 10	00 17 00,3	+06 05 35	2,891	3,244	18	11,2
Jul 20	00 19 37,6	+06 38 19	2,766	3,254	17	11,1
Jul 30	00 20 26,0	+06 59 45	2,649	3,264	16	11,0
Ago 9	00 19 19,9	+07 08 48	2,543	3,274	14	10,8
Ago 19	00 16 18,5	+07 04 32	2,453	3,284	12	10,7
Ago 29	00 11 32,2	+06 47 01	2,382	3,293	9	10,5
Set 8	00 05 20,7	+06 17 15	2,335	3,303	6	10,3
Set 18	23 58 15,2	+05 37 33	2,315	3,312	3	10,1
Set 28	23 50 56,6	+04 51 46	2,324	3,321	2	10,1
Oct 8	23 44 06,0	+04 04 25	2,362	3,330	5	10,3
Oct 18	23 38 21,9	+03 20 10	2,428	3,338	8	10,5
Oct 28	23 34 13,2	+02 43 05	2,519	3,347	11	10,7
Nov 7	23 31 55,6	+02 15 54	2,631	3,355	13	10,9
Nov 17	23 31 36,0	+02 00 19	2,760	3,363	15	11,1
Nov 27	23 33 11,4	+01 56 51	2,901	3,371	16	11,2
Dic 7	23 36 33,7	+02 05 14	3,051	3,379	17	11,4
Dic 17	23 41 32,6	+02 24 47	3,206	3,386	17	11,5

**11 PARTENOPE 2018**  
(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 57 27,9	+16 38 07	1,794	2,680	11	10,7
Ene 11	08 49 58,8	+17 24 02	1,737	2,684	7	10,4
Ene 21	08 40 42,4	+18 16 31	1,708	2,687	3	10,1
Ene 31	08 30 41,5	+19 09 58	1,708	2,690	2	10,1
Feb 10	08 21 07,1	+19 59 01	1,737	2,692	7	10,4
Feb 20	08 13 05,3	+20 39 48	1,793	2,694	11	10,6
Mar 2	08 07 26,1	+21 10 14	1,874	2,696	14	10,9
Mar 12	08 04 34,0	+21 29 59	1,973	2,698	17	11,1
Mar 22	08 04 34,3	+21 39 28	2,088	2,698	19	11,3
Abr 1	08 07 18,5	+21 39 22	2,212	2,699	21	11,4
Abr 11	08 12 28,1	+21 30 26	2,342	2,699	21	11,6
Abr 21	08 19 43,9	+21 13 07	2,475	2,699	22	11,7

**12 VICTORIA 2018**  
(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	04 05 17,8	+23 53 07	1,973	2,238	27	11,6
Set 8	04 14 42,0	+23 59 08	1,876	2,264	26	11,5
Set 18	04 21 28,8	+23 54 42	1,781	2,289	25	11,3
Set 28	04 25 16,2	+23 39 44	1,691	2,314	23	11,2
Oct 8	04 25 45,2	+23 13 50	1,608	2,339	20	11,0
Oct 18	04 22 45,7	+22 36 25	1,538	2,364	17	10,9
Oct 28	04 16 29,3	+21 47 25	1,486	2,388	13	10,7
Nov 7	04 07 30,9	+20 47 46	1,455	2,412	8	10,5
Nov 17	03 56 53,9	+19 40 31	1,451	2,435	3	10,2
Nov 27	03 46 02,2	+18 31 04	1,475	2,459	2	10,3
Dic 7	03 36 16,5	+17 25 55	1,528	2,481	7	10,6
Dic 17	03 28 42,2	+16 31 09	1,607	2,503	12	10,9
Dic 27	03 23 56,7	+15 50 41	1,709	2,525	15	11,2

**13 EGERIA 2018**  
(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)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Feb 20	15 56 57,5	-18 51 47	2,378	2,575	23	11,8
Mar 2	16 04 42,7	-19 55 35	2,252	2,584	22	11,6
Mar 12	16 10 19,3	-20 57 15	2,129	2,593	22	11,5
Mar 22	16 13 24,8	-21 57 20	2,011	2,602	20	11,3
Abr 1	16 13 40,0	-22 55 59	1,903	2,611	18	11,2
Abr 11	16 10 52,2	-23 52 31	1,809	2,620	16	11,0
Abr 21	16 04 59,0	-24 45 11	1,732	2,628	12	10,8
May 1	15 56 20,5	-25 31 28	1,677	2,637	8	10,5
May 11	15 45 40,4	-26 08 46	1,648	2,645	4	10,3
May 21	15 34 04,0	-26 35 24	1,647	2,653	3	10,2
May 31	15 22 50,6	-26 51 59	1,673	2,661	6	10,5
Jun 10	15 13 10,2	-27 01 14	1,725	2,669	10	10,7
Jun 20	15 05 55,3	-27 07 06	1,800	2,677	13	10,9
Jun 30	15 01 34,3	-27 13 40	1,896	2,684	16	11,2
Jul 10	15 00 12,3	-27 23 49	2,006	2,692	19	11,4
Jul 20	15 01 43,1	-27 39 20	2,128	2,699	20	11,5
Jul 30	15 05 52,0	-28 00 47	2,258	2,706	21	11,7
Ago 9	15 12 20,9	-28 27 45	2,393	2,713	22	11,9
Ago 19	15 20 54,4	-28 59 26	2,530	2,719	22	12,0

**14 IRENE 2018**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase β (°)	mag. V
			a Tierra Δ	al Sol r		
	α <sub>2000</sub> (h m s)	δ <sub>2000</sub> (° ' ")				
May 1	20 33 29,3	-21 45 03	2,284	2,576	23	11,2
May 11	20 41 08,1	-21 54 01	2,172	2,594	22	11,1
May 21	20 46 31,5	-22 13 41	2,064	2,612	21	11,0
May 31	20 49 25,1	-22 45 27	1,964	2,629	19	10,8
Jun 10	20 49 36,7	-23 29 42	1,875	2,646	17	10,7
Jun 20	20 46 58,7	-24 25 27	1,801	2,664	14	10,5
Jun 30	20 41 38,0	-25 29 26	1,745	2,680	11	10,3
Jul 10	20 33 57,3	-26 36 39	1,713	2,697	7	10,1
Jul 20	20 24 39,8	-27 40 43	1,706	2,713	4	10,0
Jul 30	20 14 49,0	-28 35 27	1,726	2,730	4	10,0
Ago 9	20 05 32,3	-29 16 41	1,773	2,745	7	10,3
Ago 19	19 57 52,1	-29 42 42	1,845	2,761	11	10,5
Ago 29	19 52 33,9	-29 54 08	1,939	2,776	14	10,8
Set 8	19 49 58,8	-29 53 00	2,052	2,790	16	11,0
Set 18	19 50 11,9	-29 41 29	2,178	2,805	18	11,2
Set 28	19 53 04,1	-29 21 31	2,316	2,819	20	11,4
Oct 8	19 58 18,3	-28 54 27	2,461	2,832	20	11,5
Oct 18	20 05 36,6	-28 21 04	2,610	2,845	20	11,7

**15 EUNOMIA 2018**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase β (°)	mag. V
			a Tierra Δ	al Sol r		
	α <sub>2000</sub> (h m s)	δ <sub>2000</sub> (° ' ")				
Feb 10	15 03 52,1	-29 55 33	2,996	3,138	18	11,0
Feb 20	15 09 42,5	-30 51 44	2,852	3,137	18	10,9
Mar 2	15 13 31,9	-31 41 51	2,711	3,135	18	10,8
Mar 12	15 15 04,2	-32 24 33	2,577	3,133	17	10,6
Mar 22	15 14 05,3	-32 57 45	2,453	3,130	15	10,5
Abr 1	15 10 30,8	-33 18 46	2,343	3,127	13	10,3
Abr 11	15 04 29,2	-33 24 47	2,252	3,123	11	10,1
Abr 21	14 56 24,9	-33 13 07	2,183	3,118	8	10,0
May 1	14 47 02,9	-32 42 45	2,140	3,113	6	9,8
May 11	14 37 19,8	-31 54 59	2,125	3,108	5	9,8

**15 EUNOMIA (cont.) 2018**  
(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 21	14 28 15,3	-30 53 42	2,137	3,102	7	9,8
May 31	14 20 42,5	-29 45 00	2,176	3,095	9	10,0
Jun 10	14 15 16,3	-28 35 28	2,239	3,088	12	10,1
Jun 20	14 12 15,1	-27 30 49	2,323	3,080	15	10,3
Jun 30	14 11 42,9	-26 35 20	2,423	3,072	16	10,4
Jul 10	14 13 32,3	-25 51 15	2,535	3,063	18	10,6
Jul 20	14 17 32,6	-25 19 21	2,656	3,054	19	10,7
Jul 30	14 23 30,1	-24 59 19	2,781	3,044	19	10,8

**16 PSYCHE 2018**  
(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)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Feb 10	15 24 50,1	-15 39 26	3,177	3,295	17	11,9
Feb 20	15 31 00,3	-15 50 54	3,025	3,290	17	11,7
Mar 2	15 35 28,3	-15 54 50	2,876	3,286	17	11,6
Mar 12	15 38 01,9	-15 51 12	2,734	3,281	16	11,5
Mar 22	15 38 29,6	-15 40 00	2,601	3,275	14	11,3
Abr 1	15 36 46,3	-15 21 33	2,483	3,269	12	11,1
Abr 11	15 32 55,4	-14 56 27	2,384	3,263	10	11,0
Abr 21	15 27 10,0	-14 25 48	2,307	3,257	7	10,8
May 1	15 19 58,4	-13 51 33	2,257	3,250	4	10,5
May 11	15 11 58,9	-13 16 20	2,235	3,243	1	10,4
May 21	15 03 56,7	-12 43 15	2,242	3,236	4	10,6
May 31	14 56 38,1	-12 15 34	2,277	3,228	7	10,7
Jun 10	14 50 40,0	-11 55 52	2,337	3,220	10	10,9
Jun 20	14 46 28,9	-11 45 54	2,419	3,211	13	11,1
Jun 30	14 44 19,5	-11 46 24	2,518	3,203	15	11,2
Jul 10	14 44 14,5	-11 57 05	2,631	3,194	17	11,4
Jul 20	14 46 11,3	-12 17 11	2,753	3,184	18	11,5
Jul 30	14 50 02,0	-12 45 25	2,881	3,175	18	11,6
Ago 9	14 55 36,5	-13 20 20	3,011	3,165	19	11,7

**18 MELPOMENE 2018**  
(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	12 28 19,4	+00 01 06	2,425	2,676	22	11,5
Ene 11	12 34 22,9	+00 00 34	2,299	2,689	21	11,4
Ene 21	12 38 22,1	+00 14 41	2,177	2,702	20	11,2
Ene 31	12 40 01,6	+00 48 10	2,063	2,714	18	11,1
Feb 10	12 39 10,7	+01 40 10	1,961	2,725	16	10,9
Feb 20	12 35 45,5	+02 49 35	1,877	2,736	12	10,7
Mar 2	12 29 57,8	+04 12 49	1,815	2,745	9	10,5
Mar 12	12 22 17,0	+05 43 50	1,779	2,754	5	10,3
Mar 22	12 13 28,8	+07 14 43	1,772	2,762	3	10,2
Abr 1	12 04 33,2	+08 36 52	1,795	2,770	6	10,4
Abr 11	11 56 28,1	+09 43 29	1,845	2,776	9	10,6
Abr 21	11 50 01,2	+10 30 21	1,920	2,781	13	10,8
May 1	11 45 43,9	+10 56 07	2,015	2,786	16	11,0
May 11	11 43 47,6	+11 01 52	2,127	2,790	18	11,2
May 21	11 44 11,6	+10 49 35	2,250	2,793	20	11,4
May 31	11 46 46,3	+10 21 50	2,381	2,796	21	11,5
Jun 10	11 51 16,7	+09 41 12	2,515	2,797	21	11,7

**19 FORTUNA 2018**  
(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	09 24 47,4	+12 38 40	1,545	2,388	15	10,9
Ene 11	09 18 30,4	+13 02 08	1,491	2,406	11	10,6
Ene 21	09 09 50,9	+13 38 05	1,461	2,424	6	10,4
Ene 31	08 59 51,1	+14 21 26	1,457	2,441	1	10,1
Feb 10	08 49 48,4	+15 06 13	1,482	2,458	4	10,3
Feb 20	08 40 59,5	+15 47 01	1,534	2,476	9	10,7
Mar 2	08 34 26,8	+16 19 52	1,611	2,493	13	11,0
Mar 12	08 30 43,3	+16 42 47	1,709	2,510	16	11,2
Mar 22	08 29 58,6	+16 55 10	1,824	2,526	19	11,5
Abr 1	08 32 05,3	+16 57 04	1,952	2,543	21	11,7
Abr 11	08 36 43,5	+16 49 00	2,088	2,559	22	11,9
Abr 21	08 43 32,2	+16 31 25	2,230	2,574	23	12,1
May 1	08 52 09,1	+16 04 47	2,374	2,590	23	12,2

**27 EUTERPE 2018**  
(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)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Jun 10	23 07 31,1	-07 01 48	2,285	2,558	23	11,9
Jun 20	23 15 16,9	-06 21 17	2,143	2,543	23	11,8
Jun 30	23 21 19,4	-05 52 07	2,004	2,527	22	11,6
Jul 10	23 25 22,3	-05 36 15	1,872	2,511	21	11,4
Jul 20	23 27 07,0	-05 35 40	1,749	2,494	19	11,2
Jul 30	23 26 19,8	-05 51 33	1,639	2,477	16	10,9
Ago 9	23 22 53,3	-06 24 08	1,545	2,459	13	10,7
Ago 19	23 16 53,1	-07 11 44	1,472	2,441	9	10,4
Ago 29	23 08 48,7	-08 09 58	1,422	2,423	4	10,1
Set 8	22 59 29,8	-09 12 20	1,398	2,404	2	9,8
Set 18	22 50 05,1	-10 10 57	1,400	2,385	6	10,1
Set 28	22 41 48,7	-10 58 26	1,428	2,366	11	10,3
Oct 8	22 35 39,6	-11 29 53	1,479	2,347	15	10,5
Oct 18	22 32 17,4	-11 42 46	1,548	2,327	19	10,7
Oct 28	22 31 57,3	-11 36 51	1,632	2,308	22	10,9
Nov 7	22 34 34,7	-11 13 15	1,727	2,288	24	11,1
Nov 17	22 39 56,4	-10 33 22	1,828	2,268	25	11,2
Nov 27	22 47 42,2	-09 38 58	1,932	2,249	26	11,4

**29 AMPHITRITE 2018**  
(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 48 18,6	-29 41 49	2,487	2,737	21	11,0
Abr 1	17 56 19,7	-30 09 55	2,352	2,736	21	10,9
Abr 11	18 02 06,1	-30 38 35	2,221	2,734	20	10,7
Abr 21	18 05 17,0	-31 08 13	2,098	2,732	19	10,5
May 1	18 05 36,0	-31 38 23	1,985	2,730	17	10,4
May 11	18 02 53,4	-32 07 41	1,887	2,728	14	10,2
May 21	17 57 10,4	-32 33 27	1,808	2,726	11	10,0
May 31	17 48 51,4	-32 52 08	1,750	2,723	8	9,7
Jun 10	17 38 42,5	-33 00 22	1,718	2,720	4	9,6
Jun 20	17 27 50,3	-32 56 05	1,712	2,716	4	9,5

**29 AMPHITRITE (cont.) 2018**

(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)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Jun 30	17 17 32,9	-32 39 49	1,733	2,713	7	9,7
Jul 10	17 08 57,7	-32 14 24	1,779	2,709	11	9,9
Jul 20	17 02 54,3	-31 43 58	1,847	2,705	14	10,1
Jul 30	16 59 49,0	-31 12 41	1,934	2,701	17	10,3
Ago 9	16 59 45,1	-30 43 26	2,036	2,696	19	10,5
Ago 19	17 02 35,6	-30 17 48	2,149	2,691	20	10,6
Ago 29	17 08 04,9	-29 56 08	2,269	2,686	21	10,8
Set 8	17 15 53,9	-29 37 45	2,393	2,681	22	10,9

**39 LAETITIA 2018**

(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)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Feb 10	15 06 51,1	-08 26 11	2,816	3,052	19	11,6
Feb 20	15 12 55,9	-08 08 48	2,671	3,047	18	11,5
Mar 2	15 17 09,1	-07 40 15	2,532	3,042	18	11,4
Mar 12	15 19 18,0	-07 00 55	2,401	3,037	16	11,2
Mar 22	15 19 12,1	-06 11 47	2,283	3,031	14	11,0
Abr 1	15 16 49,1	-05 14 51	2,182	3,025	12	10,8
Abr 11	15 12 17,1	-04 13 10	2,102	3,019	9	10,6
Abr 21	15 05 56,0	-03 10 53	2,047	3,012	6	10,4
May 1	14 58 22,3	-02 13 05	2,019	3,005	5	10,3
May 11	14 50 21,0	-01 24 45	2,018	2,998	6	10,4
May 21	14 42 41,0	-00 50 04	2,044	2,990	8	10,5
May 31	14 36 08,1	-00 31 41	2,095	2,982	11	10,7
Jun 10	14 31 14,9	-00 30 13	2,168	2,974	14	10,8
Jun 20	14 28 22,1	-00 44 57	2,258	2,966	16	11,0
Jun 30	14 27 38,2	-01 14 04	2,362	2,957	18	11,2
Jul 10	14 29 00,8	-01 55 11	2,476	2,948	19	11,3
Jul 20	14 32 23,9	-02 46 02	2,596	2,939	20	11,4
Jul 30	14 37 37,5	-03 44 16	2,720	2,930	20	11,5

**40 HARMONIA 2018**  
(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 8	05 00 21,1	+19 18 04	1,959	2,189	27	11,4
Set 18	05 12 07,1	+19 32 23	1,846	2,193	27	11,3
Set 28	05 21 45,9	+19 42 00	1,735	2,197	26	11,1
Oct 8	05 28 52,4	+19 48 29	1,627	2,201	25	10,9
Oct 18	05 32 58,4	+19 53 22	1,525	2,206	23	10,7
Oct 28	05 33 41,7	+19 58 05	1,433	2,210	20	10,5
Nov 7	05 30 46,9	+20 03 29	1,355	2,215	16	10,3
Nov 17	05 24 17,8	+20 09 45	1,295	2,220	12	10,0
Nov 27	05 14 51,4	+20 16 29	1,257	2,225	7	9,7
Dic 7	05 03 35,6	+20 23 06	1,245	2,230	1	9,4
Dic 17	04 52 06,6	+20 29 50	1,261	2,235	5	9,7
Dic 27	04 42 03,7	+20 37 56	1,302	2,240	10	10,0

**433 EROS 2018**  
(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	01 56 42,3	+23 51 27	1,219	1,600	39	13,7
Ago 9	02 15 36,6	+27 07 45	1,114	1,573	40	13,5
Ago 19	02 34 35,5	+30 27 58	1,013	1,545	40	13,2
Ago 29	02 53 36,9	+33 52 24	0,915	1,516	40	13,0
Set 8	03 12 35,1	+37 21 27	0,823	1,485	40	12,7
Set 18	03 31 14,7	+40 54 46	0,735	1,454	40	12,4
Set 28	03 49 19,1	+44 31 41	0,654	1,422	39	12,1
Oct 8	04 06 16,3	+48 10 40	0,579	1,389	38	11,8
Oct 18	04 21 12,1	+51 47 38	0,511	1,357	37	11,4
Oct 28	04 33 00,2	+55 15 40	0,450	1,325	36	11,0
Nov 7	04 39 57,3	+58 23 21	0,396	1,293	34	10,7
Nov 17	04 40 13,7	+60 50 21	0,349	1,263	33	10,3
Nov 27	04 33 24,2	+62 08 44	0,308	1,235	32	10,0
Dic 7	04 21 46,6	+61 44 43	0,274	1,209	31	9,7
Dic 17	04 11 39,5	+59 08 29	0,246	1,186	31	9,4
Dic 27	04 09 23,3	+54 12 17	0,226	1,167	32	9,2

## Cometas

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

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

En junio de 2017 el número de cometas de corto periodo numerados ascendió a 355. Se numeran los cometas que han aparecido al menos en dos ocasiones y aquellos descubiertos recientemente cuya órbita está bien determinada. El último de estos cometas ha sido nombrado como 355P/LINEAR-NEAT y su primera aparición tuvo lugar en el año 2004.

### Cometas periódicos que pasan por su perihelio

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

**Cometas periódicos que pasan por su perihelio en 2018**

Nombre del cometa	mes	día	distancia a		elongación (°)
			Sol (ua)	Tierra (ua)	
74P/Smirnova-Chernykh	Feb	4	3,56	2,74	140
62P/Tsuchinshan 1	Mar	11	1,49	1,18	86
37P/Forbes	Abr	23	1,58	1,58	71
66P/du Toit	May	12	1,27	1,00	79
49P/Arend-Rigaux	Jul	14	1,43	2,40	12
59P/Kearns-Kwee	Set	11	2,36	2,60	65
21P/Giacobini-Zinner	Set	15	1,03	0,31	86
48P/Johnson	Set	16	2,31	1,52	131
26P/Grigg-Skjellerup	Oct	2	1,09	2,04	13
64P/Swift-Gehrels	Oct	20	1,38	0,47	138
60P/Tsuchinshan 2	Dic	6	1,62	1,24	92
46P/Wirtanen	Dic	12	1,05	0,07	157

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	$\omega$ ( $^{\circ}$ )	$\Omega$ ( $^{\circ}$ )	i ( $^{\circ}$ )	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
8,27	50P/Arend	3,30	2P/Encke
6,74	49P/Arend-Rigaux	7,52	4P/Faye
8,35	47P/Ashbrook-Jackson	6,51	15P/Finlay
6,65	3D/Biela	6,37	37P/Forbes
6,86	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	6,79	65P/Gunn
6,45	67P/Churyumov-Gerasimenko	75,31	1P/Halley
5,54	71P/Clark	7,16	51P/Harrington
9,58	32P/Comas Sola	7,58	52P/Harrington-Abell
28,07	27P/Crommelin	154,91	35P/Herschel-Rigollet
8,09	33P/Daniel	6,89	17P/Holmes
6,56	6P/d'Arrest	5,26	45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova
9,03	72P/Denning-Fujikawa	8,24	58P/Jackson-Neujmin
7,38	54P/de Vico-Swift-NEAT	6,96	48P/Johnson
14,71	66P/du Toit	9,51	59P/Kearns-Kwee
6,42	57P/du Toit-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	38,22	38P/Stephan-Oterma
7,04	70P/Kojima	9,35	64P/Swift-Gehrels
6,43	22P/Kopff	7,65	69P/Taylor
18,17	28P/Neujmin 1	5,52	9P/Tempel 1
5,43	25D/Neujmin 2	5,37	10P/Tempel 2
10,77	42P/Neujmin 3	6,31	11P/Tempel-Swift-LINEAR
69,52	13P/Olbers	33,24	55P/Tempel-Tuttle
19,53	39P/Oterma	6,63	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
7,33	30P/Reinmuth 1	10,98	40P/Vaisala 1
7,09	44P/Reinmuth 2	12,56	53P/Van Biesbroeck
8,25	24P/Schaumasse	61,86	20D/Westphal
14,65	29P/Schwassmann-Wachmann 1	8,52	36P/Whipple
8,75	31P/Schwassmann-Wachmann 2	13,21	63P/Wild 1
5,44	73P/Schwassmann-Wachmann 3	5,43	46P/Wirtanen
7,06	61P/Shajn-Schaldach	8,76	14P/Wolf
11,47	56P/Slaughter-Burnham	6,13	43P/Wolf-Harrington
8,52	74P/Smirnova-Chernykh		

## Meteoros y lluvias de meteoros

Se llama **meteoros** al fenómeno resultante de la penetración de una partícula de materia (*meteorioide*) 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 meteoros 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:

$$\begin{aligned} \text{altura: } h &= \phi + p \cos H - 0,00873 (p \operatorname{sen} H)^2 \tan \phi \\ \text{acimut: } a &= -p \operatorname{sen} H / \cos h \end{aligned}$$

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 2018  
en su culminación superior en Greenwich**

día	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio	
	$\alpha$	$p$										
	2 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup>	39'	2 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup>	39'	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> 53 <sup>m</sup>	39'
1	9 <sup>s</sup> :46	27"0	10 <sup>s</sup> :97	22"4	4 <sup>s</sup> :45	23"7	6 <sup>s</sup> :12	30"3	5 <sup>s</sup> :50	39"3	12 <sup>s</sup> :98	48"0
2	9 <sup>s</sup> :17	26"7	9 <sup>s</sup> :83	22"4	4 <sup>s</sup> :49	23"9	6 <sup>s</sup> :24	30"6	5 <sup>s</sup> :81	39"7	14 <sup>s</sup> :11	48"2
3	9 <sup>s</sup> :27	26"5	9 <sup>s</sup> :70	22"3	4 <sup>s</sup> :59	24"0	6 <sup>s</sup> :48	30"9	5 <sup>s</sup> :14	40"0	15 <sup>s</sup> :18	48"4
4	9 <sup>s</sup> :07	26"2	9 <sup>s</sup> :63	22"3	4 <sup>s</sup> :37	24"2	6 <sup>s</sup> :79	31"2	5 <sup>s</sup> :46	40"2	16 <sup>s</sup> :20	48"6
5	8 <sup>s</sup> :34	26"0	9 <sup>s</sup> :65	22"4	4 <sup>s</sup> :21	24"4	6 <sup>s</sup> :15	31"5	5 <sup>s</sup> :76	40"5	17 <sup>s</sup> :19	48"8
6	8 <sup>s</sup> :58	25"8	9 <sup>s</sup> :76	22"4	4 <sup>s</sup> :55	24"6	6 <sup>s</sup> :25	31"8	5 <sup>s</sup> :01	40"8	18 <sup>s</sup> :17	49"1
7	8 <sup>s</sup> :84	25"6	8 <sup>s</sup> :95	22"4	3 <sup>s</sup> :07	24"8	6 <sup>s</sup> :87	32"1	5 <sup>s</sup> :21	41"1	19 <sup>s</sup> :17	49"3
8	8 <sup>s</sup> :14	25"4	8 <sup>s</sup> :19	22"4	3 <sup>s</sup> :64	25"0	6 <sup>s</sup> :19	32"3	5 <sup>s</sup> :38	41"3	20 <sup>s</sup> :23	49"5
9	8 <sup>s</sup> :25	25"2	8 <sup>s</sup> :64	22"4	3 <sup>s</sup> :22	25"1	6 <sup>s</sup> :06	32"6	5 <sup>s</sup> :53	41"6	21 <sup>s</sup> :40	49"8
10	8 <sup>s</sup> :06	25"1	8 <sup>s</sup> :68	22"4	3 <sup>s</sup> :80	25"3	5 <sup>s</sup> :69	32"8	5 <sup>s</sup> :69	41"9	22 <sup>s</sup> :70	50"0
11	7 <sup>s</sup> :44	24"9	8 <sup>s</sup> :28	22"4	3 <sup>s</sup> :33	25"5	5 <sup>s</sup> :88	33"1	5 <sup>s</sup> :90	42"2	24 <sup>s</sup> :15	50"3
12	7 <sup>s</sup> :94	24"8	8 <sup>s</sup> :03	22"4	3 <sup>s</sup> :83	25"6	5 <sup>s</sup> :07	33"4	5 <sup>s</sup> :20	42"6	25 <sup>s</sup> :74	50"5
13	7 <sup>s</sup> :43	24"6	7 <sup>s</sup> :11	22"4	3 <sup>s</sup> :26	25"8	5 <sup>s</sup> :72	33"7	5 <sup>s</sup> :63	42"9	27 <sup>s</sup> :41	50"7
14	7 <sup>s</sup> :88	24"4	7 <sup>s</sup> :11	22"5	2 <sup>s</sup> :64	26"0	5 <sup>s</sup> :58	34"0	5 <sup>s</sup> :22	43"2	29 <sup>s</sup> :09	50"9
15	7 <sup>s</sup> :26	24"3	7 <sup>s</sup> :04	22"5	2 <sup>s</sup> :99	26"2	5 <sup>s</sup> :98	34"4	5 <sup>s</sup> :96	43"5	30 <sup>s</sup> :71	51"0
16	7 <sup>s</sup> :56	24"1	7 <sup>s</sup> :94	22"5	2 <sup>s</sup> :34	26"4	5 <sup>s</sup> :53	34"7	5 <sup>s</sup> :82	43"8	32 <sup>s</sup> :21	51"2
17	6 <sup>s</sup> :77	23"9	7 <sup>s</sup> :83	22"6	2 <sup>s</sup> :72	26"6	5 <sup>s</sup> :24	35"1	5 <sup>s</sup> :74	44"1	33 <sup>s</sup> :59	51"3
18	6 <sup>s</sup> :88	23"8	6 <sup>s</sup> :75	22"7	2 <sup>s</sup> :19	26"8	5 <sup>s</sup> :08	35"4	6 <sup>s</sup> :63	44"4	34 <sup>s</sup> :88	51"4
19	6 <sup>s</sup> :92	23"6	6 <sup>s</sup> :75	22"8	2 <sup>s</sup> :77	27"1	5 <sup>s</sup> :01	35"7	6 <sup>s</sup> :14	44"6	36 <sup>s</sup> :15	51"6
20	6 <sup>s</sup> :91	23"5	6 <sup>s</sup> :85	22"9	1 <sup>s</sup> :49	27"4	5 <sup>s</sup> :49	36"0	6 <sup>s</sup> :15	44"8	37 <sup>s</sup> :45	51"8
21	6 <sup>s</sup> :88	23"4	6 <sup>s</sup> :08	23"0	1 <sup>s</sup> :35	27"6	5 <sup>s</sup> :88	36"3	6 <sup>s</sup> :27	45"1	38 <sup>s</sup> :83	51"9
22	5 <sup>s</sup> :88	23"3	6 <sup>s</sup> :42	23"1	1 <sup>s</sup> :33	27"9	5 <sup>s</sup> :47	36"5	6 <sup>s</sup> :34	45"3	40 <sup>s</sup> :33	52"1
23	5 <sup>s</sup> :94	23"2	5 <sup>s</sup> :84	23"2	1 <sup>s</sup> :36	28"1	5 <sup>s</sup> :47	36"8	6 <sup>s</sup> :32	45"6	41 <sup>s</sup> :94	52"3
24	5 <sup>s</sup> :09	23"1	5 <sup>s</sup> :29	23"3	1 <sup>s</sup> :39	28"3	5 <sup>s</sup> :14	37"1	6 <sup>s</sup> :56	45"9	43 <sup>s</sup> :65	52"5
25	5 <sup>s</sup> :35	23"1	5 <sup>s</sup> :72	23"4	1 <sup>s</sup> :37	28"5	5 <sup>s</sup> :79	37"3	6 <sup>s</sup> :30	46"2	45 <sup>s</sup> :43	52"7
26	5 <sup>s</sup> :27	23"0	5 <sup>s</sup> :06	23"5	1 <sup>s</sup> :27	28"8	5 <sup>s</sup> :47	37"7	6 <sup>s</sup> :17	46"5	47 <sup>s</sup> :25	52"8
27	5 <sup>s</sup> :12	22"9	5 <sup>s</sup> :29	23"5	1 <sup>s</sup> :06	29"0	5 <sup>s</sup> :23	38"0	6 <sup>s</sup> :15	46"8	49 <sup>s</sup> :07	52"9
28	4 <sup>s</sup> :52	22"8	5 <sup>s</sup> :40	23"6	1 <sup>s</sup> :80	29"2	5 <sup>s</sup> :11	38"3	6 <sup>s</sup> :25	47"0	50 <sup>s</sup> :86	53"0
29	4 <sup>s</sup> :78	22"7			9 <sup>s</sup> :51	29"5	5 <sup>s</sup> :12	38"7	6 <sup>s</sup> :41	47"3	52 <sup>s</sup> :60	53"2
30	4 <sup>s</sup> :63	22"6			8 <sup>s</sup> :27	29"7	5 <sup>s</sup> :26	39"0	7 <sup>s</sup> :61	47"5	54 <sup>s</sup> :27	53"2
31	4 <sup>s</sup> :06	22"5			7 <sup>s</sup> :13	30"0			7 <sup>s</sup> :81	47"8		

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 2018  
en su culminación superior en Greenwich**

día	Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	$\alpha$	$p$										
	2 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 39'		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> 57 <sup>m</sup> 39'		2 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 39'	
1	55:89 53"3		53:58 54"4		53:47 50"8		42:63 43"2		13:00 32"5		73:42 21"1	
2	57:45 53"4		55:39 54"4		55:48 50"6		44:21 42"9		13:36 32"1		72:81 20"8	
3	58:98 53"5		57:28 54"4		57:54 50"4		45:68 42"5		13:62 31"7		72:26 20"5	
4	60:51 53"6		59:27 54"3		59:61 50"2		47:01 42"2		13:84 31"4		71:79 20"2	
5	62:08 53"7		61:37 54"3		61:63 50"0		48:19 41"8		14:09 31"0		71:36 19"9	
6	63:72 53"9		63:57 54"3		63:53 49"7		49:25 41"5		14:80 30"3		70:94 19"5	
7	65:47 54"0		65:82 54"2		65:30 49"4		50:24 41"2		15:26 30"0		70:48 19"2	
8	67:34 54"1		68:08 54"1		66:92 49"2		51:22 40"8		15:76 29"6		69:95 18"8	
9	69:34 54"2		70:25 54"0		68:43 48"9		52:25 40"5		16:24 29"3		69:31 18"5	
10	71:44 54"3		72:30 53"8		69:92 48"7		53:37 40"3		16:67 28"9		68:56 18"1	
11	73:58 54"4		74:20 53"7		71:44 48"5		54:58 40"0		17:01 28"5		67:68 17"8	
12	75:69 54"4		75:98 53"6		73:05 48"3		55:85 39"7		17:24 28"1		66:70 17"4	
13	77:70 54"4		77:71 53"5		74:76 48"1		57:14 39"3		17:35 27"7		65:63 17"1	
14	79:57 54"4		79:45 53"3		76:56 47"9		58:40 39"0		17:35 27"3		64:50 16"8	
15	81:31 54"4		81:27 53"3		78:39 47"6		59:60 38"6		17:24 26"9		63:36 16"5	
16	82:98 54"4		83:19 53"2		80:23 47"4		60:70 38"3		17:06 26"5		62:23 16"2	
17	84:64 54"4		85:21 53"1		82:04 47"1		61:70 37"9		16:83 26"2		61:15 16"0	
18	86:36 54"5		87:30 53"0		83:78 46"8		62:58 37"5		16:60 25"8		60:15 15"7	
19	88:18 54"5		89:42 52"9		85:43 46"6		63:36 37"1		16:41 25"5		59:24 15"4	
20	90:11 54"6		91:55 52"8		86:99 46"3		64:06 36"8		16:27 25"2		58:41 15"2	
21	92:13 54"7		93:64 52"6		88:44 46"0		64:70 36"4		16:23 24"8		57:60 14"9	
22	94:22 54"7		95:67 52"4		89:81 45"7		65:32 36"1		16:26 24"5		56:74 14"6	
23	96:34 54"7		97:62 52"3		91:12 45"4		65:96 35"8		16:34 24"2		55:78 14"2	
24	98:47 54"7		99:49 52"1		92:39 45"1		66:65 35"4		16:40 23"8		54:64 13"9	
25	100:57 54"7		101:26 51"9		93:66 44"8		67:42 35"1		16:38 23"4		53:33 13"6	
26	102:61 54"6		102:97 51"7		94:98 44"6		68:28 34"8		16:22 23"0		51:88 13"3	
27	104:57 54"6		104:64 51"5		96:37 44"3		69:20 34"5		15:88 22"6		50:35 13"0	
28	106:47 54"5		106:30 51"4		97:84 44"1		70:14 34"1		15:38 22"2		48:81 12"8	
29	108:29 54"5		107:98 51"2		99:40 43"8		71:05 33"7		14:77 21"8		47:32 12"5	
30	110:06 54"5		109:72 51"1		101:01 43"5		71:85 33"3		14:09 21"5		45:90 12"3	
31	111:82 54"4		111:55 50"9				72:50 32"9				44:57 12"1	

El día 5 de noviembre la Polar culmina dos veces en Greenwich, siendo las coordenadas en su segundo paso:  $\alpha = 2^{\text{h}}57^{\text{m}}14^{\text{s}}.41$  y  $p = 39^{\circ}30'7''$ .

Distancia polar:

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

Declinación de la Polar:

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

**Mínimos de  $\beta$  Persei ( Algol ) en 2018**

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

**Mínimos de  $\beta$  Lyrae ( Sheliak ) en 2018**

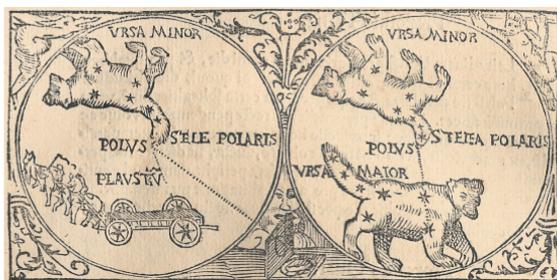
fecha y hora							
Ene 8	10 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>	Abr 9	00 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup>	Jul 8	14 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup>	Oct 7	05 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup>
Ene 21	08 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup>	Abr 21	23 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup>	Jul 21	13 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup>	Oct 20	03 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup>
Feb 3	07 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup>	May 4	21 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup>	Ago 3	12 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup>	Nov 2	02 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup>
Feb 16	06 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup>	May 17	20 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup>	Ago 16	10 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup>	Nov 15	00 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup>
Mar 1	04 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup>	May 30	18 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup>	Ago 29	09 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup>	Nov 27	23 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup>
Mar 14	03 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>	Jun 12	17 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup>	Set 11	07 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup>	Dic 10	22 <sup>h</sup> 07 <sup>m</sup>
Mar 27	01 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup>	Jun 25	16 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup>	Set 24	06 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup>	Dic 23	20 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup>

## Estrellas variables de largo periodo tipo Mira

nombre	$\alpha_{2000}$		$\delta_{2000}$		magnitud		periodo (días)	fecha del máximo
	( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )	( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )	máx.	mín.				
R Sgr	19 17	-19 18	6,7	12,8	268	Ene 01		
R Vul	21 04	+23 49	7,0	14,3	136	Feb 07		
<i>o</i> Cet	02 19	-02 59	2,0	10,0	331	Feb 11		
T UMa	12 36	+59 29	6,6	13,4	256	Feb 17		
R Boo	14 37	+26 44	6,2	12,1	223	Feb 21		
R Gem	07 07	+22 42	6,0	14,0	369	Feb 21		
T Her	18 09	+31 01	6,8	13,9	165	Mar 01		
W And	02 18	+44 18	6,7	14,6	395	Mar 04		
R Aur	05 17	+53 35	6,7	13,9	457	Mar 07		
R Leo	09 48	+11 26	4,4	11,3	312	Mar 22		
S CMi	07 33	+08 19	6,6	13,2	332	Mar 31		
X Oph	18 38	+08 50	5,9	9,2	334	Abr 01		
S Her	16 52	+14 56	6,4	13,8	307	Abr 06		
SS Vir	12 25	+00 48	6,0	9,6	354	Abr 16		
S UMa	12 44	+61 06	7,0	12,4	226	Abr 16		
W Cet	00 02	-14 41	7,1	14,8	351	Abr 18		
R UMa	10 45	+68 47	6,7	13,4	301	Abr 25		
S Vir	13 33	-07 12	6,3	13,2	377	Abr 26		
U Ori	05 56	+20 10	4,8	12,6	372	Abr 30		
R LMi	09 46	+34 31	6,3	13,2	371	May 03		
R Peg	23 07	+10 33	6,9	13,8	378	May 09		
R Vir	12 38	+06 59	6,0	12,1	145	May 11		
R Cyg	19 37	+50 12	6,1	14,2	426	May 16		
R Tri	02 37	+34 16	5,4	12,6	266	May 16		
RT Cyg	19 44	+48 47	6,4	12,7	190	May 30		
T Cep	21 10	+68 29	5,2	11,3	388	Jun 20		
V Mon	06 23	-02 12	6,0	13,7	333	Jun 22		
R Ser	15 51	+15 08	5,2	14,4	356	Jun 26		
R Aqr	23 44	-15 17	5,8	12,4	386	Jun 29		
R Cas	23 58	+51 24	4,7	13,5	430	Jul 01		
T Cas	00 23	+55 48	6,9	13,0	444	Jul 04		
R Cnc	08 17	+11 44	6,1	11,8	361	Jul 22		
R And	00 24	+38 35	5,8	14,9	409	Jul 28		
S Peg	23 21	+08 55	7,1	13,8	319	Jul 28		
U Cet	02 34	-13 09	6,8	13,4	234	Ago 02		
R Lep	05 00	-14 48	5,5	11,7	432	Ago 05		
V Cas	23 12	+59 42	6,9	13,4	228	Ago 10		
R Aql	19 06	+08 14	5,5	12,0	284	Ago 11		
S CrB	15 21	+31 22	5,8	14,1	360	Ago 18		
R Dra	16 33	+66 45	6,7	13,0	245	Ago 22		
U Her	16 26	+18 54	6,5	13,4	406	Ago 23		
R Crv	12 20	-19 15	6,7	14,4	317	Ago 30		
T Hya	08 56	-09 08	6,7	13,2	289	Set 22		
V CrB	15 50	+39 34	6,9	12,6	357	Oct 14		
R Hya	13 30	-23 17	3,0	11,0	389	Oct 21		
$\chi$ Cyg	19 51	+32 55	3,3	14,2	406	Dic 13		



# 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

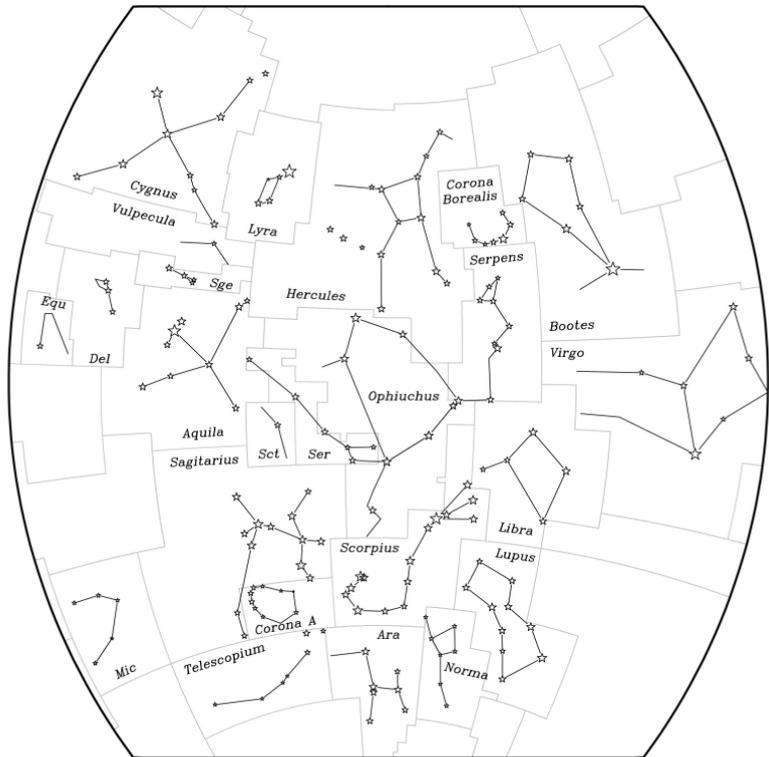
Algunas efemérides relativas a estrellas figuran en la primera parte del ANUARIO. En páginas anteriores se encuentran las efemérides de la Polar, los instantes de mínimo de  $\beta$  Persei (Algol) y  $\beta$  Lyrae y los instantes de máximo de las variables de largo periodo tipo Mira.

<b>Constelaciones</b>						
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

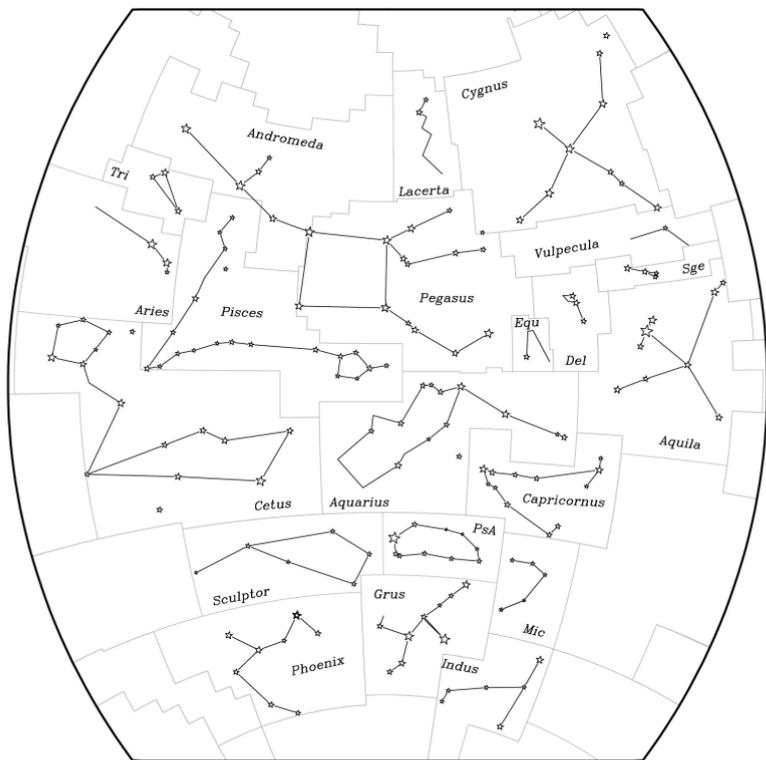
## Constelaciones (cont.)

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

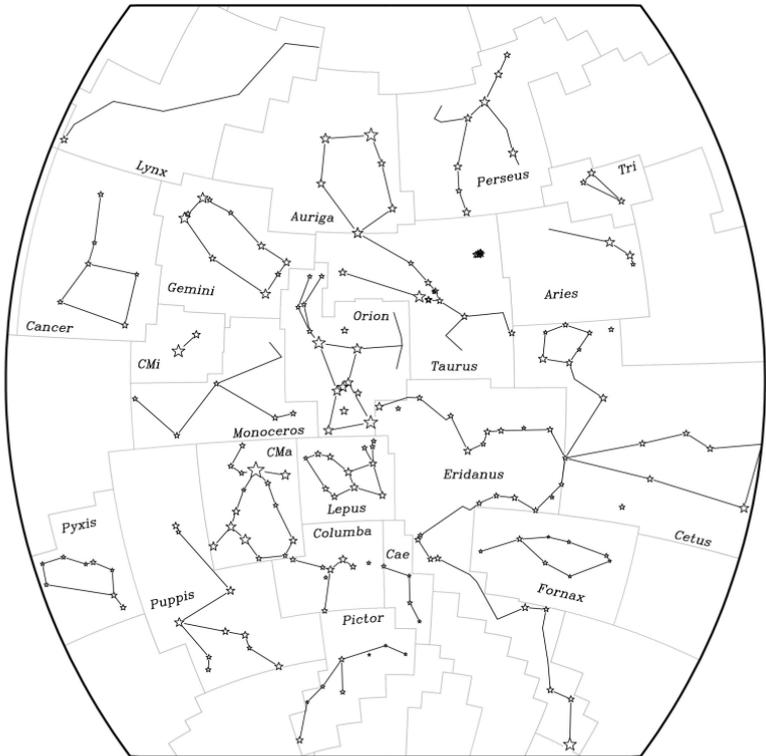
$N_*$  es el número aproximado de estrellas más brillantes que la magnitud 6.



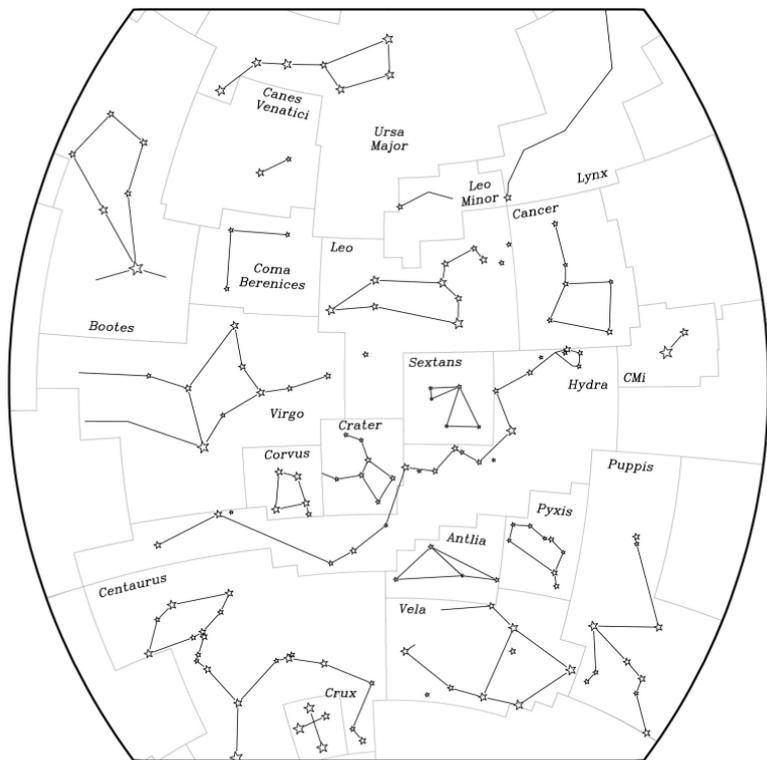
Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de  $-65^\circ$  y  $+65^\circ$ , y con ascensiones rectas desde 13 a 21 horas, que corresponden a los bordes derecho e izquierdo de la figura, respectivamente.



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.



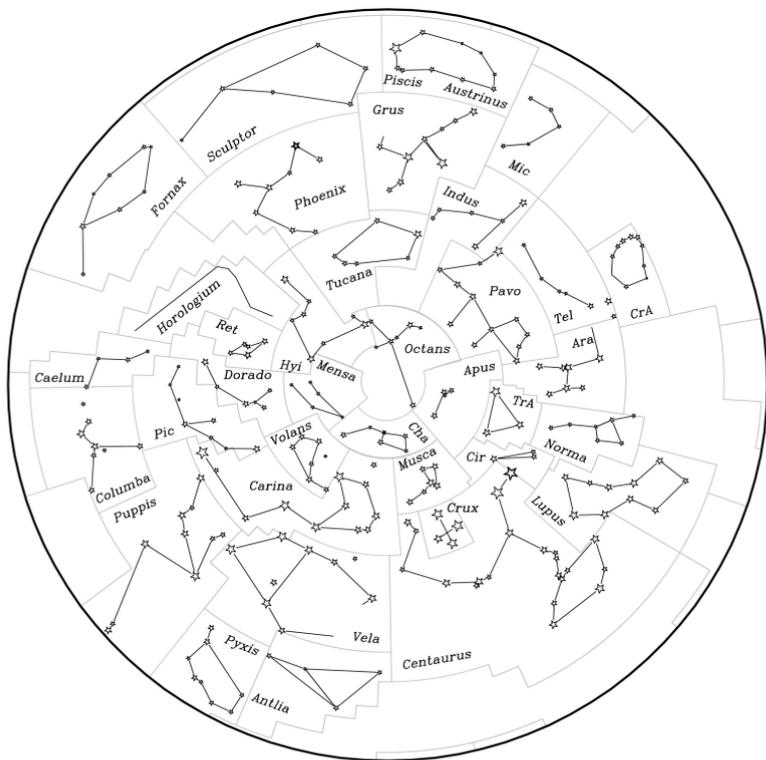
Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de  $-65^\circ$  y  $+65^\circ$ , y con ascensiones rectas desde 1 a 9 horas, que corresponden a los bordes derecho e izquierdo de la figura, respectivamente.



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)	$\delta_{2000}$ ( $^{\circ}$ ' )	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:  $\alpha$  Alford, 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	*	-6,7 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	*	-5,1 M0	131
Hadar ( $\beta$ Cen)	14 03 49	-60 22	0,61	*	-5,4 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	*	-0,6 K5	20
Espiga ( $\alpha$ Vir)	13 25 12	-11 10	0,98	*	-3,5 B2	80
Antares ( $\alpha$ Sco A+B)	16 29 24	-26 26	1,06	*	-5,3 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	*	-8,7 A2p	990
Mimosa ( $\beta$ Cru)	12 47 43	-59 41	1,25	*	-3,9 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
$\varepsilon$ 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
$\varepsilon$ 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
$\varepsilon$ 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
$\varepsilon$ 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
$\varepsilon$ 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.
	( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )	( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )		prim.	sec.		
$\eta$ Cas	00 49,1	57 49	AB	3,52	7,36	13,4	326*
$\gamma$ Ari	01 53,5	19 18	AB	4,52	4,58	7,4	1
$\gamma$ And	02 03,9	42 20	A,BC	2,31	5,02	9,8	63
$\theta$ 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	116,9	290
HR 1190	03 48,6	-37 37		4,72	5,25	8,4	216
32 Eri	03 54,3	-02 57	AB	4,80	5,89	6,9	349
$\kappa$ Tau	04 25,4	22 18	AB	4,22	5,29	344,5	174
$\theta$ Tau	04 28,7	15 52	AB	3,41	3,94	347,9	339
83 Tau	04 30,6	13 43	AC	4,75	6,09	4,8	314
92 tau	04 39,3	15 55		4,69	5,09	444,0	194
$\beta$ 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	40,0	228
$\lambda$ 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
$\sigma$ Ori	05 38,7	-02 36	AB,D	3,76	6,56	12,9	85
$\sigma$ Ori	05 38,7	-02 36	AB,E	3,76	6,34	41,5	62
$\zeta$ Ori	05 40,7	-01 57	AB	1,88	3,70	2,2	167*
$\gamma$ 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	169,6	340
$\beta$ 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	178,0	286
$\alpha$ Gem	07 34,6	31 53	AB	1,93	2,97	5,2	53*
k Pup	07 38,8	-26 48	AB	4,40	4,62	9,9	318
$\gamma$ 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	31,3	308
$\epsilon$ Hya	08 46,8	06 25	AB,C	3,49	6,66	2,8	309*
38 Lyn	09 18,8	36 48	AB	3,92	6,09	2,6	222
$\zeta$ 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	126*
54 Leo	10 55,6	24 45		4,48	6,30	6,6	112

## Estrellas dobles o múltiples

nombre	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )	$\delta_{2000}$ ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )	componentes	magnitudes		separ. ( <sup>"</sup> )	A.P. ( <sup>°</sup> )
				prim.	sec.		
$\alpha$ 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	507,3	88
$\iota$ Leo	11 23,9	10 32	AB	4,06	6,71	2,2	94*
$\gamma$ Vir	12 41,7	-01 27	AB	3,48	3,53	2,7	0*
$\alpha$ CVn	12 56,0	38 19	AB	2,85	5,52	20,0	229
$\zeta$ UMa	13 23,9	54 56	AB	2,23	3,88	14,4	152
$\zeta$ UMa	13 23,9	54 56	AC	2,23	4,01	706,9	70
$\zeta$ UMa	13 23,9	54 56	AD	2,23	7,62	493,2	100
3 Cen	13 51,8	-33 00		4,50	5,97	7,9	104
$\pi$ 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	6,2	307
$\eta$ Lup	16 00,1	-38 24	AB	3,37	7,50	15,0	19
$\beta$ Sco	16 05,4	-19 48	AC	2,59	4,52	13,9	20
$\beta$ Sco	16 05,4	-19 48	AD	2,62	7,50	519,2	30
$\nu$ Sco	16 12,0	-19 28	AC	4,35	6,60	41,6	338
$\epsilon$ Nor	16 27,2	-47 33		4,51	6,12	22,9	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	4,1	320
HR 6516	17 30,4	-01 04	AD	3,82	5,50	16,9	317
$\nu$ Dra	17 32,2	55 11		4,87	4,90	62,5	310
$\theta$ 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	259
70 Oph	18 05,5	02 30	AB	4,22	6,17	6,5	123*
$\epsilon$ Lyr	18 44,3	39 40	AB,CD	4,67	4,56	209,5	172
$\zeta$ Lyr	18 44,8	37 36	AD	4,34	5,62	43,9	150
$\beta$ Lyr	18 50,1	33 22	AB	3,63	6,69	45,6	148
$\theta$ Ser	18 56,2	04 12	AB	4,59	4,93	22,6	104
$\alpha$ Vul	19 28,7	24 40		4,61	5,93	427,7	28
$\beta$ Cyg	19 30,7	27 58	AB	3,19	4,68	34,7	54
$\delta$ Cyg	19 45,0	45 08	AB	2,89	6,27	2,8	216*
$\epsilon$ Dra	19 48,2	70 16		4,01	6,87	3,2	21
$\sigma$ Cyg	20 13,6	46 44	AC	3,93	6,97	108,6	173
$\sigma$ Cyg	20 13,6	46 44	AD	3,93	4,83	336,7	322
$\alpha$ Cap	20 18,1	-12 33	AE	3,66	4,34	381,2	290
$\beta$ Cap	20 21,0	-14 47	AB	3,15	6,08	205,4	267
$\gamma$ 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	2,4	162
$\delta$ Cep	22 29,2	58 25	AC	4,21	6,11	40,9	192

## Estrellas variables

La idea de *estrella variable* como toda aquélla cuya luminosidad no es constante resulta demasiado general pues incluiría todas las estrellas, dado que todas varían algo su luminosidad a lo largo de su vida. De manera más restrictiva, se considera que una estrella es variable cuando su brillo en luz visible cambia apreciablemente (varias décimas de magnitud) en escalas de tiempo “humanas” (de segundos a décadas). Se trata de una definición puramente observacional, que restringe las estrellas variables a aquellas en las que sus cambios de luminosidad son fácilmente apreciables para un ser humano equipado con un telescopio. Estos cambios se deben a procesos físicos muy diferentes, de acuerdo a los cuales las estrellas variables se suelen agrupar en los distintos tipos que a continuación se enumeran.

### Variables eruptivas

Están constituidas por aquellas estrellas en las que los cambios de luminosidad se producen debido a la presencia de procesos violentos en sus atmósferas. Estos cambios suelen venir acompañados de eyecciones de material en forma de vientos estelares. De entre estas estrellas citaremos las de tipo Wolf-Rayet, FU Orionis, T Orionis, T Tauri, R Coronae Borealis, S Doradus, UV Ceti (“flare” o fulgurantes) y  $\gamma$  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 novae, supernovas y novae 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 272. Entre las de largo periodo se puede empezar por algunas de las estrellas Mira más brillantes, como son Mira ( $\alpha$  Cet), R Leo y  $\chi$  Cyg, cuyos instantes de máximo para este año vienen dados en la tabla de la página 273.

## 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
$\epsilon$ 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:

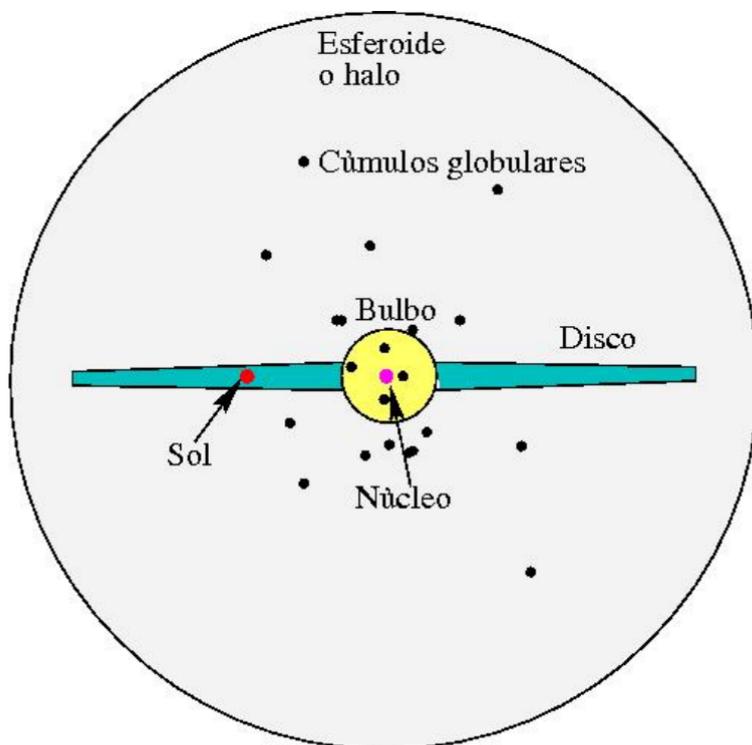
masa	$6 \cdot 10^{10} \mathcal{M}_{\odot}$
diámetro	23–30 kpc
longitud de escala	3,5 kpc
luminosidad en banda V	$1,2 \cdot 10^{10} \mathcal{L}_{\odot}$
ritmo de formación de estrellas	$\sim 3 \mathcal{M}_{\odot}$ por año
masa de gas molecular	$2,5 \cdot 10^9 \mathcal{M}_{\odot}$
masa de gas atómico	$3,0 \cdot 10^9 \mathcal{M}_{\odot}$
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. $V_{total}$	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, úse pocos aumentos
16	6611	<i>Aguila</i>	18 19	-13 47	a unos 2° de la neb. <i>Omega</i> , 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>Can- grejo</i> , en Taurus	5 34	22 01	1,3 al NO de $\zeta$ Tau, de 7'x5', visible incluso con pequeños telescopios
IC 443	en Gemini	6 17	22 47	1,5 al oeste de $\mu$ Gem
6992/60/79	neb. del <i>Velo</i> , en Cygnus	20 50	31 30	gran arco de unos 3° 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° al E de $\delta$ Gem, 0',3, V=8,3
97	3587	<i>Buho, Esquimal</i>	11 15	55 01	2° al E de $\beta$ UMa, 3',3, débil
	6543	<i>Ojos de Gato</i>	17 59	66 37	5° al E de $\delta$ Dra, 0',3, V=8,8
57	6720	<i>Anillo</i>	18 54	33 02	entre $\beta$ y $\gamma$ Lyra, 1',2, V=9,0
27	6853	<i>Pesas (Dumb-bell)</i>	19 59	22 43	en Vulpecula, ~7', V=7,6, la mejor
	7009	<i>Saturno</i>	21 04	-11 23	en Aquarius, oval ~0',5, V=8,3
	7027		21 07	42 14	en Cygnus, 9° al SE de neb. Norteamérica, 0',2, débil
	7293	<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)	$\delta_{2000}$ (° ')
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 ( $' \times '$ )	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

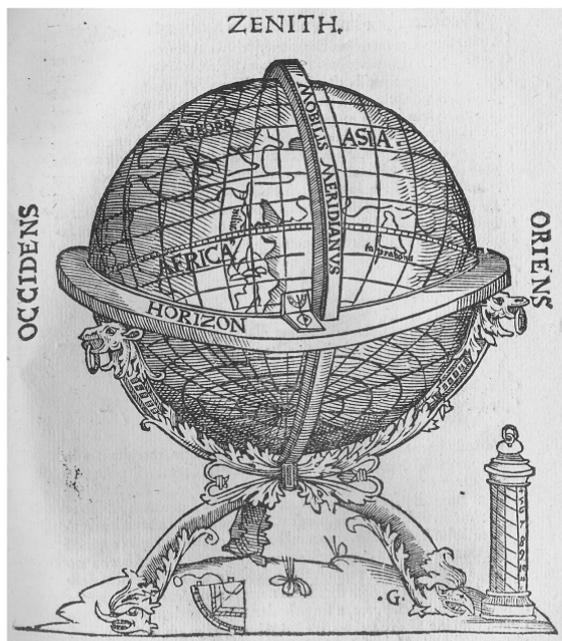
El objeto más lejano descubierto hasta marzo de 2016 posiblemente sea la galaxia brillante GN-z11, cuyo corrimiento al rojo determinado espectroscópicamente ha dado como resultado  $z = 11,09$ , que correspondería a una distancia comóvil de 9870 Mpc y una edad cósmica de unos 400 millones de años. La galaxia GN-z11 sería unos 150 millones de años más vieja que el anterior record de distancia (EGSY8p7) y presumiblemente estaría vista en el período cosmológico conocido como de la *reionización*.

El siguiente objeto más lejano fue descubierto en julio de 2015, es la galaxia EGSY8p7, cuyo corrimiento al rojo ha sido determinado espectroscópicamente mediante la inesperada detección de una línea espectral del hidrógeno,  $\text{Ly}\alpha$ , 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.

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

*Unidades:*

$$\mathcal{R}_{\oplus} = 6378,1366 \text{ km}$$

$$\mathcal{M}_{\oplus} = 5,9726 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

$$G \mathcal{M}_{\oplus} = 398\,600 \text{ km}^3 \text{ s}^{-2}$$

## 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	$510 \cdot 10^6 \text{ km}^2$
cubierta por agua	$361 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ (71%)
cubierta por tierra	$134 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ (26%)
cubierta por hielo	$15 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ (3%)
Volumen	$1,0832 \cdot 10^{12} \text{ km}^3$
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	$5,514 \text{ g cm}^{-3}$
Momento de inercia	$0,3299765 \mathcal{M}_{\oplus} \mathcal{R}_{\oplus}^2$
Constante gravitatoria	$G \mathcal{M}_{\oplus} = 398\,600,4418 \text{ km}^3 \text{ s}^{-2}$
Velocidad de escape	$11,18 \text{ km s}^{-1}$
Gravedad superficial ( $\phi = 45^\circ$ )	$9,8062 \text{ m s}^{-2}$
Gravedad en Madrid	$9,8000 \text{ m s}^{-2}$
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), $H_2O$ ( <i>variable</i> < 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	111133 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) ( $^{\circ}$ ' ")	(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



# TABLAS COMPLEMENTARIAS

1. Invertidos de meridiano. 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13												
a. Tablas de los Diferenciales de los Elementos						b. Tablas de los Elementos						
0.						0.						
1.						1.						
2.						2.						
3.						3.						
4.						4.						
5.						5.						
6.						6.						
7.						7.						
8.						8.						
9.						9.						
10.						10.						
11.						11.						
12.						12.						
13.						13.						
14.						14.						
15.						15.						
16.						16.						
17.						17.						
18.						18.						
19.						19.						
20.						20.						
21.						21.						
22.						22.						
23.						23.						
24.						24.						
25.						25.						
26.						26.						
27.						27.						
28.						28.						
29.						29.						
30.						30.						
31.						31.						
32.						32.						
33.						33.						
34.						34.						
35.						35.						
36.						36.						
37.						37.						
38.						38.						
39.						39.						
40.						40.						
41.						41.						
42.						42.						
43.						43.						
44.						44.						
45.						45.						
46.						46.						
47.						47.						
48.						48.						
49.						49.						
50.						50.						
51.						51.						
52.						52.						
53.						53.						
54.						54.						
55.						55.						
56.						56.						
57.						57.						
58.						58.						
59.						59.						
60.						60.						
61.						61.						
62.						62.						
63.						63.						
64.						64.						
65.						65.						
66.						66.						
67.						67.						
68.						68.						
69.						69.						
70.						70.						
71.						71.						
72.						72.						
73.						73.						
74.						74.						
75.						75.						
76.						76.						
77.						77.						
78.						78.						
79.						79.						
80.						80.						
81.						81.						
82.						82.						
83.						83.						
84.						84.						
85.						85.						
86.						86.						
87.						87.						
88.						88.						
89.						89.						
90.						90.						
91.						91.						
92.						92.						
93.						93.						
94.						94.						
95.						95.						
96.						96.						
97.						97.						
98.						98.						
99.						99.						
100.						100.						



# 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:

$$P_{\alpha} = 3,0750 + 1,3362 \text{ sen } \alpha \text{ tan } \delta$$

$$P_{\delta} = 20,043 \text{ cos } \alpha$$

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,  $\Omega_{\perp}$ ), podemos expresar la corrección por nutación a aplicar a las coordenadas ecuatoriales ( $\alpha, \delta$ ) con las siguientes fórmulas:

$$\Delta\alpha = Ec.Eq. - (0^{\circ}46 \text{ sen } \Omega_{\perp} \text{ sen } \alpha + 0^{\circ}61 \text{ cos } \Omega_{\perp} \text{ cos } \alpha) \tan \delta$$

$$\Delta\delta = 9^{\circ}2 \text{ cos } \Omega_{\perp} \text{ sen } \alpha - 6^{\circ}8 \text{ sen } \Omega_{\perp} \text{ cos } \alpha$$

donde *Ec.Eq.* es el valor de la ecuación de los equinoccios para la fecha (ver las tablas en *TIEMPOS*), y  $\Omega_{\perp}$  viene dada para este año en la primera página de **Datos lunares** o bien se puede calcular a partir del día juliano *DJ* mediante:

$$\Omega_{\perp} = 125^{\circ}045 - 0^{\circ}05295376 (DJ - 2451545)$$

## 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:

$$\Delta\alpha = - (1^{\circ}366 \text{ sen } L_{\odot} \text{ sen } \alpha + 1^{\circ}253 \text{ cos } L_{\odot} \text{ cos } \alpha) / \cos \delta$$

$$\Delta\delta = 18^{\circ}80 \text{ sen } \delta \text{ sen } \alpha \text{ cos } L_{\odot} - 20^{\circ}49 \text{ sen } \delta \text{ cos } \alpha \text{ sen } L_{\odot} \\ - 8^{\circ}15 \text{ cos } \delta \text{ cos } L_{\odot}$$

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 6<sup>h</sup> TU del día 18 de febrero de 2018. De la tabla correspondiente al mes obtenemos los valores:

$T_{-2}$ :	16 de febrero	$V_{-2} = 22^h08089$
$T_{-1}$ :	17 de febrero	$V_{-1} = 22^h89081$
$T_0$ :	18 de febrero	$V_0 = 23^h69481$
$T_1$ :	19 de febrero	$V_1 = 24^h49972$
$T_2$ :	20 de febrero	$V_2 = 25^h31467$

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 ( $0,1 = 0^h00003$ ). Esta es la precisión con que podemos obtener la ascensión recta deseada, en el mejor de los casos. Obsérvese, además, que para evitar una discontinuidad al pasar de  $24^h$  a  $0^h$  hemos mantenido el sentido creciente de los valores de la ascensión recta añadiendo  $24^h$  cuando ha sido necesario. En este ejemplo:  $p = 6^h0^m/24^h = 0,25000$ . Siguiendo los pasos anteriores, obtenemos los siguientes valores:

$$V = V_0 + \frac{p}{2}(V_1 - V_{-1}) = 23,89592$$

Dado que  $|V_1 - 2V_0 + V_{-1}| = 0,00091 \geq 0,00003$ , añadimos otro término:

$$V = 23,89592 + \frac{p^2}{2}(V_1 - 2V_0 + V_{-1}) = 23,89595$$

Dado que  $|V_2 - 2V_1 + 2V_{-1} - V_{-2}|/30 = 0,00053 \geq 0,00003$ , añadimos otro término:

$$V = 23,89595 + \frac{p(p^2 - 1)}{12}(V_2 - 2V_1 + 2V_{-1} - V_{-2}) = 23,89564$$

Dado que  $|V_2 - 4V_1 + 6V_0 - 4V_{-1} + V_{-2}|/100 = 0,00002 \leq 0,00003$ , no hace falta añadir ningún término más, resultando:

$$V = 23^h53^m44,3$$

El valor que se obtiene a partir de las efemérides del JPL es:  $23^h53^m44,29$ , 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 18 de febrero de 2018 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:

$$p = 2 \frac{V - V_0}{V_1 - V_{-1}} = 0,3794$$

instante al que le corresponde un valor calculado:  $V_{calc} = 23,99965$ . La corrección a aplicar a  $p$  es:

$$\Delta p = 2 \frac{V - V_{calc}}{V_1 - V_{-1}} = 0,0004$$

Al nuevo valor  $p = 0,3798$  le corresponde  $V_{calc} = 23,99998$ , valor que consideramos suficientemente aproximado, pues su discrepancia con el valor buscado es menor o similar a  $0,1 = 0^h00^m00,2^s$ . El instante de tiempo buscado es:

$$T = T_0 + p(T_1 - T_0) = 0^h + 0,3798 \times 24^h = 9^h115$$

o sea, las  $9^h6^m9^s$  del día 18 de febrero de 2018. El instante calculado a partir de las efemérides es:  $9^h6^m48^s$ .

### 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 vna 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.



Demost-  
racion  
del eclip-  
se del Sol.

Oposicion  
perfecta.

Oposicion  
imperfecta.



# ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN

**La Biblioteca del Observatorio Astronómico de Madrid**

por *Pere Planesas Bigas*

**Planetas extrasolares**

por *Julio Solís García*



# La Biblioteca del Observatorio Astronómico de Madrid

**Pere Planesas**

*Observatorio Astronómico Nacional  
Instituto Geográfico Nacional - Ministerio de Fomento*

## Motivación

El Real Observatorio de Madrid fue fundado a finales del s. XVIII, concretamente en 1790, hace unos 230 años, con el fin de cultivar la astronomía, lo que en aquella época significaba medir, indagar y estudiar los movimientos celestes. En la actualidad es un centro de investigación en astrofísica en que se estudian temas tales como el nacimiento y la vejez de las estrellas, la astroquímica y los fenómenos que influyen en la estructura y la evolución de las galaxias.

En el curso de más de dos siglos el Observatorio Astronómico de Madrid ha tenido diversas denominaciones y ha pasado por diversas vicisitudes, por etapas de gran actividad y de modernización, por otras de escasa o casi nula actividad e incluso, tras la invasión napoleónica, estuvo a punto de desaparecer. En este largo periodo de tiempo ha acumulado una colección de libros y publicaciones periódicas, con unos diez mil volúmenes en total, la mayoría de los siglos XIX y XX, aunque cuenta con 443 libros o documentos de siglos anteriores, 35 de de los cuales pueden ser únicos en España. Entre 2013 y 2015 la Dirección General del Libro, Archivos y Bibliotecas, del Ministerio de Educación Cultura y Deporte, ha llevado a cabo la catalogación de los fondos antiguos (anteriores a 1958) de la Biblioteca del Observatorio de Madrid, con un total de 8 225 ejemplares. Más de la mitad corresponden a registros nuevos en el Catálogo Colectivo del Patrimonio Bibliográfico (CCPB), no existentes en las casi 800 bibliotecas ya catalogadas en 2015.

A continuación vamos a repasar algunos de sus libros más destacados, puestos en el contexto de la historia del propio Observatorio de Madrid, de la ciencia en España y el de la astronomía en general. No se trata de un estudio histórico, que debería realizar alguien con la formación, la experiencia y el sentido crítico requeridos para tal tarea, sino una recopilación de la información a mi alcance obtenida en obras, artículos e informes que hay en la propia Biblioteca.

## Fundación de los primeros observatorios nacionales

La fundación de observatorios astronómicos nacionales en Europa se inició en el s. XVII, con la de dos de los más emblemáticos, el Observatorio de París en 1667 y el de Greenwich, cerca de Londres, ocho años después, en 1675. Les seguirían los de Berlín (1701) y San Petersburgo (1725). Conviene resaltar que los observatorios nacionales se encuentran entre las instituciones científicas más antiguas. Su creación suponía un reconocimiento por parte de los reyes de la existencia: (1) de la ciencia moderna y, en particular, de la importancia de la astronomía, (2) de la demanda por una emergente sociedad ilustrada de su práctica por sí misma y (3) de las aplicaciones prácticas que interesaban a los gobiernos. En efecto, la astronomía suministró catálogos estelares, descubrimientos de nuevos astros y la explicación de sus movimientos, pero también almanaques y determinaciones de la hora útiles en navegación, medidas del tamaño y la forma de la Tierra, y medidas de posiciones geodésicas necesarias para la emergente cartografía moderna.

El Observatorio de París fue concebido como una dependencia de la recién creada Real Academia de las Ciencias francesa (1666), donde se pretendía agrupar a los ilustrados de la época cerca del rey. Muy pronto, en 1679 inició la publicación del primer almanaque astronómico, *La connoissance des temps ou des mouvements célestes*, un conjunto de tablas de salidas, culminaciones y puestas del Sol, la Luna y los planetas, que se transformó también en almanaque náutico ochenta años después, en 1759, con el título de *Connaissance des temps et des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs*, que ayudaba a los navegantes a determinar, mediante observaciones astronómicas, su posición en el mar. También inició trabajos de astronomía aplicada a la geodesia y la cartografía, que tomarían un gran impulso a partir de la segunda mitad del s. XVIII.

El Observatorio de Greenwich en Inglaterra se fundó con el propósito principal de resolver problemas náuticos a partir de observaciones y cálculos astronómicos, algo necesario para un país isleño que iniciaba su expansión colonial. Ese observatorio, dependiente directamente del rey pero pobremente dotado de personal, no llegó a cuajar mínimamente hasta casi un siglo después cuando, a partir de 1767, empezó a publicar



Figura 1: El ministro Jean-Baptiste Colbert presenta los miembros de la Real Academia de Ciencias, impulsada por él, al rey Luís XIV en 1667. Óleo de Henri Testelin que actualmente se encuentra en el Palacio de Versalles.

anualmente el *Nautical Almanac*, unas tablas astronómicas de uso para navegantes. Llegarían a ser tan influyentes que un siglo después, en 1884, siendo entonces usadas por la mayoría de buques (aproximadamente 2/3 del total), su meridiano de referencia, el de Greenwich, fue elegido como meridiano internacional de referencia para el establecimiento de una hora universal y, en las décadas sucesivas, fue adoptado como meridiano de referencia para usos navales (en 1907 en España, adoptado en 1910 en el *Almanaque Náutico*) y para las longitudes geográficas (en 1970 en España).

Ello no impidió que, durante su primer siglo de existencia, en esos dos observatorios se realizaran numerosos descubrimientos de índole puramente astronómica, como el descubrimiento de los fenómenos de aberración estelar<sup>1</sup> (1725) y de nutación<sup>2</sup> de la Tierra (1728), ambos por Bradley en Greenwich, y se realizaran observaciones de eclipses y tránsitos planetarios. A finales del s. XVIII el observatorio de París se dedicaba al mantenimiento de la hora y a observaciones meteorológicas y puramente astronómicas. El objetivo era convertirlo en un centro de trabajo astronómico continuado.

<sup>1</sup>Pequeño (< 20'') cambio sistemático aparente de la posición observada de una estrella debido a la combinación de la velocidad de traslación de la Tierra alrededor del Sol y la de la luz.

<sup>2</sup>Pequeña (< 20'') oscilación del eje de la Tierra causada por las fuerzas gravitatorias de la Luna y, en menor medida, del Sol actuando sobre las deformaciones de la Tierra.

## Fundación de los primeros observatorios nacionales en España

En la segunda mitad del s. XVIII se fundaron dos observatorios astronómicos en España, tomando como ejemplo los de Greenwich y de París. El primer observatorio fijo y equipado para observaciones sistemáticas con un propósito definido fue el de Cádiz, fundado en 1753, como observatorio de la Academia de Guardiamarinas de Cádiz (fundada en 1717) dependiente de la Marina. Tras un arranque difícil, por fin en 1792 publicó su primer *Almanaque Náutico y Efemérides Astronómicas*, tomando como modelo el *Nautical Almanac* inglés pero publicado en español y tomando como meridiano de referencia el de Cádiz. El almanaque se convirtió en su única actividad notable a principios del s. XIX.

El segundo observatorio nacional fue fundado en Madrid en 1790, época en que la ciudad contaba con unos 175.000 habitantes (5% de la actual). El Observatorio Astronómico iba a constituir, junto con el Real Jardín Botánico (1755) y el Real Gabinete de Historia Natural (1771), parte principal del equipamiento cultural de la llamada Colina de las Ciencias junto al reurbanizado paseo Salón del Prado. El arquitecto Juan de Villanueva (1739-1811) fue el encargado de diseñar el edificio principal del Observatorio, con planta central en cruz con un gran pórtico de acceso con ocho columnas y coronado con un templete circular jónico.

Unos años antes, hacia 1785, y como era costumbre ya en aquella época, el abate Salvador Jiménez Coronado (1747-1813) se hallaba pensionado en París para aprender la astronomía más avanzada de la época. Se sabe que en ese año propuso a la embajada española la adquisición de una biblioteca científica que estaba en venta. No sabemos si tal adquisición tuvo lugar. Sí sabemos que cuatro años más tarde, al iniciarse la Revolución Francesa en 1789, regresó a Madrid. Al año siguiente, 1790, se iniciaron la construcción del edificio principal del Observatorio, la adquisición de instrumentos astronómicos y la enseñanza de la astronomía en unas instalaciones provisionales. El Real Observatorio de Madrid fue una de las últimas instituciones ilustradas fundadas en España. Estaba destinado a ser un centro de estudio de los movimientos celestes, de enseñanza teórica y práctica de la astronomía, de construcción de instrumentos científicos y un referente cultural más para la ciudadanía.

Tres años después uno de sus primeros alumnos, Joseph Radón (1768-1837), fue nombrado profesor del Observatorio y encargado de preparar un curso de matemáticas, física y óptica para formar a los alumnos de un taller destinado a fabricar instrumentos físicos y astronómicos, bajo la dirección del jefe de taller Carlos Rodríguez (? - 1802), que a su vez había sido pensionado en Londres para adiestrarse en la construcción de tales instrumentos. Radón llegó a publicar dos de los tres volúmenes previstos



Figura 2: Dibujo del Observatorio Astronómico de Madrid realizado en 1848, publicado en Tinoco (1952).

(1794, 1797), dedicados a las matemáticas y a la física<sup>3</sup>. El de óptica quedó inédito.

Otro de los primeros discípulos de la escuela de astronomía, Joseph Garriga (1765 - ?), fue encargado de la enseñanza y práctica de la meteorología. El director solicitó que circulase por las embajadas una lista de libros de meteorología para su adquisición. No se sabe si se adquirió alguno, pues el propio Garriga decidió escribir uno él mismo, el primer libro español de meteorología, publicado en 1794 con el título *Curso elemental de meteorología*, aunque sólo el primer tomo, dedicado a la astronomía, de los seis proyectados. El año anterior había publicado el libro *Uranografía o descripción del cielo*. En esta misma línea, Josef Miguel de Sarasa, otro profesor del Real Observatorio, publicó en 1806 un librito de 54 páginas titulado *Sinopsis de astronomía teórica*.

Para manifestar su aprecio hacia la labor de los astrónomos, el rey creó en 1796, por sugerencia de Jiménez Coronado, el cuerpo militar de Ingenieros Cosmógrafos de Estado al que dotó de unas ordenanzas. En uno de sus artículos (III.8) se le encargó al director tener un catálogo de los libros y manuscritos, nombrar un encargado de su custodia y se estableció que los profesores podrían extraerlos por un tiempo máximo de un mes. La militarización no produjo los efectos deseados y el Observatorio

<sup>3</sup> *Tratados de matemática necesarios á los artífices para la perfecta construcción de instrumentos astronómicos y físicos dispuestos para la instrucción teórica de los aprendices del taller del real Observatorio de Madrid*, tomo 2: *Mecánica*.

se reorganizó con una estructura civil en 1804, limitando sus objetivos más inmediatos a la teoría, práctica y enseñanza de la astronomía y la meteorología.

Además de los pequeños instrumentos traídos de París y Londres y los contruidos en el propio observatorio, en 1802 se recibió el gran telescopio de William Herschel (1738-1822) de 25 pies de longitud (7,5 m), el mejor de los que construyó quien fue el mejor fabricante de grandes telescopios de la época. El telescopio, que se trasladó desde Inglaterra desmontado en 52 cajas, llegó acompañado de nueve cuadernos manuscritos y de dos libros ilustrados de gran formato, únicos, que contienen los planos totales o parciales del telescopio, detalles de muchas de las piezas e ilustración de maniobras. Unos y otros debían servir para su correcto montaje y operación. El detalle de unos y otros ha permitido, ya en el s. XXI, llevar a cabo la construcción de una réplica a tamaño real del gran telescopio de Herschel, que se puede admirar en las visitas guiadas que de viernes a domingo se realizan en el Observatorio de Madrid.

## **Invasión napoleónica**

En 1808 el ejército de Napoleón invadió España. El 2 de diciembre, en plena batalla por Madrid, el Observatorio fue ocupado por las tropas francesas del general Sénarmont, quienes tiraron libros y documentos y quemaron la estructura de madera del gran telescopio. Sólo se salvaron algunos pequeños instrumentos, que los astrónomos Jiménez Coronado y su discípulo Ibarra, con la ayuda del portero Fabián Esteban, ocultaron en casa del comerciante Antonio Brugada (a no confundir con Juan de Brugada, el impresor, junto con Torres, del Calendario para el Observatorio), y algunos documentos, como los del gran telescopio, siendo trasladados, al terminar la contienda, al Convento de la Trinidad y a los Reales Estudios de San Isidro.

Restablecido el gobierno español en 1812, Josef Ramón de Ibarra, antiguo alumno del Observatorio y catedrático de astronomía práctica, fue nombrado director del Observatorio con la tarea de recuperar, inventariar y custodiar lo poco que había quedado. En 1816 los instrumentos y demás efectos pasaron a ser custodiados por el Museo de Ciencias Naturales, pues en diciembre de 1815 se dictó la orden por la cual el Observatorio quedaba agregado a la Junta de Protección de dicho museo, siendo así hasta 1837.

Además de diversos instrumentos, telescopios, relojes y accesorios, pasaron al Museo varios libros y documentos, que Ibarra detalla:

- Relativos al gran telescopio de Herschel (11):
  - Los dos grandes libros ilustrados con planos
  - Los cuadernos que acompañaban al gran telescopio

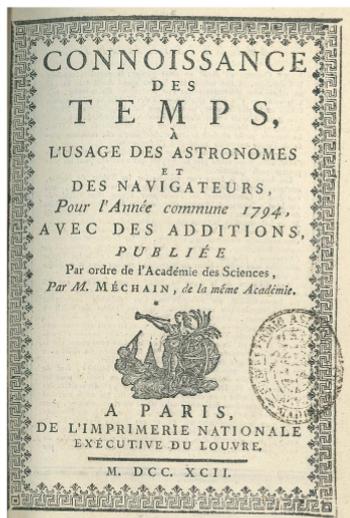
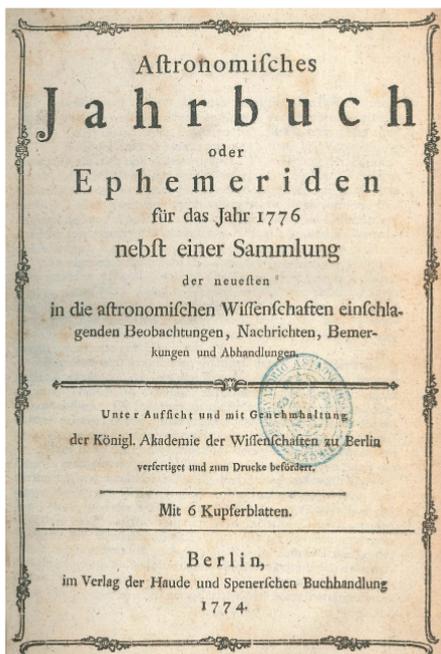


Figura 3: Portadas del *Astronomisches Jahrbuch* para 1776 y del *Connaissance des temps* para 1794, los más antiguos ejemplares de ambas colecciones disponibles en la Biblioteca del Observatorio Astronómico de Madrid.

- Anuarios astronómicos y náuticos (25):
  - 9 anuarios franceses *Connaissance des temps*.
  - 8 anuarios ingleses *Nautical Almanac*.
  - 4 anuarios españoles *Almanaque Náutico* y *Efemérides Astronómicas del Real Observatorio de Cádiz*.
  - 2 anuarios en latín de las Efemérides de Viena, de los años 1786 y 1787.
  - 1 anuario de Berlín, en alemán, del año 1779.
  - Un tomo sin encuadernar de las Efemérides de Bolonia, en latín, que comprende desde el año 1800 al 1810.

- Libros (12):
  - Tablas para corregir las distancias a la Luna, estrellas, etc. Tomo grande en inglés.
  - Descripciones de instrumentos de matemáticas y física. Tomo en 4to, en francés.
  - Descripciones de instrumentos de matemáticas. Tomo en 8vo duplicado, en inglés.
  - Uso de globos, en 8vo duplicado, presumiblemente en francés.
  - 8 tomos, en francés, sobre las modificaciones de la atmósfera y la luz.

La mayoría de los ejemplares citados se conservan en la Biblioteca.

En 1816 Sarasa intentó que se reactivasen las actividades de enseñanza y observación en el Observatorio de Madrid. Para apoyar su propuesta, este mismo año presentó una obra manuscrita de más de 200 páginas titulada *Tablas astronómicas calculadas para el uso del Observatorio del Buen Retiro de Madrid y cualquiera otro sin error sensible*. Sin embargo, fue destinado al Observatorio de San Fernando (Cádiz).

En 1821 fue nombrado director del Observatorio José Rodríguez y González (1770-1824), que se encontraba en París. Con el fin de dotar al Observatorio de una biblioteca, el 7 de enero de 1821 se acordó que pasasen a ella los libros de los monasterios suprimidos, que pudiesen ser de utilidad. No me queda claro si se trata de los monasterios suprimidos durante la ocupación francesa (decretos imperiales de 4 de diciembre de 1808 y de 18 de agosto de 1809, durante el reinado de José I Bonaparte) o consecuencia de incipientes medidas desamortizadoras adoptadas al inicio del Trienio Liberal (Decreto de supresión de monacales, de 1 de octubre de 1820). No he podido encontrar ninguna información sobre el éxito de tal iniciativa, lo que me hace pensar que poco o nada ocurrió, del mismo modo que sabemos que tampoco se restituyeron al Observatorio los instrumentos custodiados por la Junta de Protección del Museo de Ciencias desde 1816, lo cual no ocurrió hasta 1837 siendo director Domingo Fontán Rodríguez (1788-1866). Por otra parte, hay varios volúmenes con sellos que indican su antigua pertenencia a monasterios y a particulares, que pudieron llegar al Observatorio entonces o bien en fecha posterior por compra o donación.

Los trabajos de reconstrucción del edificio de Villanueva emprendidos en 1820 avanzaron con lentitud, de manera que en 1825 aún no se había habilitado la biblioteca ni ninguna sala donde colocar libros.

## **Algunos de los libros más antiguos de la Biblioteca**

Posiblemente la primera institución europea importante dedicada al saber, financiada por un mecenas e independiente de universidades y de

estudios de enseñanza superior (monásticos, episcopales, municipales), a menudo ligados a la Iglesia, fue el *Scriptorium* real o conjunto de centros de trabajo fundados en el s. XIII por Alfonso X el Sabio (1221-1284), rey de Castilla y León. La obra colectiva conocida como *Libros del saber de astronomía* (más bien de astrología), revisada por el propio rey, incluye 16 tratados de temas astronómicos y astrológicos, describiendo las esferas celestes y los principales instrumentos, tratados que fueron traducidos entre 1275 y 1277 del árabe y el hebreo al castellano. La primera edición impresa data del s. XIX. Fue realizada por el médico y catedrático de física Manuel Rico y Sinobas (1819-1898) y publicada entre los años 1863 y 1867. Se da la circunstancia que Rico y Sinobas antes había trabajado en el Observatorio de Madrid encargándose de la sección de Meteorología desde finales de 1853 hasta mediados de 1857.

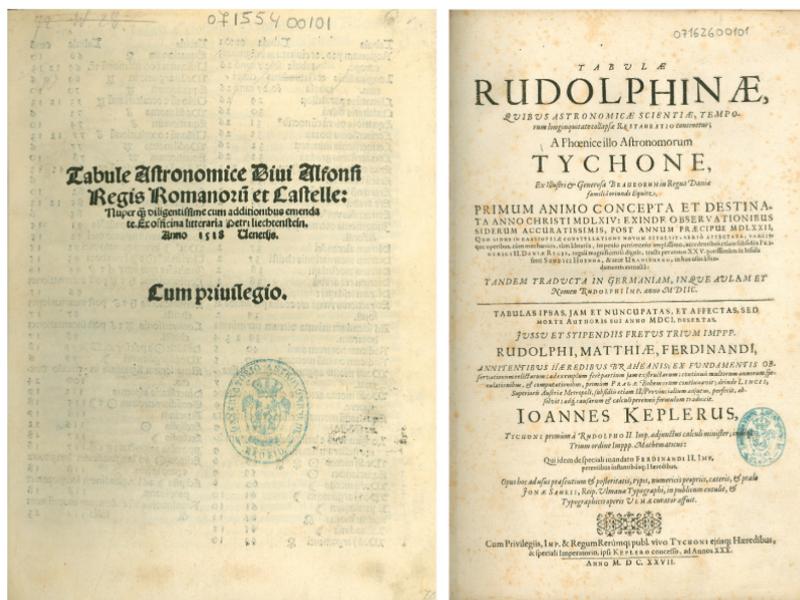


Figura 4: *Tablas alfonsíes* publicadas en Venecia en 1521 (según el colofón, aunque en la portada se indica 1518) y *Tablas rudolfinas* de Kepler publicadas en Ulm en 1627, ejemplares de la Biblioteca del Observatorio Astronómico de Madrid.

Mucho más influyentes fueron las tablas de efemérides astronómicas elaboradas entre 1263 y 1272 en Toledo por Isaac ben Sid y Judah ben Moses ha-Cohen bajo el patrocinio de Alfonso X. Conocidas como *Tablas alfonsíes*, se popularizaron en Europa a raíz de revisiones de las tablas

traducidas al latín y adaptadas al meridiano de París publicadas a partir de 1320. Nuevas versiones serían usadas durante varios siglos, incluso por el propio Nicolás Copérnico (1473-1543). En la Biblioteca disponemos de dos ediciones impresas en Venecia en 1521 y 1524.

Las tablas alfonsíes no serían superadas hasta la publicación de las *Tablas pruténicas* (prusianas) por Erasmus Reinhold (1511-1553) en 1551, tras siete años de trabajo, cuyo cálculo se basaba en el moderno modelo heliocéntrico de Copérnico y elaboradas con datos mejores que los dados por éste, pero su uso se limitó al ámbito alemán y su precisión se degradaba rápidamente con el transcurrir del tiempo. Tanto éstas como las alfonsíes serían superadas menos de un siglo después por las *Tablas rudolfinas* (1627) de Johannes Kepler (1571-1630), unas tablas astronómicas que se usaron en todo el mundo durante más de un siglo para calcular las posiciones de los planetas y las estrellas. En España están documentados al menos 4 ejemplares de las *Tablas rudolfinas*. Estas tablas fueron calculadas a partir de las leyes del movimiento planetario del propio Kepler (1609, 1619), con parámetros determinados a partir de las primeras medidas sistemáticas de posiciones planetarias realizadas en la historia, debidas a Tycho Brahe (1546-1601) y fueron compiladas, por primera vez, utilizando los logaritmos inventados en 1614 por John Napier (1550-1617), que facilitaban los cálculos. Las *Tablas rudolfinas* mejoraron apreciablemente todas las anteriores para la predicción de las posiciones de los planetas, siendo utilizadas y muy apreciadas durante todo el s. XVII. Además de un ejemplar de las *Tablas rudolfinas*, disponemos de una versión traducida al francés y ampliada por Adriaen Vlacq (1600-1667) de la obra *Arithmetica logarithmica* de Henry Briggs (1561-1630) en la que se introdujeron los logaritmos decimales, versión de 1628 única en el Catálogo Colectivo.

Kepler es uno de los grandes astrónomos de la historia, muy influyente en la consolidación del modelo planetario heliocéntrico de Nicolás Copérnico y descubridor de las tres leyes del movimiento planetario que sirvieron de base a Isaac Newton (1642/3-1727) para desarrollar su ley de gravitación universal. En la Biblioteca disponemos de la tercera edición, de 1617, de la obra de Copérnico (publicada originalmente en 1543, unos 75 años antes), y de la tercera edición corregida y aumentada, de 1726, de la obra de Newton (publicada originalmente en 1687, unos 40 años antes). Esos dos libros se encuentran entre los diez más influyentes de la historia de la astronomía (véase el Anexo).

El tratado de mecánica celeste (*Traité de mécanique céleste*), que publicó el francés Pierre-Simon de Laplace (1749-1827) en cinco volúmenes aparecidos entre 1798 y 1825, constituye la culminación de la física de Newton, incluida la ley de la gravitación. Contiene la base teórica general para el conjunto de la astronomía matemática, incluyendo una muy desarrollada mecánica planetaria. Su libro *Exposition du système du monde* (1796) es una interesante introducción a la astronomía, sin matemáticas,

que concluye con una influyente especulación sobre la formación del Sol y su sistema planetario, que se conoce como “teoría o hipótesis nebular” y que, en forma más moderna, constituye el modelo más ampliamente aceptado en la actualidad para la formación de cualquier sistema planetario.

Los libros antes citados han marcado hitos en astronomía y en ciencia en general. Fueron libros utilizados por los científicos en su formación rigurosa o en su trabajo. Pero también ha habido libros destinados a la enseñanza, a la divulgación para un público culto o simplemente bonitos.



Figura 5: *Geographiae* de Ptolomeo, en su edición publicada por Hondius en 1605, usando las planchas de Mercator.

## Bellos libros de gran formato

Entre los libros antiguos de gran formato que podemos destacar de la Biblioteca está la obra ilustrada *Ars magna lucis et umbrae* del jesuita alemán Athanasius Kircher (1602-1680), que algunos califican como el último de los sabios universales, en el que trata de asuntos astronómicos, como son los eclipses, los cometas y los relojes de sol.

Otro libro de gran formato interesante es la edición de 1605 en latín y griego, preparada por Gerardus Mercator (Gerard Kremer, 1512 - 1594), de la *Geographiae* de Claudio Ptolomeo (c. 100 - c. 170), en que describe su metodología y el mundo de su época. Con 28 mapas, es considerado el primer atlas genuino de la historia, aunque representando el mundo clásico, y uno de los libros más famosos del Renacimiento, con ediciones manuscritas e impresas, algunas de ellas coloreadas a mano.

## Pequeños libros antiguos de astronomía

No solo hay que considerar libros de gran formato. Los hay de pequeño formato, más antiguos, que fueron clásicos en la enseñanza de la astronomía durante muchas generaciones. Tal es el caso del librito de 9.000 palabras de Sacrobosco, John of Hollywood (c.1195 - c.1256), *Tractatus de Sphaera*, escrito hacia 1230. Es un famoso tratado breve de astronomía y geografía en que divulga el modelo planetario geocéntrico, basado en las obras de Ptolomeo y astrónomos árabes, y que fue usado durante varios siglos como texto básico y obligatorio en las universidades europeas hasta el s. XVII, incluso cuando su contenido elemental había sido superado. Fue el primer libro de astronomía impreso, en 1472 en la ciudad italiana de Ferrara. Hasta el s. XVII habían aparecido más de 70 ediciones en latín (25 son incunables), muchas de ellas comentadas.

En el Observatorio disponemos de tres ediciones. La más antigua corresponde al incunable *Sphaera mundi*, un texto universitario de 1499 que contiene la obra de Sacrobosco en gran formato extensamente comentada por tres autores posteriores, encuadrada junto con la importante obra *Theoricae novae planetarum* del austríaco Georg von Peurbach (1423-1461) publicada en 1454, también comentada. En ella se expone de una manera elemental pero completa la astronomía conocida entonces. Fue publicada 56 veces hasta mediados del s. XVII, en ocasiones, como acabamos de ver, junto con la *Sphaera* de Sacrobosco.

También disponemos de una edición comentada y ampliada de la *Sphaera* publicada en Colonia (Alemania) en 1594 como libro de bolsillo, ejemplar único (hasta la fecha) en el Catálogo Colectivo, y una versión traducida al castellano y comentada publicada en 1568 en Valladolid. En ocasiones esta obra estaba incorporada en otro libro, como es el caso de *Sphaera del Universo* publicado en 1599 por Ginés Rocamora y Torrano (c.1557-1612) que incluye como apéndice una traducción del libro de Sacrobosco.

La popularidad de viejas obras como ésta y su uso continuado en las universidades, incluso cuando eran obsoletas pues no se correspondían a los nuevos conocimientos, retrasó la reforma de la enseñanza de la astronomía durante los s. XVI y XVII.

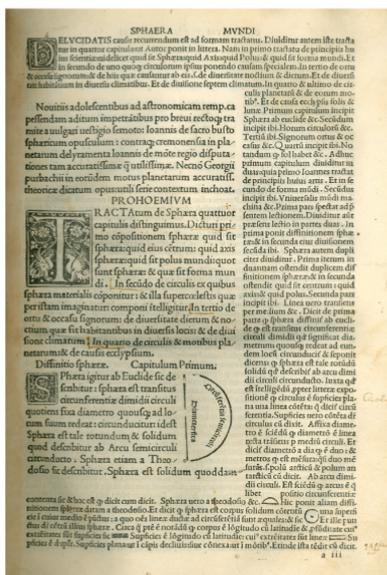


Figura 6: Edición profusamente comentada de *Sphaera mundi* de Sacrobosco de 1499 (izquierda) y portada de *Cosmographicus liber* de Apiano ampliado por Gema Frisius en 1533.

Más de cien páginas tiene el *Libro de la Cosmografía* del humanista alemán Pedro Apiano (Peter Bennewitz, 1495-1552), un libro de astronomía muy básica aplicada predominantemente a la geografía. Destinado al público no especializado, está ilustrado con diversos grabados. Publicado originalmente en 1524 en latín como *Cosmographicus liber*, fue traducido al menos a 14 idiomas y reimpresso en numerosas ocasiones a lo largo de todo el s. XVI. En la Biblioteca disponemos de una edición de 1533 en latín ampliada por el astrónomo holandés Gemma Frisius (1508-1555).

También es del s. XVI el libro *Astrolabium* (1593) del astrónomo alemán Christophorus Clavius (Cristóbal Clavio, 1538-1612), en el que se hace uso, quizás por primera vez de manera intencionada, del punto decimal, equivalente a nuestra actual coma decimal.

## El renacimiento del Observatorio y su Biblioteca

A pesar de los sucesivos nombramientos de directores, a partir de 1808 el Observatorio no tuvo apenas actividad alguna, reduciéndose a ser exclusivamente meteorológico en 1841, tras hacerse cargo del Observatorio

la Dirección General de Estudios. La reforma general de la Instrucción Pública de 1845 permitió obtener fondos para reparar y terminar el edificio de Villanueva, pero no para reiniciar actividades de investigación o enseñanza. En 1847 dos matemáticos, Antonio de Aguilar y Vela (1820-1882) y Eduardo Novella y Contreras (1819-1865), fueron pensionados durante dos años para aprender astronomía en el Observatorio de San Fernando (Cádiz) y otros dos años para visitar los principales observatorios europeos, con la intención de dotar de los instrumentos indispensables al futuro observatorio astronómico de Madrid. También elaboraron una lista de 60 libros necesarios para empezar a equipar la Biblioteca del Observatorio, siendo autorizados en 1851 a adquirirlos, por valor de hasta 1.500 reales. Adquirieron libros durante sus estancias en Hamburgo y Berlín. Además, en su estancia en el Observatorio de Greenwich, su director, George B. Airy (1801-1892), y la Asociación Británica les obsequiaron con varios catálogos: 32 volúmenes de observaciones hechas en Greenwich desde 1836, un catálogo de estrellas y la última edición del catálogo de estrellas de Lalande.

En 1851 una real orden constituyó de nuevo el Observatorio Astronómico de Madrid, nombrando a Antonio Aguilar director, bajo la supervisión de un Comisario Regio, Antonio Gil de Zárate (1793-1861). Se construyeron edificios adicionales, se adquirieron instrumentos y libros, y se inició la publicación de trabajos científicos y divulgativos. En efecto, sus fines declarados fueron dos: (1) contribuir al adelanto de la astronomía y (2) difundir entre los españoles los conocimientos astronómicos.

Al reorganizarse el Observatorio en 1851 no contaba con una biblioteca, por lo que en años sucesivos se destinaron cuantos recursos se pudo a la adquisición de libros, sin detrimento de las demás necesidades del Observatorio. Los libros se colocaron inicialmente en un local muy reducido y mal iluminado. En 1864 fue preciso construir en el salón oeste del edificio de Villanueva una estantería para colocar los libros, mientras que el local anterior se dedicó a almacén de las publicaciones sobrantes del propio Observatorio. Los libros se ordenaron por autores y materias. Sin contar folletos, memorias, discursos, mapas y otros papeles de escaso interés, en 1864 la Biblioteca disponía de 837 obras en 2275 volúmenes. Muchas de las obras, en particular las publicadas por otros observatorios nacionales y extranjeros, provenían de donativos realizados por tales instituciones.

En los años siguientes la Biblioteca aumentó a menor ritmo. Entre 1865 y 1866 ingresó un total de 140 volúmenes, cuando la media de los años anteriores había sido de 175 al año. Sesenta de los 140 volúmenes eran publicaciones periódicas y anales de observatorios y academias, lo que puede ser indicativo de un buen nivel de intercambio con otras instituciones científicas.

En esta misma época se colocaron en el local de la Biblioteca dos

grandes armarios destinados a servir (1) de archivo de observaciones y de

### Ejemplares disponibles en 1864

Materia	Número de obras	Número de volúmenes
Astronomía y geodesia	212	303
Física y meteorología	161	237
Matemáticas	134	220
Publicaciones periódicas, anales de observatorios y de academias	110	882
Geografía y viajes	49	124
Miscelánea	171	509
Total	837	2275

cálculos astronómicos, así como expedientes administrativos y (2) de archivo de libros, cuadernos y papeles referentes a observaciones meteorológicas de Madrid y de la veintena de estaciones repartidas en España y Portugal, cuyos estadillos de observación se remitían al Observatorio de Madrid.

El Observatorio inició la publicación de un anuario astronómico en 1860, con el fin de difundir los principios y resultados más elementales y más importantes de la Astronomía y ciencias relacionadas. En su primera época (hasta 1880) incluía ocasionalmente algún artículo de divulgación sobre astronomía, meteorología u otros temas. El anuario del Observatorio Astronómico se sigue publicando en la actualidad (se han cumplido 130 ediciones en 2018) e incluye un par de artículos de divulgación cada año.

## Siglos XIX y XX. La Biblioteca actual

A lo largo de la segunda mitad del s. XIX y durante el s. XX se adquirieron libros y catálogos, se coleccionaron publicaciones periódicas de diversa índole (astronomía, ciencia, técnica, industria, naturaleza, meteorología, minería, agricultura...) así como anuarios con efemérides astronómicas y almanaques náuticos, y se recibieron anales y boletines de observatorios y sociedades científicas. El ala oeste del edificio de Villanueva se convirtió en biblioteca tras tapiar sus ventanas (dos al sur y una al norte), salvo la que da al oeste, recubriendo los muros laterales y el de la entrada con estanterías de madera, acristaladas, hasta el techo en dos plantas, accediendo a la superior por dos estrechas escaleras de caracol. A principios del s. XX se procedió a la ordenación de los libros por materias en unas estanterías que eran ya insuficientes para la cantidad de publicaciones, cuyo amontonamiento dificultaba su consulta. En las

décadas en 1970 y 1980 se recibían al año entre 20 y 30 revistas periódicas profesionales y de divulgación, entre 150 y 200 ejemplares de colecciones y series de centros científicos de más de 30 países, decenas de publicaciones diversas (informes, manuales, separatas) y unas pocas decenas de libros. María del Carmen Aguilar Aznar (1926-2010) fue la última bibliotecaria del Observatorio, hasta su jubilación en 1991.

En la actualidad, la biblioteca antigua (que denominamos Biblioteca A) dispone de unos 400 m de estanterías y se completa con una biblioteca nueva, repartida entre las sedes de Madrid y de Alcalá de Henares, con unos 300 m adicionales. Estos últimos corresponden, en su mayor parte, a colecciones modernas de revistas de astronomía profesional.

**Obras anteriores a 1958**  
incorporadas al CCPB

Siglo	Número de obras
XV	1
XVI	11
XVII	19
XVIII	412
XIX	4.496
XX	3.286
Total	8.225

Las colecciones ocupan la mayor parte de la Biblioteca, hasta el punto que algunas han debido ser almacenadas aparte al excederse, hace varias décadas, el espacio disponible en la Biblioteca del edificio de Villanueva. A fin de facilitar su acceso, los libros y revistas más actuales están en una sala semisótano del edificio ocupado en la actualidad por los astrónomos. Grandes colecciones antiguas de uso casi nulo están en una sala aneja (Biblioteca B). Entre ellas cabe mencionar la colección de unos 100 volúmenes, entre reproducciones y tablas, resultado de uno de los grandes proyectos astronómicos realizado entre los siglos XIX y XX. Se trata de un catálogo fotográfico del cielo, llamado *Catálogo astrográfico* o también *Carte du ciel*, compuesto por 22.000 placas fotográficas obtenidas en unos veinte observatorios alrededor del mundo y que se tardó más de 50 años en completar. El resultado fue un conjunto de 254 volúmenes con las posiciones de casi 5 millones de estrellas con una magnitud límite entre 11 y 13.

Como comparación, el catálogo estelar que el Telescopio Espacial Hubble utiliza en la actualidad contiene casi mil millones de estrellas, hasta la magnitud<sup>4</sup> 21. El observatorio espacial Gaia, cuyo lanzamiento tuvo lugar en diciembre de 2013, espera catalogar en cinco años una

<sup>4</sup>Una estrella de magnitud 21 es diez mil veces menos brillante que una de magnitud 11 y

cantidad similar de estrellas con posiciones, distancias y movimientos propios mucho más precisos. Tales catálogos sólo se pueden almacenar y consultar de forma digital.

Lo mismo ocurre con otros tipos de catálogos: en la actualidad (2017) se han catalogado un millón y medio de galaxias, otros tantos cuásares (entre confirmados y candidatos) y 3/4 de millón de asteroides.



Figura 7: Aspecto actual de la Biblioteca principal situada en el ala oeste del edificio de Villanueva.

## Presente y futuro de la publicación en astronomía

Tradicionalmente los resultados científicos en astronomía se han publicado en revistas científicas, en actas de congresos y en libros. En el s. XXI se está produciendo una digitalización acelerada de la publicación científica. En ello influyen:

- los elevados costes de la publicación en papel, que han hecho que la adquisición de libros y la suscripción a revistas hayan disminuido tanto que su versión en papel deja de ser viable,

---

ésta es diez mil veces menos brillante que una de magnitud 1. La estrellas Antares ( $\alpha$  Sco) y Espiga ( $\alpha$  Vir) son de magnitud 1.

- la gran producción científica, que genera un problema de espacio en las bibliotecas y un problema de capacidad de búsqueda de la información interesante para cada astrónomo,
- la búsqueda digital de información y los enlaces entre los artículos digitales y con los grandes archivos de datos (muchos de ellos englobados en el Observatorio Virtual, surgido a principios del s. XXI), o servicios de catálogos como SIMBAD y VizieR del Centro de Datos astronómicos de Estrasburgo y NED de NASA/IPAC.

En definitiva la publicación tiende a ser electrónica: se accede a ella por internet; incluso los discos compactos (CD-rom, DVD-rom), que habían encontrado su lugar en las bibliotecas, están cayendo en desuso. Un caso de supervivencia lo tenemos en las efemérides de asteroides del Instituto de Astronomía Aplicada de la Academia Rusa de Ciencias cuya publicación se inició en 1948. Veinte años después contenía los datos de 1.726 asteroides en un volumen de 164 páginas. Desde 2004 constaba de un volumen en papel de unas 700 páginas con información de los asteroides más brillantes (unos 17.000), la del resto se publicaba en un CD-rom. A partir de 2012 se publica exclusivamente en CD-rom. El del año 2016 contiene las efemérides de 430.405 asteroides, más de la mitad de los descubiertos.

Actualmente, bibliotecas como la del OAN sólo adquieren algunos libros, de referencia o de texto. Incluso los catálogos, que tenían sentido en papel cuando contenían miles o decenas de miles de estrellas, lo han perdido al contener entre millones y miles de millones de astros. Las actas de los congresos, con un contenido un tanto efímero por tratarse a menudo de meros adelantos de resultados que darán lugar a artículos detallados, en la actualidad se publican casi exclusivamente en forma digital. Debido a ello, los artículos de revisión alcanzan un mayor número de lectores.

En cuanto a las revistas, la publicación digital permite la proliferación de ellas, algunas muy especializadas, otras poco exigentes en el nivel científico; pero la mayor parte de astrónomos tratan de publicar sus artículos en unas pocas revistas de astronomía generalistas que han alcanzado un gran prestigio al exigir un alto nivel a cualquier artículo que se publique en ellas. Como consecuencia, la mayor parte de artículos relevantes de astronomía se publica en unas pocas revistas periódicas. Hace un siglo cada observatorio o sociedad astronómica publicaba su boletín. En 1969 algunos de los más importantes boletines europeos se fusionaron en una única revista, *Astronomy and Astrophysics* (A&A), que es actualmente una de las principales del ramo. Otra de ellas es *Monthly Notices of the Royal astronomical Society* (MNRAS), que se viene publicando desde 1827. En EEUU se publica desde 1895 la más influyente del ramo, *The Astrophysical Journal* (ApJ). Los artículos científicos publicados en ella en 1895 y en 2012 difieren en varios aspectos:

1. el contenido actual es mucho más extenso (ahora los artículos son

unas 10 veces más extensos que en 1895) y sofisticado, lo cual se refleja en un número medio de autores mucho mayor (ahora es de 10 autores, solo de 1 en 1895) ,

2. el número de artículos publicados es mucho mayor (casi 3.000 artículos en 2012, solo 162 en 1895) no en vano hay muchos más astrónomos en la actualidad que hace un siglo.

En 1895 la revista *The Astrophysical Journal* publicó un par de volúmenes con un total aproximado de 880 páginas, que ocupan 8 cm en la estantería. Treinta años después, en 1925, seguía publicando un par de volúmenes anuales con unas 900 páginas. A partir de la década de 1930 los avances en la física propiciaron un mayor desarrollo de la astrofísica, que ha tenido un crecimiento anual sostenido. Pasados otros treinta años, en 1955 nos encontramos con la publicación de dos volúmenes con casi 1.400 páginas en un formato 70% mayor. Otros treinta años después, en 1985 se publicaron 12 volúmenes en un formato un 80% mayor, con 11.000 páginas, ocupando 67 cm de estantería. La edición de 2012 de esta misma revista tiene 43.000 páginas y ocupa 1,7 m.

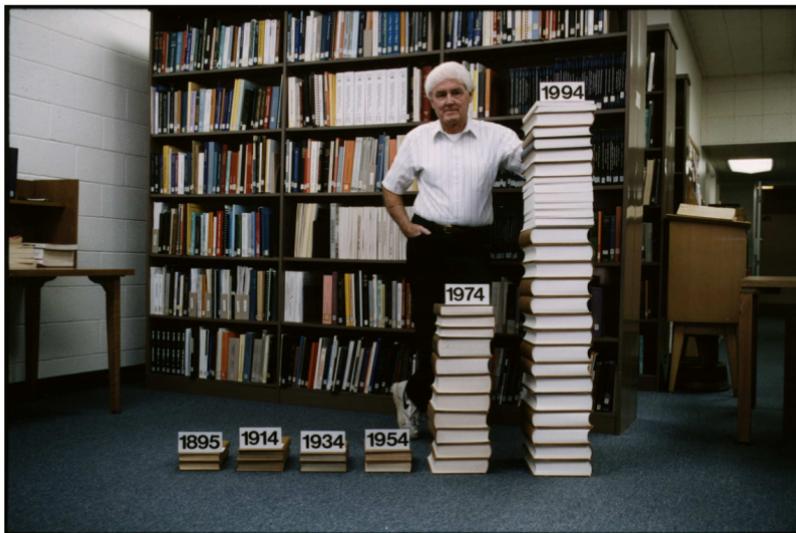


Figura 8: El astrónomo estadounidense Helmut Abt muestra el crecimiento en el número de páginas de la revista *The Astrophysical Journal* a lo largo de un siglo.

En 2012 las tres principales revistas de astronomía (ApJ, A&A, MNRAS) publicaron en conjunto casi 100.000 páginas, en un total de

39 gruesos volúmenes que, una vez encuadernados, ocupan unos 3,5 m de estantería. A partir de 2010 algunas de dichas revistas adaptaron su paginación a la publicación digital: además de indicar el número de cada página, se indica el número de orden de cada artículo en el volumen. Se preparaba la pronta desaparición de sus versiones en papel, que ya ha tenido lugar. Desde 2015 ApJ (junto a ApJL, ApJSS y AnJ) y desde 2016 A&A se publican exclusivamente en forma digital, lo cual permite incluir hiperenlaces, imágenes en tres dimensiones y películas. Las prepublicaciones, tradicionalmente distribuidas por correo en papel, desde la década de 1990 se archivan y distribuyen por medio de servidores electrónicos, siendo [arXiv.org](http://arXiv.org) el más popular.

Si el s. XX ha visto el ocaso del elaborado libro científico y el auge del más inmediato artículo científico, en el s. XXI estamos viendo el ocaso de la publicación en papel y el desarrollo de los grandes repositorios digitales de datos y de resultados científicos.

## **El futuro de la Biblioteca del Observatorio**

Se trata de una biblioteca de carácter restringido, por tratarse de una biblioteca de investigación con colecciones bibliográficas especializadas y con libros de los siglos XV en adelante. Por la naturaleza de sus fondos, por razones de seguridad y conservación, y por limitaciones en la capacidad operativa, su acceso está limitado a investigadores acreditados que justifiquen la necesidad de uso de los fondos de la Biblioteca.

Por una parte, es un repositorio de libros y publicaciones antiguas, constituyendo una memoria histórica de los libros y manuales que fueron en su día esenciales para la formación, la práctica y la investigación científica. La Biblioteca es también una memoria de los trabajos realizados, a veces poco conocidos y que esperan ser rescatados, y una fuente para estudios de la práctica de la astronomía en el pasado, sus instrumentos, sus técnicas observacionales, sus métodos de análisis y sus resultados.

Por otra parte, la Biblioteca contiene revistas profesionales, libros, manuales y catálogos que han sido y son relevantes en la investigación en astrofísica en las últimas décadas, usada por los científicos del propio Observatorio. Sin embargo, la cada vez más frecuente edición en soporte digital y el acceso electrónico a las revistas, datos y catálogos modernos reduce progresivamente su crecimiento, por los cambios habidos en los modos de obtener, conservar y diseminar la información, cada vez más basados en medios electrónicos. En efecto, la potencia de los nuevos observatorios actuales, en tierra o en el espacio, unida a la complejidad en su uso y la exigencia de un alto rendimiento en su operación, realizada por expertos en el instrumento y con programación flexible de las observaciones para adaptarla a la calidad de la atmósfera y la disponibilidad de instrumentos, conlleva una disminución de la

presencia de los investigadores en los observatorios. En su lugar, se accede electrónicamente a los datos obtenidos, en ocasiones editados y precalibrados o incluso convertidos en un producto estandarizado. Del mismo modo se accede a archivos digitales de datos liberados (es decir, datos que se hacen accesibles para cualquier investigador pasado un corto tiempo en que son de acceso exclusivo de los astrónomos que los solicitaron). Las herramientas electrónicas permiten una discriminación mucho más alta de la información que se necesita para cada estudio, trátese de datos, software o artículos ya publicados sobre el mismo tema, fenómeno o astro.

En definitiva, en el s. XXI es más importante disponer de una rápida conexión a internet y de suscripción electrónica a revistas profesionales que disponer de una buena biblioteca local, la cual de ningún modo (por coste y espacio) puede contener toda la información relevante (datos, catálogos, publicaciones) que se pueda necesitar. Las bibliotecas de los observatorios y centros de investigación en astronomía conservan, eso sí, el valor patrimonial e histórico de las formas de aprender e investigar propias de los siglos pasados.

## Referencias

- Anuarios del Observatorio Astronómico de Madrid, en particular los artículos correspondientes a los años 1860 (Gil de Zárate), 1868 (Aguilar), 1872 (Merino), 1922 (Vela) y 1952 (Tinoco).
- Agustín Jesús Barreiro, *El Observatorio Astronómico de Madrid. Su fundación y desarrollo* 1932, Revista de la Academia de Ciencias de Madrid, tomo XXIX, páginas 173-190.
- Antonio Lafuente y Manuel Sellés, *El Observatorio de Cádiz (1753-1831)*, 1988, Ministerio de Defensa.
- Manuel López Arroyo, *El Real Observatorio Astronómico de Madrid (1785-1973)*, 2004, CNIG-ING.
- VV.AA., *Doscientos años del Observatorio Astronómico de Madrid*, 1992, AAOAM.

## Anexo

Ejemplares de algunos de los libros de astronomía más influyentes desde la antigüedad hasta el s. XIX existentes (salvo uno) en la Biblioteca del Observatorio Astronómico de Madrid:

- Aristóteles: *Acerca del cielo* [s. –IV] (*Traité du ciel d'Aristote*, 1866, traducción al francés comentada de B. Saint-Hilaire).
- Claudio Ptolomeo: *Almagesto* [s. II] (ninguna edición disponible).
- Nicolás Copérnico: *De revolutionibus orbium coelestium* [1543], edición de 1617, en latín.
- Johannes Kepler: *Astronomia Nova* [1609], en el volumen tercero de la edición de sus obras completas en latín *Astronomi opera omnia* (8 volúmenes), 1858-1870.
- Galileo Galilei: *Sidereus Nuncius* [1610], en latín, en el volumen cuarto de la edición de sus obras completas *Opere di Galileo Galilei* (13 volúmenes), 1808-1811.
- Galileo Galilei: *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo tolemaico e copernicano* [1632], en italiano en los volúmenes 11 y 12 de la edición de sus obras completas *Opere di Galileo Galilei*.
- Isaac Newton: *Philosophiae naturalis principia mathematica* [1687], tercera edición, de 1726, en latín.
- Pierre Simon Laplace: *Traité de mécanique céleste* [1799-1825], dos colecciones de los cinco volúmenes, en francés, publicados entre los años 1799 y 1829.
- Pierre Simon Laplace: *Exposition du système du monde* [1796], sexta edición, de 1836, en dos volúmenes en francés.

Como puede observarse, salvo en un caso no se trata de primeras ediciones. De seis de ellos existen meritorias traducciones al castellano, como es el caso de las obras citadas de Aristóteles, Copérnico, Galileo y Newton, traducciones realizadas en las dos últimas décadas del siglo XX, y la más reciente de la *Exposición del sistema del mundo* de Laplace.

## PLANETAS EXTRASOLARES

**Julio Solís García**

*Agencia Estatal de Meteorología*

“Hemos hecho un trabajo tan pésimo en lo que respecta a administrar nuestro planeta que deberíamos tener mucho cuidado antes de tratar de administrar otros.”

Carl Sagan

Hace muy poco tiempo era una conjetura, hoy es una certeza: las estrellas con planetas a su alrededor son algo común en el Universo. Se dice que la realidad supera a la ficción, y en este caso no solamente es cierto sino que la supera por mucho. Se conoce relativamente bien la formación, desarrollo y muerte de las estrellas, sobre todo porque emiten mucha información, luz, calor y radiación en toda la amplitud del espectro electromagnético, entre ellas el Sol, nuestro Sol, que es una estrella normal y corriente más.

Detectar y estudiar planetas extrasolares es muchísimo más complicado, primero porque están muy cerca de su estrella, que emite poderosamente palideciendo la luz de su esquiwa prole, y en segundo lugar por su tamaño, muy inferior al de su estrella anfitriona. Sin embargo, los avances tecnológicos y científicos han dado sus frutos en los últimos años y, aunque las cifras crecen rápidamente, casi de un día para otro, ya tenemos identificados alrededor de cinco mil planetas extrasolares, mas de la mitad de ellos confirmados y otros muchos por confirmar, pero todos situados a distancias próximas (en términos galácticos), lo que hace suponer la existencia de varios miles de millones (solo en nuestra galaxia) de planetas similares a la Tierra con órbitas situadas a distancias óptimas de su sol para permitir condiciones de habitabilidad.

De las atmósferas de estos planetas confirmados se sabe poco aún, pero seguramente se den unas circunstancias (composición, densidad, gravedad,

cantidad de agua, radiación, etc) que configuren unas meteorologías diversas y exóticas. Apasionante horizonte el que se abre ante nuestros ojos para las generaciones venideras.

## De especulación a certeza

Los que hace 40 años estudiábamos astronomía, leíamos en todos los textos, libros y manuales, que en el Sistema Solar había nueve planetas, Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón, y esos eran todos los planetas de los que teníamos algún conocimiento. Hoy, en el Sistema Solar solamente hay ocho planetas, y no porque haya ocurrido una catástrofe cósmica y haya desaparecido alguno, sino porque Plutón ha pasado a clasificarse de otra forma a la vista del descubrimiento de varios cuerpos similares más allá de su órbita. Ahora Plutón es el mayor de los plutoides, que es como se denominan a los planetas enanos cuya órbita queda más lejos del Sol, más allá de la de Neptuno.

En aquél tiempo, y desde hacía siglos, se especulaba con la posible existencia de planetas y otros sistemas planetarios alrededor de otras estrellas, pero encontrarlos, observarlos y estudiarlos parecía cosa de ciencia ficción. A lo más que llegaban la ciencia y la tecnología era al establecimiento de una ecuación matemática, desarrollada por Frank Drake en 1961 dentro del proyecto SETI (Search for (of) Extra-Terrestrial Intelligence), que calculaba el número de civilizaciones que podrían comunicarse en la Vía Láctea, basándose en diversos factores, varios de ellos relacionados con el número de estrellas que tendrían planetas girando a su alrededor, y cuántos de ellos girarían en una zona adecuada para permitir el desarrollo de la vida.

Muchos de los factores de la ecuación de Drake son especulativos e inciertos, y dan valores muy diferentes según las estimaciones que se hagan, pero es inquietante y estimulante a la vez pensar que con un número tan alto de estrellas en la galaxia, y de galaxias en el Universo, y de que a la vista de los últimos descubrimientos lo “normal” es que la mayoría de estrellas tengan planetas girando a su alrededor, lo más probable es que existan formas de vida extraterrestre distintas a la nuestra. Cosa distinta es que si alguna ha dado lugar a una civilización tecnológica, las dificultades para la comunicación e interacción sean casi insalvables.

A principios de la década de los 90 del pasado siglo se detectaron los primeros exoplanetas, o planetas extrasolares, es decir, que orbitan alrededor de otras estrellas distintas del Sol (figura 1), aunque llegados a este punto quizá merezca la pena detenerse un poco en definir lo que es un planeta y lo que es una estrella. Podría pensarse que la respuesta es muy sencilla, una estrella es un astro que emite luz propia, y un planeta es un astro que no emite luz propia, solamente refleja la que le llega, como nos enseñaban hace años en los primeros cursos de enseñanza primaria. Pero el asunto es algo más complicado, y existen cuerpos que se quedaron

a medio camino entre lo que es una estrella y lo que es un planeta, sin masa suficiente como para generar reacciones nucleares de fusión que le permitan emitir luz, pero con un tamaño y apariencia de planeta gaseoso gigante, tipo júpiter, pero más grande. Esas estrellas fallidas se denominan “enanas marrones”, y realmente son objetos que a veces son difíciles de catalogar ya que presentan características que en aspectos recuerdan a las estrellas y en otros, a los planetas.



Figura 1: Recreación artística de un exoplaneta (cortesía de ESO L. Calçada).

Dejando aparte las definiciones técnicas elaboradas por la Unión Astronómica Internacional, lo cierto es que cuando observamos una estrella, vemos solamente dicha estrella, o varias si forman algún sistema binario o de más estrellas; pero hasta hace pocos años era imposible ver otros posibles cuerpos que acompañaran a dicha estrella y que brillaran mucho menos, como podrían ser planetas u otros cuerpos sin luz propia. Más adelante se describirán los procedimientos desarrollados en los últimos años para la detección de planetas extrasolares, pero es evidente que los primeros que se observaron o detectaron eran los que más se notaban, es decir, los mayores en masa y volumen, que provocaban mayores alteraciones en el comportamiento de su estrella, y que eran más fácilmente detectables.

Los primeros planetas extrasolares detectados eran planetas con órbitas cercanas a su estrella, gaseosos gigantes, tipo júpiter, pero más grandes y calientes, y que pasaron a denominarse “júpiteres calientes”, eran los más fáciles de detectar. Posteriormente con las mejoras en las técnicas

de detección se fueron localizando planetas menores, de tipo terrestre, y situados a distancias de su sol que ofrecen unos rangos de temperaturas compatibles con el agua líquida y con atmósferas más parecidas a las de la Tierra. Actualmente se han catalogado los exoplanetas en dos grandes grupos, los llamados de tipo joviano, gigantes gaseosos que pueden ser mayores que Júpiter, con algunos subtipos, como los denominados neptuno frío o superjúpiter, por ejemplo; y los de tipo terrestre, planetas sólidos, similares a los planetas terrestres del Sistema Solar, de menor tamaño que los anteriores por regla general y con atmósferas similares a las de Venus o la Tierra y posiblemente con agua líquida superficial, y que también presentan subclases como supertierras, subtierras, o mercurianos (figura 2).

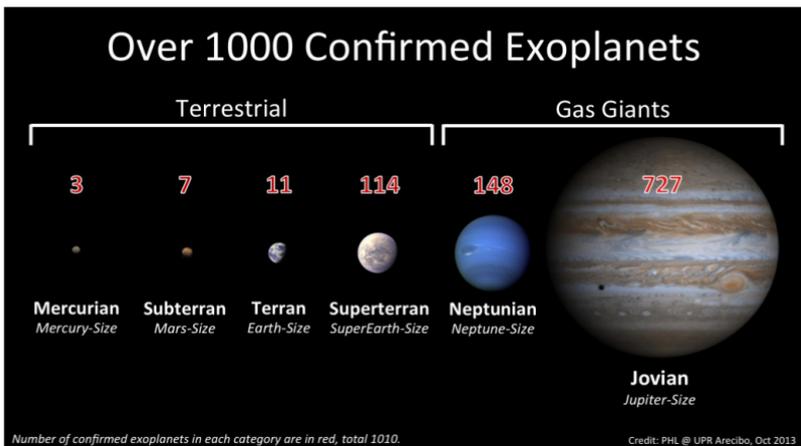


Figura 2: Algunos tipos de exoplanetas y número de confirmados a octubre de 2013 (PHL@UPR Arecibo).

Cuando leemos noticias acerca de los planetas extrasolares, nos encontramos con denominaciones poco intuitivas, raras y, lo que desconcierta más, diferentes, pero realmente obedecen a convenios internacionales dentro del ámbito científico fáciles de comprender. El esquema fundamental para la nomenclatura de exoplanetas es el nombre de la estrella alrededor de la cual orbitan seguido de una letra minúscula del alfabeto occidental excluyendo la primera letra “a” (b, c, d, e, f, ...). Y ¿cómo se denominan las estrellas? Pues las estrellas empezaron a denominarse con nombres propios, sobre todo las más brillantes, en tiempos de la antigua Grecia y Roma, y también por culturas anteriores como la mesopotámica, por ejemplo Castor, Pollux, Sirius, Capella, Canopus, Regulus o Polaris. Con el declive de la cultura clásica, ya en la Edad Media, los árabes dominaron las ciencias, y en particular la astronomía, dando nombres como Aldebarán, Mizar, Alcor, Rigel o Algol, a brillantes e importantes estrellas.



Figura 3: Recreación artística del sistema planetario de la estrella Gliese 581.

Con la llegada del Renacimiento se cartografió el firmamento con un mayor nivel de detalle, y con un número de estrellas tan alto que ya no era práctico el uso de nombres propios, estableciéndose una nueva nomenclatura para las estrellas ideada por el astrónomo alemán Johann Bayer y utilizada en su famoso atlas estelar *Uranometria* publicado en el año 1603. Consistía en denominar a las estrellas con las letras del alfabeto griego, empezando por la letra  $\alpha$  (alfa) para la más brillante, y seguido del genitivo del nombre latino de la constelación en que se encuentran, como por ejemplo Sirio ( $\alpha$  Canis Maioris) o Rigel ( $\beta$  Orionis). Sin embargo, muy pronto, este sistema quedó pequeño para denominar a un número cada vez mayor de estrellas catalogadas, y se establecieron otros sistemas, como el ideado por John Flamsteed en 1712 que utilizaba números en lugar de las letras griegas (por ejemplo 51 Pegasi o 70 Virginis) en orden a la ascensión recta de la estrella y no del brillo. Después se establecieron catálogos cada vez más extensos de estrellas en los que se denominaban con números precedidos por el nombre o abreviatura del nombre del catálogo, como por ejemplo Lalande 21185 para el catálogo de Lalande, HD 160691 para el catálogo de Henry Draper, o Gliese 581 para el de Wilhelm Gliese (figura 3).

Por tanto, ahora ya sabemos que HD 189733b es la identificación de un planeta extrasolar que orbita alrededor de la estrella HD 189733, o que Qatar-1b corresponde al nombre del proyecto o misión seguido por

un número de su catálogo de objetos localizados, como los catalogados por la misión Kepler, Kepler-16b o Kepler-10c por ejemplo (figura 4). Como dato curioso, en el año 2015 la Unión Astronómica Internacional aceptó denominar oficialmente, tras una votación popular internacional, al sistema planetario de la estrella  $\mu$  Arae como Cervantes, a propuesta del Planetario de Pamplona y de la Sociedad Española de Astronomía, con la colaboración del Instituto Cervantes. La estrella de este sistema planetario es una estrella similar al Sol, y se han descubierto cuatro planetas, tres de ellos del tipo gigante gaseoso, tipo júpiter, y el cuarto algo más pequeño que podría ser un neptuno caliente. A estos cuatro exoplanetas se les ha denominado Quijote ( $\mu$  Arae b), Dulcinea ( $\mu$  Arae c), Rocinante ( $\mu$  Arae d), y Sancho ( $\mu$  Arae e), todos ellos girando alrededor de Cervantes, estrella que se ve a simple vista desde la Tierra, en el límite de visión directa sin instrumentos, con una magnitud aparente de +5,2, y situada a 50 años luz de distancia en la constelación del Altar.

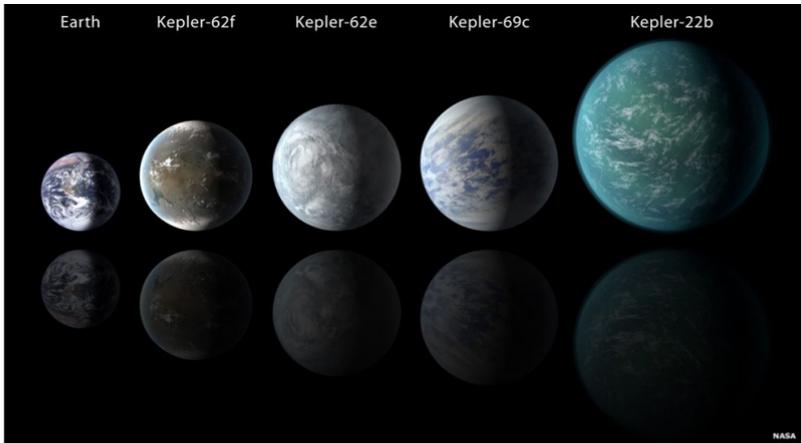


Figura 4: Tamaño relativo de La Tierra y cuatro exoplanetas (cortesía de NASA).

## Métodos de detección

Para la detección de planetas extrasolares se vienen utilizando diferentes herramientas y procedimientos, encuadrados en más de 40 misiones y proyectos de varios organismos y entidades científicas, entre los que destacan la NASA, ESA, y los mayores y más avanzados complejos astronómicos, como los ubicados en Hawái y Chile.



Figura 5: El planeta extrasolar OGLE-2005-BLG390Lb en una imagen artística (cortesía de NASA/JPL-Caltech).

Una de las misiones más emblemáticas puestas en marcha para la búsqueda de planetas extrasolares ha sido la misión Kepler de la NASA, que en el año 2009 puso en órbita un telescopio con un espejo primario de 1,4 metros, un telescopio de Schmidt de 0,95 metros de apertura y una cámara CCD de 95 millones de píxeles de resolución, monitorizando, mediante el método del tránsito, a más de 150 000 estrellas simultáneamente cerca de la constelación del Cisne, en el ecuador galáctico. El proyecto tenía una duración prevista de 3 años y medio, que se amplió hasta el 30 de septiembre de 2016, sin embargo, en el año 2013 falló el sistema de orientación del equipo (fallaron dos de los cuatro giróscopos que llevaba). Hasta ese momento, la misión Kepler confirmó la detección de más de 2330 exoplanetas, solamente en esa zona reducida del firmamento, 21 de los cuales con un tamaño similar al de nuestro planeta y girando alrededor de su estrella en una zona habitable (hoy ya están catalogados más de 55). A partir de ese momento, la NASA desarrolló una nueva misión, denominada K2 (Second), utilizando el mismo telescopio orbital, pero variando las zonas a estudiar y el tipo de estrellas a analizar. El número de exoplanetas confirmados durante la misión K2 fue de 145. Una vez que la misión Kepler de la NASA, y otras como la Spitzer o la COROT de la ESA, han completado su vida útil o han dejado de funcionar por averías, todos los ojos están puestos en el telescopio espacial James Webb que es un proyecto internacional en el que participan la NASA, ESA, CNES y CSA/ASC, entre otros importantes organismos, y que estará equipado con diversos instrumentos entre los que destaca el telescopio de 6,5 metros, y del que se esperan importantes descubrimientos en los próximos años.

Entre las estrategias seguidas para detectar planetas extrasolares está la observación visual directa, el intento de ver exoplanetas a través de un telescopio, de forma similar a como podemos hacerlo con Júpiter, Marte, o Saturno; pero tropieza con importantes dificultades, la mayor de ellas es su cercanía relativa a la estrella alrededor de la cual giran, que brilla miles de millones de veces más que los planetas que la acompañan, y que por tanto los enmascaran con su deslumbrante luz. Para la observación directa se utilizan los más avanzados complejos astronómicos como el Very Large Telescope, del Observatorio Europeo Austral, ubicado en el desierto de Atacama en Chile, basado en cuatro telescopios de 8,2 metros que pueden trabajar como uno solo con una resolución y capacidad de acumulación de luz muy alta, o el observatorio norteamericano Keck de Hawai, con dos telescopios de 10 metros que también pueden operar como un único instrumento.

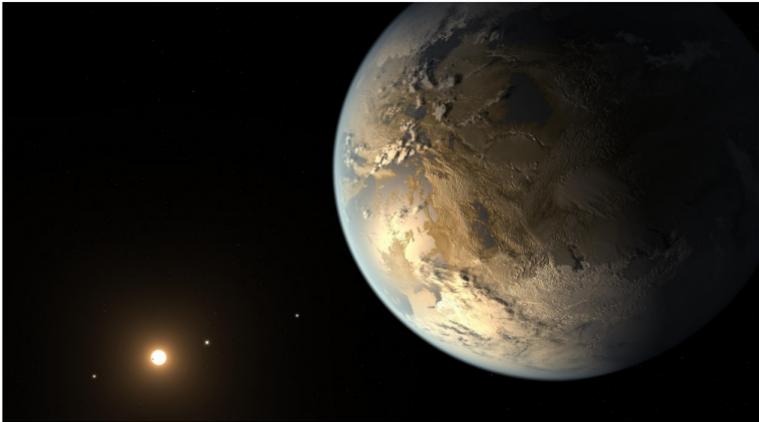


Figura 6: Recreación artística del exoplaneta Kepler186f (cortesía de NASA Ames/SETI Institute/JPL Caltech).

Otro procedimiento para detectar planetas extrasolares es el de tránsito, utilizado por la misión Kepler, que mide la variación en el brillo de las estrellas cuando un planeta pasa por delante de ella (figura 7). Este método presenta algunas variantes para el caso de la existencia de varios planetas y de estrellas binarias aunque el fundamento es el mismo. Y por último, otro grupo de técnicas analizan los efectos gravitatorios que los planetas provocan en su estrella, como el método de la velocidad radial, que detecta el corrimiento de las líneas espectrales (efecto Doppler) de la estrella hacia el azul o hacia el rojo según el tirón gravitacional que el planeta ejerce radialmente sobre la estrella, o el de astrometría, que detecta las pequeñas variaciones de posición de la estrella que oscila alrededor del centro de masas

de sistema que forma junto a los planetas que la acompañan. Existen también otros métodos de detección de exoplanetas, como el denominado de microlentes gravitacionales, pero que suelen tener un carácter complementario a los otros métodos señalados, dada la dificultad y el escaso número de casos que permiten utilizarlo.

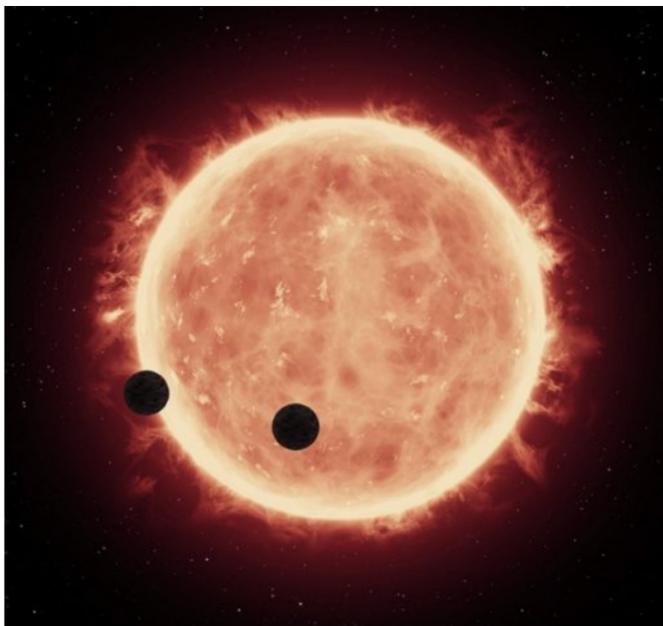


Figura 7: Tránsito de dos exoplanetas rocosos (cortesía de NASA, ESA y G. Bacon (STScI).).

## Sistemas planetarios de estrellas cercanas

La información recibida hasta el momento nos permite describir una enorme y muy diversa cantidad de ambientes exoplanetarios, y no es ciencia ficción o fantasía, sino el resultado de rigurosas investigaciones que van haciendo cada vez más nítidos los escenarios en los que se desarrollan los sistemas planetarios. Ya hemos identificado planetas gigantes, mayores que Júpiter y algunos con bajas densidades como Saturno o con temperaturas muy altas (de varios miles de grados), otros con un albedo muy bajo (muy oscuros) o con coloraciones muy marcadas. También los hay en entornos muy diferentes al nuestro, algunos situados en cúmulos estelares abiertos, orbitando a pulsares o a sistemas binarios-múltiples en los que los planetas

giran alrededor de varios soles, y en ocasiones con órbitas muy excéntricas. Igualmente se ha detectado alguna situación “catastrófica” como la del exoplaneta WASP-12b situado a 870 años luz y que parece estar siendo engullido por su estrella, arrancándole continuamente masa y generando una espiral de materia planetaria que acaba formando parte de la estrella.

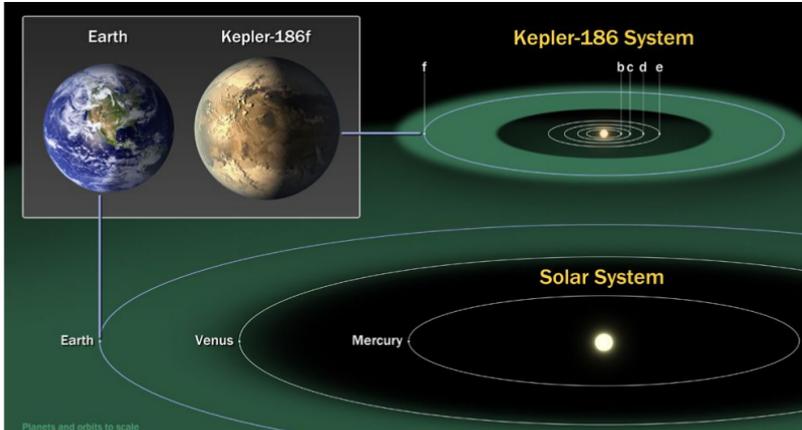


Figura 8: Zonas *Goldilocks* del Sistema Solar y del Sistema Kepler186 (cortesía de NASA Ames/SETI Institute/JPL Caltech).

Con el desarrollo de las técnicas de detección se está consiguiendo identificar un número cada vez mayor de planetas extrasolares de tipo terrestre, rocosos y con tamaños similares a los de la Tierra, situados a distancias (en términos astronómicos) relativamente cercanas a nosotros (decenas o cientos de años luz). Y lo que es más sugerente, a distancias de su estrella que permitirían unas condiciones de temperatura y luminosidad compatibles con la vida y su desarrollo, tal y como la conocemos y tuvo lugar en el caso de nuestro planeta. El descubrimiento de este tipo de planetas extrasolares ha dado lugar a un nuevo término en la clasificación de los mismos, “planeta *Goldilocks*” (figura 8) que se refiere a planetas similares a la Tierra y cuya órbita está situada en la zona de habitabilidad de su estrella, escenario ideal para los proyectos SETI (búsqueda de vida inteligente extraterrestre), permitiendo afinar algunos términos de la ecuación de Drake mencionada anteriormente, e incluso para la estimación de futuros hogares para la humanidad. A este respecto conviene recordar que, pase lo que pase (guerras nucleares, autodestrucción por cualquier medio, agotamiento de recursos, etc.), dentro de cinco mil millones de años el Sol empezará a agonizar y la vida en la Tierra, si es que existe en ese momento, tendrá los días contados.

El término *Goldilocks* (Ricitos de Oro), extraído del cuento infantil *Ricitos de Oro y los tres osos*, da nombre a la zona habitable que rodea a una estrella, ni demasiado fría ni demasiado caliente como para impedir el origen o el mantenimiento de la vida tal y como la conocemos. En el caso del Sistema Solar esta zona se encuentra aproximadamente entre las órbitas de Venus, que está en el límite caluroso, y la de Marte en el límite frío. Hay que matizar que la vida quizá pueda desarrollarse fuera de estas zonas en determinadas circunstancias (océanos por debajo de la superficie planetaria, por ejemplo), pero hablamos de habitabilidad para el ser humano y en condiciones ambientales similares a las de la Tierra.

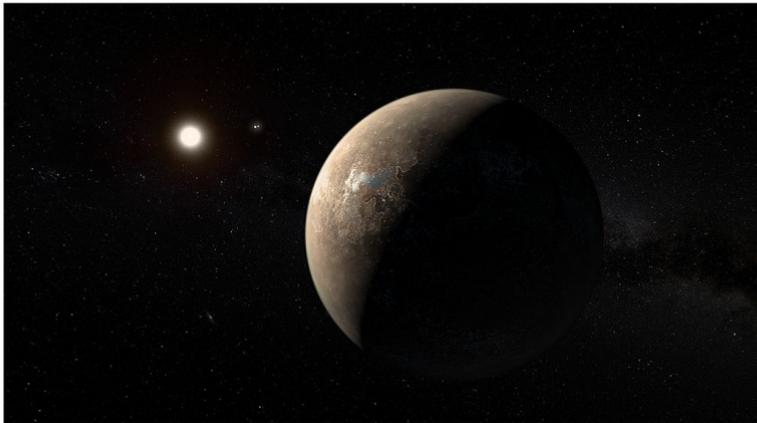


Figura 9: Recreación artística del exoplaneta Próxima Centauri b (cortesía de ESO / M. Kornmesser).

Los científicos han establecido un índice denominado “Índice de similitud con la Tierra”, IST (en inglés ESI), para establecer el grado de similitud con nuestro planeta de los exoplanetas y exolunas que pudieran ser habitables. Ese índice puede tener valores entre 0 y 1, y ya conocemos planetas extrasolares con valores de IST elevados (por encima de 0,8), como el caso Kepler-438b (0,88) y Kepler-296e (0,85), superiores al de nuestro “pariente próximo” Venus que cuenta con un IST de 0,78, el más alto de los planetas del Sistema Solar. Todavía no se ha establecido un IST para uno de los descubrimientos recientes que ha despertado más interés, el exoplaneta Próxima Centauri b (figura 9), en órbita a la estrella más cercana a la Tierra, a tan solo 4 años-luz de distancia. Detectado mediante el procedimiento de la velocidad radial desde los instrumentos HARPS y UVES de los telescopios ubicados en el Observatorio Europeo Austral (Chile) en agosto de 2016, ha conseguido centrar la atención de los científicos para determinar en qué grado este planeta extrasolar es similar a la Tierra o reúne unas condiciones de habitabilidad suficientes para intentar su exploración.

Los astrónomos manejan unas magnitudes que muchas veces nos hacen perder la perspectiva de lo que en realidad estamos estudiando. Nos hablan de estrellas que están a 100 años luz, o a 1 000 años luz, o que nos separan de ellas 30 000 años luz, tan lejos como centro de nuestra galaxia, y por eso, cuando vemos que la estrella más cercana está a 4 años luz nos parece que la tenemos al alcance de la mano. Y si además sabemos que este sistema estelar tiene planetas, como recientemente se ha descubierto, nos puede parecer que llegar hasta ellos puede ser una misión relativamente accesible, casi como ir a Marte o a Júpiter. Sin embargo, pensemos en algo que conocemos bien, como la duración de un viaje en un avión comercial moderno, que tarda unas 6 horas en cruzar el Océano Atlántico. Pues bien, si ese avión pudiera volar fuera de la atmósfera y pusiera como destino la Luna, tardaría en llegar en línea recta más de 15 días, y si pusiera rumbo al Sol, nos llevaría más de 17 años alcanzarlo. Considerando que la Luna está a algo más de un segundo luz y que del Sol nos separan 8 minutos luz, imaginad la distancia hasta la estrella más cercana que está a 4 años luz, y el tiempo que podría tardarse en llegar hasta ella con la tecnología presente, o incluso con la que podamos imaginar a corto o medio plazo.

$\alpha$  Centauri es un sistema estelar compuesto por tres estrellas, dos de las cuales forman un sistema binario ( $\alpha$  Centauri A y  $\alpha$  Centauri B), girando ambas estrellas alrededor del centro de masas común, sobre el que orbita a su vez la tercera estrella, Próxima Centauri, que es una pequeña estrella variable, enana roja, poco luminosa y con un tamaño muy inferior al del Sol, apenas el doble del de Júpiter. Próxima b es un planeta algo mayor que la Tierra aunque todavía no se ha podido determinar con seguridad si es de tipo rocoso. Su año orbital dura solamente 11 días terrestres y le separan de su estrella algo más de 7 millones de km, muchísimo menos que la distancia entre Mercurio y el Sol; sin embargo, está en la zona de habitabilidad de la estrella, al ser tan pequeña y tan fría.

Todavía se desconocen muchos factores de este planeta próximo, demasiados como para saber si tiene atmósfera y de qué tipo, o agua superficial, aunque parece lógico suponer que, dada la proximidad a su estrella, tenga rotación capturada (presentando siempre la misma cara a su sol), lo que conferiría al planeta unas características climáticas radicalmente diferentes de las de la Tierra, sobre todo si tiene atmósfera y agua superficial. Todo ello sin contar con el carácter poco amistoso de su estrella con sus fulguraciones energéticas periódicas y su alta emisión de rayos X, de los que el planeta solamente podría defenderse mediante una notable magnetosfera y una densa atmósfera. Por tanto no parece que Próxima b se vaya a parecer mucho a nuestro planeta, aunque no por ello deja de resultar del máximo interés para su estudio. Lo bueno es que a la estrella Próxima Centauri le queda una vida muchísimo más larga que al Sol, a pesar de ser de la misma edad, lo que le permitiría mantenerse en las mismas condiciones actuales cuando a Tierra no sea más que cenizas (figura 10).

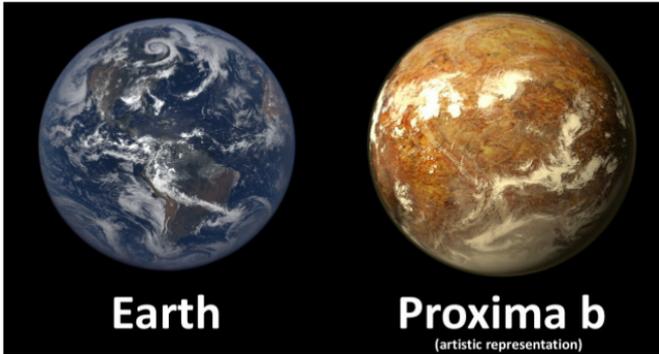


Figura 10: Tamaños relativos entre la Tierra y Próxima b (cortesía de PHL@UPR Arcibo, NASA EPIC Team).

A finales del mes de febrero de 2017 la NASA confirmó la existencia de siete exoplanetas en el sistema TRAPPIST-1 (The Transiting Planets and Planetesimals Small Telescope), denominación de una pequeña estrella enana roja situada en la constelación de Acuario a 40 años luz de distancia. Desde mayo de 2016 se conocía la existencia de este sistema planetario, pero ha sido recientemente cuando el telescopio espacial Spitzer de la NASA, asistido por varios telescopios terrestres como el VLT del Observatorio Europeo Austral, ha completado el número de exoplanetas identificados hasta la cifra de siete, ofreciendo información importante acerca de los mismos (figura 11).

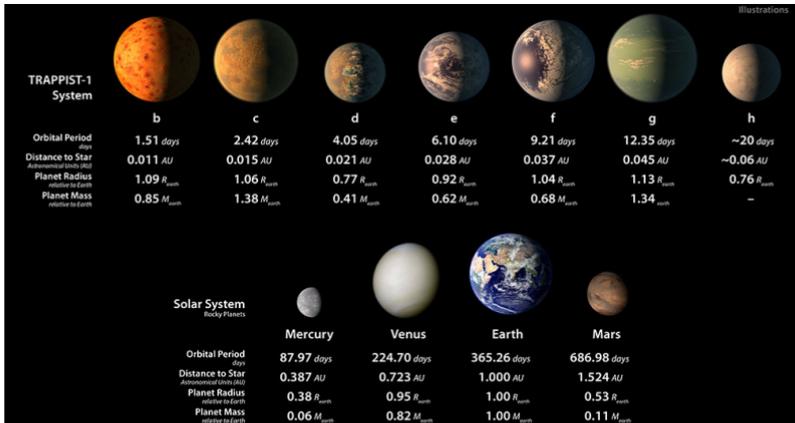


Figura 11: Datos comparados entre los planetas terrestres del Sistema Solar y los exoplanetas del sistema TRAPPIST-1 (cortesía de NASA/JPL Caltech).

Nuestro Sistema Solar es mucho más grande que TRAPPIST-1, que casi tiene más semejanza en cuanto a tamaño al sistema formado por Júpiter y sus satélites. Su sol es muy pequeño y genera poco calor, pero ofrece unas condiciones muy favorables de habitabilidad a sus siete planetas, que orbitan todos ellos en órbitas que en nuestro Sistema Solar quedarían dentro de la órbita de Mercurio, y tres de ellos quedan claramente dentro de la zona habitable del sistema planetario. Los datos ofrecidos indican que al menos seis de los siete exoplanetas son rocosos, similares a la Tierra y con parámetros no muy distintos de tamaño y densidad, quedando aún por determinar la naturaleza del séptimo y más alejado de su sol, que podría ser un mundo helado (figura 12).

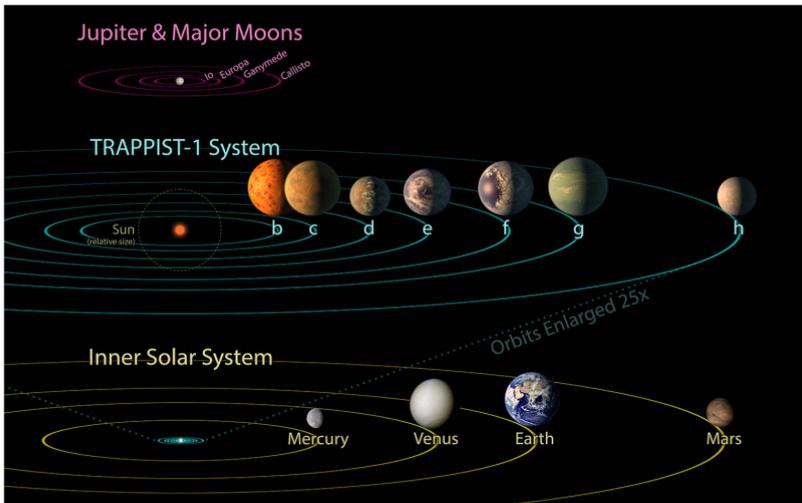


Figura 12: Tamaños relativos del sistema TRAPPIST-1 y del Sistema Solar interior (cortesía de NASA / JPL-Caltech).

Los telescopios espaciales Spitzer, Hubble y Kepler K2 establecerán las bases para el futuro plan de seguimiento del sistema TRAPPIST-1 que se efectuará con el telescopio espacial James Webb, que la NASA tiene previsto situar en órbita en 2018. Será capaz de detectar agua, metano, oxígeno, ozono y otros elementos y compuestos químicos presentes en las posibles atmósferas de estos exoplanetas de tipo terrestre descubiertos, y podrá medir las temperaturas y presiones superficiales de los mismos (figura 13).



Figura 13: Imagen artística de lo que podría ser la superficie del exoplaneta TRAPPIST-1f (cortesía de NASA / JPL-Caltech).



Figura 14: Recreación artística de la superficie del exoplaneta Próxima Centauri b, con la estrella Próxima en el horizonte y un poco arriba a la derecha el sistema binario alfa centauri A/B (cortesía de ESO / M. Kornmesser).

## ¿Exometeorología?

Ahora sí entramos en el terreno especulativo, porque apenas tenemos datos de las atmósferas de los planetas extrasolares como para ni siquiera intuir su dinámica y su comportamiento. Tampoco tenemos un conocimiento suficiente de sus parámetros físicos, como la masa, la densidad, la rotación, la inclinación de los ejes, y cientos de factores más que pueden determinar el comportamiento de sus atmósferas. Casi la información más precisa la tenemos precisamente de la estrella anfitriona, de la que sí que se tiene mucha más información en general. Lo que es seguro es que los “exometeorólogos” van a encontrarse con escenarios muy diferentes a los de la Tierra, con mundos exóticos radicalmente diferentes a los conocidos hasta ahora (figura 14).



Figura 15: El cielo que se observaría desde el planeta extrasolar Próxima b, donde podría apreciarse el Sol (Sun), como una estrella de primera magnitud en la constelación de Casiopea. El resto del cielo variaría poco respecto al que nos es familiar, salvo algunos detalles como ver a Sirio al lado de Betelgeuse en la constelación de Orión. (Cortesía David Charbonneau).

Los escenarios de planetas gaseosos gigantes con unas atmósferas similares a las de Júpiter, con órbitas muy próximas a su estrella, girando alrededor de ellas en pocos días, posiblemente con rotación capturada dejando

permanentemente un hemisferio en la oscuridad y el otro sometido siempre al calor y radiación de su estrella, podría dar pistas acerca de la posiblemente agitada dinámica atmosférica, de una magnitud inimaginable. También son posibles supertierras con océanos globales y atmósferas densas, e incluso con oxígeno, aunque no sea consecuencia de posibles metabolismos biológicos, como es el caso del planeta extrasolar Gliese 1132b situado a 39 años luz de la Tierra y que gira alrededor de una estrella enana roja. Los últimos estudios científicos señalan que este planeta podría tener una atmósfera ligera y caliente (230 °C) con presencia de vapor de agua y que, al estar sometida intensamente a radiación ultravioleta, las moléculas de agua quedarían rotas, permitiendo que el hidrógeno escapara al espacio y que parte del oxígeno pudiera quedar en la atmósfera interactuando con la extremadamente caliente superficie (debido al fuerte efecto invernadero causado por el vapor de agua) que podría contener zonas de ambiente magmático. Como vemos el abanico de posibilidades es muy grande y sin duda dará lugar nuevas disciplinas científicas aún sin desarrollar, como la exometeorología.

## **Bibliografía y enlaces para ampliar información**

A. Quirantes, 2016, “Los exoplanetas. Otras tierras en torno a otros soles”, RBA.

<http://www.nasa.gov>

<http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu>

<http://www.eso.org>

<http://naukas.com>

<https://es.wikipedia.org>



# **ÍNDICE ALFABÉTICO DE MATERIAS**



# Index

- Año
  - duración, 126
- Aberración
  - ánua, 353
- Achatamiento
  - de la Tierra, 339
  - de los planetas, 186
- Acimut
  - de la estrella Polar, 270–271
- Albedo
  - de satélites naturales, 222–226
  - geométrico y de Bond, 185
- Año
  - duración del año juliano, 118
  - duración media de distintos tipos de año, 117
- Asteroides
  - datos físicos, 244
  - datos fotométricos, 244
  - efemérides, 247–258
  - elementos orbitales, 243
  - magnitud, V, 245
  - número de conocidos, 243
  - oposición, 246
  - rotación, 244
- Calendario
  - católico, 86–87
  - domingo de Pascua, 86
  - escritura numérica de fechas, 82
  - explicación general, 82
  - gregoriano, 85
  - israelita, 90–92
  - juliano, 87–88
  - musulmán, 88–90
  - perpetuo, 92–93
  - reforma gregoriana, 85
- Ceres
  - datos fotométricos, 236
  - descubrimiento, 237
  - efemérides, 238
  - elementos orbitales, 235
  - masa, tamaño, 237
  - traslación, 236
- Cometas
  - de corto periodo, 261–264
  - de largo periodo, 260
  - elementos orbitales, 260–263
  - que pasan por el perihelio este año, 36, 259
- Composición
  - abundancia solar de elementos químicos, 129
  - moléculas en el medio interestelar, 362
- Constantes
  - astronómicas, 357
  - astronómicas para J2000, 129
  - atómicas y espectroscópicas, 356
  - cosmológicas, 357
  - electromagnéticas, 356
  - equivalencias útiles, 182, 306, 357
  - factores de conversión, 357
  - fundamentales, 356
  - prefijos del SI, 358
- Constelaciones

- del cielo mes a mes, 38–61
- esquemas, 282–287
- posición y tamaño, 279–281
- Coordenadas
  - aparentes (aberración), 353
  - geográficas, *see* Posiciones geográficas
  - medias (precesión), 350–352
  - verdaderas (nutación), 353
- Corrección de las coordenadas
  - por aberración ánuca, 353
  - por nutación, 353
  - por precesión, 350–352
  - por refracción atmosférica, 354–355
- Crepúsculo
  - civil, náutico y astron., 152
  - visibilidad de los planetas, 18–20
- Cúmulos estelares
  - abiertos o galácticos, 312
  - cerrados o globulares, 310
- Día juliano, *DJ*
  - fórmula para este año, 13
- Día
  - día de la semana, 85, 92–93
  - de la semana, 110–121
  - definición, 82, 96
  - del año, 110–121
  - durac. media del día sidéreo, 116
  - durac. media del día solar, 116
  - duración del día, 154
  - solar medio en los planetas, 185
- Día juliano, *DJ*
  - DJ* y día de la semana, 85
  - día a día, 110–121
  - día juliano modificado, 112
  - días julianos notables, 84, 111
  - descripción, 83, 112
  - durante una década, 84
  - mes a mes, 83
  - modificado, 85
  - para diversas épocas, 84
  - para una fecha gregoriana, 84
- Distancia
  - angular y luminosa, 333
  - en el sistema solar, 232
  - en la Vía Láctea, 306
  - ley de Hubble, 333
- Eclipses
  - de Luna durante el año, 72–76
  - de Luna futuros, 78
  - de Sol durante este año, 66–70
  - de Sol futuros, 77
  - durante el año próximo, 64, 65
  - durante este año, 15, 63
  - durante este siglo, 64
  - interpretación de las tablas, 76
- Ecuación de los equinoccios
  - día a día, 110–121
  - definición, 100, 115
  - fórmula aproximada, 95, 100, 115
- Ecuación de tiempo
  - día a día, 110–121
  - definición, 102, 119
  - fórmula aproximada, 102, 120
  - figura, 102
  - valores extremos y nulos, 121
- Elipsoide terrestre, *see* Tierra
- Enanos, planetas
  - datos fotométricos, 236
  - descubrimiento, 237
  - efemérides, 238
  - elementos orbitales, 235
  - masa, tamaño, 237
  - satélites, 237
  - traslación, 236

- Equinoccios  
 de primavera y de otoño, 14  
 ecuación de los equinoccios,  
*see id. id.*  
 para este año, 15
- Eris  
 datos fotométricos, 236  
 descubrimiento, 237  
 efemérides, 242  
 elementos orbitales, 235  
 masa, tamaño, 237  
 satélites, 237  
 traslación, 236
- Escalas de tiempos, *see* Tiempo  
 convenio para el ANUARIO,  
 13
- Estaciones  
 duración, 14, 15  
 fechas extremas de inicio, 14  
 inicio para este año, 15
- Estrellas  
 brillantes, 293–298  
 cálculo de coordenadas apa-  
 rentes, 350–355  
 cercanas, 293  
 constelaciones, *see* Constela-  
 ciones  
 de gran mov. propio, 293  
 dobles, 298–301  
 equivalencias en distancias,  
 306  
 magnitud y brillo, 304  
 nombres usuales, 289–290  
 ocultación por la Luna, 34–  
 35  
 Pléyades, 290  
 Polar, *see* Polar  
 variables, 301–304  
 variables tipo Mira, 274
- Fases de la Luna, 14
- Fecha  
 escritura normalizada, 82  
 juliana, 83
- Fenómenos astronómicos  
 día a día, 37–61  
 resumen anual, 14–36
- Galaxias  
 brillantes, 329  
 cúmulos de galaxias, 330  
 cuásares, 329  
 del Grupo Local, 325  
 en catálogo de Messier, 317–  
 319  
 infrarrojas, 330  
 ley de Hubble, 333  
 nombres usuales, 325–327  
 radiogalaxias, 329  
 tabla de distancias, 333
- Haumea  
 datos fotométricos, 236  
 descubrimiento, 237  
 efemérides, 240  
 elementos orbitales, 235  
 masa, tamaño, 237  
 satélites, 237  
 traslación, 236
- Interpolación  
 directa, 358–360  
 inversa, 360
- Júpiter  
 conjunción y oposición, 17  
 constelaciones recorridas, 17  
 datos orbitales, físicos y foto-  
 métricos, 183–187  
 efemérides, 196  
 efemérides orbitales, 17  
 efemérides para observacio-  
 nes físicas, 197  
 posición de los satélites gali-  
 leanos, 226–231  
 satélites, 214–226  
 visibilidad (en 2018), 18–20
- Luna  
 apogeo y perigeo, 180

- comparación con otros satélites, 214–226
  - coord. topocéntricas, 160
  - datos físicos, 159
  - distancia a la Tierra, 158, 179
  - eclipses, *see* Eclipses
  - edad, 179
  - elementos medios de la órbita, 158
  - fases
    - definición, 14, 179
    - en este año, 15, 179
  - libraciones, 159
  - meses, 159
  - ocultaciones, 33–36
  - órbita, 158
  - orto y ocaso en cualquier lugar, 175–177
  - paralaje, 178–179
  - paso por el meridiano, 177
  - semidiámetro, 177–179
  - unidades lunares, 157
- Magnitud**
- de asteroides brillantes, 244
  - de cúmulos estelares, 310–312
  - de estrellas, 289–306
  - de galaxias brillantes, 329
  - de galaxias del Grupo Local, 325
  - de los planetas cada 20 días, 191–203
  - de objetos Messier, 317–319
  - de planetas en oposición, 185
  - de satélites en oposición, 222–226
  - definición, 304
  - del Sol: absolutas, aparentes, 127
  - diferencia de magnitudes y razón de brillos, 304
  - máxima de Mercurio, Venus y Marte, 16
  - media de Júpiter, . . . Neptuno, 17
- Makemake**
- datos fotométricos, 236
  - descubrimiento, 237
  - efemérides, 241
  - elementos orbitales, 235
  - masa, tamaño, 237
  - traslación, 236
- Marte**
- datos orbitales, físicos y fotométricos, 183–187
  - efemérides, 194
  - efemérides orbitales, 16
  - efemérides para observaciones físicas, 195
  - fenómenos en este año, 16
  - satélites, 214–226
  - visibilidad (en 2018), 18–20
- Mercurio**
- datos orbitales, físicos y fotométricos, 183–187
  - efemérides, 190
  - efemérides orbitales, 16
  - efemérides para observaciones físicas, 191
  - fenómenos para este año, 16
  - tránsito, 16
  - visibilidad (en 2018), 18–20
- Meteoroides**
- lluvias de meteoros, 265
  - meteoros, 264
- Nebulosas, *see* Vía Láctea**
- de emisión, 315
  - de reflexión, 315
  - en catálogo de Messier, 317–319
  - observación, 314–316
  - planetarias, 316
  - restos de supernova, 316
  - tipos, 312–314
- Neptuno**
- conjunción y oposición, 17
  - constelaciones recorridas, 17

- datos orbitales, físicos y fotométricos, 183–187
- descubrimiento, 188
- efemérides, 202
- efemérides orbitales, 17
- efemérides para observaciones físicas, 203
- satélites, 214–226
- Nutación
  - paso de coordenadas medias a verdaderas, 353
- Oblicuidad de la eclíptica
  - durante el año, 126
- Observaciones físicas
  - de los planetas, 191–203
  - del Sol, 132–143
- Observatorios
  - en el mundo, 345
  - en España, 344
- Ocultaciones
  - de asteroides por la Luna, 34
  - de estrellas por la Luna, 34–35
  - de planetas por el Sol, 33
  - de planetas por la Luna, 33
- Orbita de la Tierra
  - afelio y perihelio extremos, 14
  - afelio y perihelio para este año, 15
  - datos orbitales, 183–185, 205
- Ortos y ocasos
  - de la Luna, 175–177
  - de los planetas, 204
  - del Sol, 132–143, 146–149
- Parsec, año luz, Unidad Astronómica
  - equival., múltiplos, 306, 357
- Planetas
  - órbita, 182–184, 205
  - atmósfera, 187
  - datos físicos, 186
  - declinación durante el año, 188
  - descubrimiento, 188
  - efemérides, 190–204
  - elementos orbitales, 184, 205
  - fórmulas, 205
  - fenómenos en este año, 16–17
  - fotometría, albedo, 185
  - magnetosfera, 187
  - masa, tamaño, 186
  - ocultación por la Luna, 33
  - ortos y ocasos en cualquier lugar, 204
  - paso por el meridiano, 205
  - posiciones geocéntricas y heliocéntricas, 205–207
  - rotación, 185
  - satélites, *see* Satélites
  - sistema planetario, *see* Sistema solar
  - traslación, 184
  - visibilidad en este año, 18–20
- Plutón
  - datos fotométricos, 236
  - descubrimiento, 237
  - efemérides, 239
  - elementos orbitales, 235
  - masa, tamaño, 237
  - satélites, 237
  - traslación, 236
- Polar (estrella)
  - coord. ecuat. aparentes, 270–271
  - coord. ecuatoriales J2000, 267, 269
  - coord. horizontales, 268
  - determinación de la latitud, 268
- Polo Norte
  - de la Vía Láctea, 308
  - del sistema solar, 182
  - del Sol, 127
- Posiciones geográficas
  - ciudades españolas, 342–343
  - convenios, 13

- observatorios españoles, 344
- observatorios mundiales, 345
- Precesión
  - cálculo aproximado, 350
  - cálculo exacto, 352
  - efecto sobre las coordenadas ecuatoriales, 350–352
- Refracción
  - corrección de la altura observada, 354–355
  - fórmula aproximada, 354
- Satélites
  - datos físicos, 222–226
  - descubrimiento, 218–222
  - elementos orbitales, 214–218
  - fotometría, 222–226
  - nombres, 214–218
  - periodos, 218–222
  - posición de los satélites galileanos, 226–231
- Saturno
  - conjunción y oposición, 17
  - constelaciones recorridas, 17
  - datos orbitales, físicos y fotométricos, 183–187
  - efemérides, 198
  - efemérides orbitales, 17
  - efemérides para observaciones físicas, 199
  - inclinación de los anillos, 17
  - satélites, 214–226
  - visibilidad (en 2018), 18–20
- Semana
  - día de la semana corresp. a un día juliano, 85
  - día de la semana corresp. a una fecha, 92–93
  - numeración, 82
- Sistema solar
  - asteroides, *see* Asteroides, *see* Asteroides
  - cometas, *see* Cometas
  - equivalencia en distancias, 232
  - meteoroides, *see* Meteoroides
  - sistema planetario, 182, 234
  - unidades, 182
- Sol
  - abundancia de elementos químicos, 129
  - afelio y perihelio, 15
  - azimut de orto y ocaso, 150
  - cálculos aproximados, 144
  - coord. ecuatoriales, 132–143
  - coord. ecuatoriales aprox., 145
  - coord. heliográficas, 132–143
  - crepúsculos, 152–153
  - culminación, orto y ocaso en Madrid, 132–143
  - datos físicos, 126
  - distancia a la Tierra, 144–145
  - duración del día, 153–154
  - eclipses, *see* Eclipses
  - eje de rotación, *P*, 132–143
  - entrada en signos del zodiaco, 17
  - luminosidad, 127
  - manchas solares, 156
  - movimiento diario, 144–145
  - movimiento en el espacio, 128
  - ocultaciones, 33
  - órbita, 126
  - orto y ocaso en otro lugar, 146–148
  - ortos y ocasos extremos en Madrid, 154
  - paralaje horizontal, 144–145
  - paso por el meridiano, 155
  - paso por el primer vertical, 151
  - rotación, 127
  - rotaciones sinódicas, 155
  - semidiámetro, 144–145

- tiempo de paso del semidiámetro,  
144–145  
unidades solares, 125  
viento solar, 128
- Solsticios  
de verano y de invierno, 14  
para este año, 15
- Tiempo  
*DUTI*, 99  
civil, 102  
de efemérides, *TE*, 96  
ecuación de los equinoccios,  
*see id. id.*  
ecuación de tiempo, *see id. id.*  
emisores de señales de tiempo,  
102–104, 109  
escala atómica, *TAI*, 96  
escalas de tiempo, 96–102  
horario adelantado, 105–106,  
109  
husos horarios, 104  
meses (calendario), 110–121  
meses (Luna), 159  
oficial  
en los países del mundo,  
104–108  
explicación, 104  
oficial en España, 109  
sidéreo, 100–101, 114  
sidéreo local, fórmula, 95,  
101  
sidéreo verdadero en Green-  
wich día a día, 110–121  
siglo, milenio, 83  
solar medio y verdadero, 101–  
102, 113  
Tiempo Atómico Internacional,  
96  
tiempos dinámicos, 96–97  
Universal Coordinado, *UTC*,  
98–99, 102–104  
Universal, *TU*, *UT1*, 97
- Tierra  
comparación con otros pla-  
netas, *see Planetas*  
distancia al Sol, 144–145  
elipsoides de referencia, 339–  
341  
masa, tamaño, 338  
órbita, *see Orbits de la Tierra*  
periodo de rotación, 116  
rotación, 339  
satélites, 214–226  
unidades terrestres, 337
- Unidades  
astronómicas, 306, 357  
día, 96  
equivalencias útiles, 182, 306  
factores de conversión, 357  
segundo, 96
- Urano  
conjunción y oposición, 17  
constelaciones recorridas, 17  
datos orbitales, físicos y foto-  
métricos, 183–187  
descubrimiento, 188  
efemérides, 200  
efemérides orbitales, 17  
efemérides para observacio-  
nes físicas, 201  
satélites, 214–226  
visibilidad (en 2018), 18
- Vía Láctea  
cúmulos, *see Cúmulos este-  
lares*  
características cerca del Sol,  
309  
características globales, 308  
nebulosas, *see Nebulosas*  
nubes moleculares, 314
- Venus  
datos orbitales, físicos y foto-  
métricos, 183–187  
efemérides, 192  
efemérides orbitales, 16

- efemérides para observaciones físicas, 193
- fenómenos en este año, 16
- tránsitos, 16
- visibilidad (en 2018), 18–20

#### Zodíaco

- definición, 17
- entrada del Sol en signos, 17