

# Anuario del Observatorio Astronómico 2022



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE TRANSPORTES, MOVILIDAD  
Y AGENDA URBANA

INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
NACIONAL



ANUARIO  
DEL  
OBSERVATORIO  
ASTRONÓMICO  
DE MADRID  
PARA 2022

**Título:**

Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid 2022

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado

<https://cpage.mpr.gob.es>

Editado en noviembre de 2021.

**Publica:**

© De la presente edición O. A. Centro Nacional de Información Geográfica, 2022

**Autores:**

Observatorio Astronómico Nacional

© Instituto Geográfico Nacional, 2022

**Diseño y maquetación:**

Servicio de Edición y Trazado

Subdirección General de Cartografía y Observación del Territorio

Instituto Geográfico Nacional.

**Cubierta:**

Composición de imágenes de ALMA (naranja) y Hubble (azul) de NGC 628, también conocida como Messier 74, una galaxia espiral en la constelación de Piscis, ubicada aproximadamente a 32 millones de años luz de la Tierra. NRAO/AUI/NSF, B. Saxton; ALMA (ESO/NAOJ/NRAO); NASA/Hubble.

**ISBN:** 978-84-416-6550-7

**ISSN:** 0373-5125

**ISSN-e:** 2660-5759

**NIPO:** 798-20-068-8

**NIPO DIGITAL:** 798-20-070-6

**Depósito legal:** M-7390-1958

**DOI:** <https://doi.org/10.7419/162.12.2021>

Los derechos de la edición son del O. A. Centro Nacional de Información Geográfica como editorial. Este Organismo agradece que la difusión electrónica masiva de la edición digital se realice a través de un enlace al apartado correspondiente de la página web oficial.

En esta publicación se ha utilizado papel certificado de acuerdo con los criterios medioambientales de la contratación pública vigente.

Impreso en los talleres del Instituto Geográfico Nacional



CNIG

Calle General Ibáñez de Ibero, 3 28003 - Madrid (España) [www.ign.es](http://www.ign.es) / [www.cnig.es](http://www.cnig.es)  
[consulta@cnig.es](mailto:consulta@cnig.es)

ANUARIO  
DEL  
OBSERVATORIO  
ASTRONÓMICO  
DE MADRID  
PARA 2022



## POSICIONES GEOGRÁFICAS

### OBSERVATORIO ASTRONÓMICO 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 Observatorio Astronómico 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 25 de julio de 2021, en la ciudad china de Fuzhou, la UNESCO inscribió en su Lista de Patrimonio Mundial al Eje Prado-Retiro de Madrid en la categoría de Paisaje Cultural. El Real Observatorio de Madrid (1790), sede del Observatorio Astronómico Nacional, ocupa un papel protagonista dentro de este “Paisaje de las Artes y las Ciencias”, pues se trata de una institución científico-técnica con más de 200 años de historia que, junto con el Real Jardín Botánico, representa a las ciencias naturales dentro del Eje madrileño.

Esta decisión de la UNESCO era la reacción a la propuesta que Madrid había presentado en el año 2019, una propuesta en cuya elaboración el Observatorio participó de manera muy activa, no solo contribuyendo al dossier justificativo, sino afanándose por embellecer todo el recinto del Real Observatorio, tanto edificios como jardines. En este esfuerzo continuo de mantenimiento y mejora resulta fundamental la financiación que garantiza el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, a través del Instituto Geográfico Nacional.

El edificio Villanueva del Observatorio, uno de los más interesantes exponentes de la arquitectura neoclásica española y un símbolo de la Ilustración, ya había sido declarado Bien de Interés Cultural en 1995. Ahora, este reconocimiento de la UNESCO supone una nueva garantía de protección para un acervo científico, histórico y artístico de valor incalculable.

Pero el Observatorio no es solo un museo. En nuestras instalaciones se siguen realizando hoy observaciones astronómicas, aunque en modo remoto, utilizando grandes radiotelescopios en otras ubicaciones (sobre todo el del IGN en el Observatorio de Yebes y el de IRAM en Pico Veleta), y se siguen desarrollando investigaciones de primer nivel internacional sobre el origen y evolución de estrellas y galaxias. Así, el Observatorio se esfuerza cada día por conservar vivo su espíritu ilustrado proyectándolo hacia un futuro siempre cargado de proyectos científicos.

Gracias a su editora, María J. Sánchez Ramos, y a la contribución del Técnico Especialista en Reproducción Cartográfica José Antonio Bolonio, recientemente incorporado al Observatorio, este año el Anuario se nos muestra con más colorido que nunca, lo que contribuye a una mayor claridad expositiva. Como es costumbre, también se incluyen unos artículos de divulgación, escritos por nuestros astrónomos, con el ánimo de colaborar en la divulgación de nuestra bella ciencia.

**Rafael Bachiller**

Director del Observatorio Astronómico Nacional

Noviembre de 2021

## CAMBIOS RESPECTO DE LAS EDICIONES PRECEDENTES

En esta edición se han actualizado las imágenes del Anuario, gracias a la colaboración de nuestro compañero José Antonio Bolonio Jiménez.

En el capítulo dedicado a los fenómenos astronómicos se han generado imágenes en color para la visibilidad de los planetas a lo largo del año, las figuras del aspecto del cielo mes a mes y los eclipses de Sol y Luna.

Para el capítulo de tiempos se han actualizado las imágenes de la ecuación de tiempo y las escalas de tiempos.

En el capítulo de los planetas se han generado nuevas imágenes de las declinaciones de los planetas a lo largo del año, los periodos de visibilidad nocturna de cada una de los planetas, la posición heliocéntrica de los planetas, sus tamaños y las trayectorias que seguirán a lo largo del año. También, se han actualizado las imágenes de las posiciones relativas de los satélites galileanos en el capítulo dedicado a los satélites naturales.

Los catálogos de estrellas tienen unas nuevas imágenes para las proyecciones de las constelaciones en distintas declinaciones y ascensiones rectas. Y por último, se ha actualizado el esquema del perfil de la Vía Láctea.

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 Observatorio Astronómico de Madrid  
Calle Alfonso XII, 3  
28014 Madrid*

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

**María Sánchez Ramos.**  
Astrónoma.

## OBSERVATORIO ASTRONÓMICO NACIONAL (IGN)

Astrónomos del OAN a fecha de 1 de noviembre de 2021

Bachiller García, Rafael, *Director*

Alcolea Jiménez, Javier

Alonso Albi, Tomás

Baño Esplugues, Gisela

Bujarrabal Fernández, Valentín

Chacón Tanarro, Ana

Colomer Sanmartín, Francisco

Desmurs, Jean-François

Fuente Juan, María Asunción

García Burillo, Santiago

García Miró, Cristina

Gómez Garrido, Miguel

Jiménez Donaire, María Jesús

Marcelino Lluch, Nuria

Querejeta Pérez, Miguel

Rioja Capellán, María José

Rivière Marichalar, Pablo

Rodríguez Baras, Marina

Sánchez Ramos, María

Santander García, Miguel

Soria Ruiz, Rebeca

Tafalla García, Mario

Tarrío Alonso, Paula

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	79
Tiempos	93
Escalas de tiempo	94
Husos horarios	102
Tablas de tiempos	108

## Efemérides astronómicas:

### El Sol:

Datos solares	123
Efemérides	128
Fórmulas, ortos, ocasos, etc	142

### La Luna:

Datos lunares	155
Efemérides	159
Fórmulas, ortos, ocasos, etc	173

### Los planetas:

Datos planetarios	180
Efemérides de los planetas	186
Fórmulas, ortos, ocasos, etc	202

### Satélites naturales:

Datos de los satélites	209
Satélites de Júpiter	228
Tabla de equivalencias para distancias	234

### Objetos menores del sistema solar:

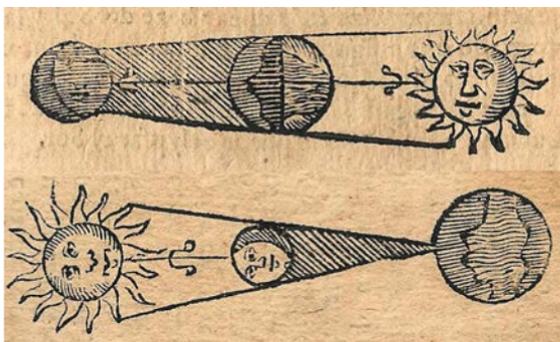
Planetas enanos	236
Asteroides	245
Cometas	262
Meteoros y lluvias de meteoros	267

### Efemérides estelares:

Estrella Polar	269
Mínimos de Algol y $\beta$ Lyr	274
Máximos de variables tipo Mira	275

Catálogos:	
Constelaciones	280
Estrellas:	290
Brillantes	295
Dobles	300
Variables	303
Relación entre magnitud y brillo	307
Conversión de distancias en la Vía Láctea	308
Vía Láctea:	
Características de la Vía Láctea	310
Cúmulos estelares	312
Nebulosas	314
Catálogo de Messier de objetos difusos	319
Objetos extragalácticos	323
La Tierra:	
Datos físicos, geodésicos y cartográficos:	339
Elipsoides de referencia	341
Posiciones geográficas de ciudades	344
Posiciones geográficas de observatorios	346
Tablas complementarias:	
Corrección de coordenadas astronómicas:	
Tablas y fórmulas de precesión	352
Fórmulas de nutación y aberración	355
Corrección de refracción atmosférica	356
Tablas de constantes físicas y astronómicas	358
Interpolación numérica	360
Moléculas interestelares	364
Artículos de divulgación:	
Los telescopios espaciales y su impacto científico por <i>María Jesús Jiménez</i>	371
La composición del cosmos por <i>Pablo Rivièrè</i>	396
Índice alfabético	413

# 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:

$$\text{día juliano} = 2459579,5 + \text{día del año} + \text{TU}/24^h$$

## 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 2022

### Inicio de las estaciones

Hemisferio boreal	Fecha y hora en Tiempo Universal (TU)	Hemisferio austral	duración en días
Primavera	20 de marzo a las 15 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup>	Otoño	92,74
Verano	21 de junio a las 09 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup>	Invierno	93,66
Otoño	23 de setiembre a las 01 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup>	Primavera	89,86
Invierno	21 de diciembre a las 21 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup>	Verano	88,98

### Órbita de la Tierra

Perihelio (distan. mínima)	4 de enero a las 07 <sup>h</sup> TU	0,983335 ua
Afelio (distan. máxima)	4 de julio a las 07 <sup>h</sup> TU	1,016716 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 18 34	Ene	09 18 11	Ene	17 23 48	Ene	25 13 41
Feb	01 05 46	Feb	08 13 50	Feb	16 16 57	Feb	23 22 32
Mar	02 17 35	Mar	10 10 45	Mar	18 07 18	Mar	25 05 37
Abr	01 06 24	Abr	09 06 48	Abr	16 18 55	Abr	23 11 56
Abr	30 20 28	May	09 00 21	May	16 04 14	May	22 18 43
May	30 11 30	Jun	07 14 49	Jun	14 11 52	Jun	21 03 11
Jun	29 02 52	Jul	07 02 14	Jul	13 18 38	Jul	20 14 19
Jul	28 17 55	Ago	05 11 07	Ago	12 01 36	Ago	19 04 36
Ago	27 08 17	Set	03 18 08	Set	10 09 59	Set	17 21 52
Set	25 21 55	Oct	03 00 14	Oct	09 20 55	Oct	17 17 15
Oct	25 10 49	Nov	01 06 37	Nov	08 11 02	Nov	16 13 27
Nov	23 22 57	Nov	30 14 37	Dic	08 04 08	Dic	16 08 56
Dic	23 10 17	Dic	30 01 21				

### Eclipses

Fecha	Astro	Tipo	Visibilidad
Abr 30	Sol	parcial	Sur del Pacífico y sur de Sudamérica
May 16	Luna	total	América, Europa y África
Oct 25	Sol	parcial	Europa, noreste África y oeste Asia
Nov 08	Luna	total	Asia, Australia y América

En 2023 habrá dos eclipses de Sol y dos de Luna. El próximo eclipse solar visible en España tendrá lugar el día 12 de agosto de 2026.

**Mercurio**

		Máximas elongaciones									
		Este				Oeste					
	Este		Oeste		Este		Oeste		Oeste		
Ene	7	19°2	Feb	16	26°3	Abr	29	20°6	Jun	16	23°2
Ago	27	27°3	Oct	8	18°0	Dic	21	20°4			

		Órbita		Brillo máximo (magnitud V)	
Estacionario		Ene 14, May 10, Set 9, Dic 29			
Conjunción inferior		Ene 23, May 21, Set 23		Abr	3 -2,1
Estacionario		Feb 3, Jun 3, Oct 1		Jul	16 -2,2
Conjunción superior		Abr 2, Jul 16, Nov 8		Nov	8 -1,6
Perihelio		Ene 15, Abr 13, Jul 10, Oct 6			
Afelio		Feb 28, May 27, Ago 23, Nov 19			

El próximo tránsito de Mercurio por delante del Sol se producirá el 13 de noviembre de 2032.

**Venus**

		Órbita		Brillo máximo (magnitud V)	
Máximo acercamiento a la Tierra		Ene 8	0,26658 ua		
Conjunción inferior		Ene 9	0,266 ua	Feb	7 -4,9
Estacionario		Ene 29			
Máxima elongación Este		Mar 20	46°6		
Conjunción superior		Oct 22	1,717 ua		
Perihelio		Ene 23, Set 4			
Afelio		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)	
Perihelio		Jun 21	1,381 ua		
En nodo ascendente		Oct 20		Dic	7 -1,9
Estacionario		Oct 30			
Máximo acercamiento a la Tierra		Dic 2	0,54447 ua		
Oposición		Dic 8	0,549 ua		
Estaciones en el hemisferio Norte:					
Equinoccio de primavera		Feb 7			
Solsticio de verano		Ago 25			

## Planetas exteriores

Planeta	Estacionario	Conjunción	Estacionario	Oposición	Estacionario
Júpiter		Mar 05 <sup>d</sup> 14 <sup>h</sup>	Jul 29 <sup>d</sup> 12 <sup>h</sup>	Set 26 <sup>d</sup> 19 <sup>h</sup>	Nov 24 <sup>d</sup> 13 <sup>h</sup>
Saturno		Feb 04 <sup>d</sup> 19 <sup>h</sup>	Jun 05 <sup>d</sup> 14 <sup>h</sup>	Ago 14 <sup>d</sup> 17 <sup>h</sup>	Oct 23 <sup>d</sup> 08 <sup>h</sup>
Urano	Ene 18 <sup>d</sup> 20 <sup>h</sup>	May 05 <sup>d</sup> 07 <sup>h</sup>	Ago 24 <sup>d</sup> 15 <sup>h</sup>	Nov 09 <sup>d</sup> 08 <sup>h</sup>	
Neptuno		Mar 13 <sup>d</sup> 12 <sup>h</sup>	Jun 28 <sup>d</sup> 23 <sup>h</sup>	Set 16 <sup>d</sup> 22 <sup>h</sup>	Dic 04 <sup>d</sup> 10 <sup>h</sup>

Planeta	Distancia media al Sol (ua)	Brillo medio en magnitudes	Constelaciones recorridas
Júpiter	5,0	-2,4	Capricornio/Acuario
Saturno	10,0	+0,6	Capricornio
Urano	19,7	+5,8	Aries
Neptuno	29,9	+7,8	Acuario

El 14 de agosto se producirá el máximo acercamiento anual de Saturno a la Tierra, alcanzando un diámetro de 18".8. Y el 26 de setiembre será Júpiter quien tenga su máximo acercamiento anual a la Tierra, siendo su máximo acercamiento durante el siglo XXI, alcanzando un diámetro de 49".8.

Durante el 2022 y principios de 2023 se producirá un triple paso de Júpiter por el Ecuador Celeste, en esos momentos su declinación será de 0°. El 25 de mayo, primer paso, Júpiter cruza el Ecuador de sur a norte, el 26 de setiembre de norte a sur y el 13 de enero de 2023 de sur a norte. Además, el 12 de diciembre Júpiter tendrá una latitud extrema de -1°3.

El próximo paso de la Tierra por el plano de los anillos de Saturno tendrá lugar el 23 de marzo de 2025, siendo la inclinación media de sus anillos en 2022 de 14°.

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

Acuario	Ene	20 <sup>d</sup>	02 <sup>h</sup>	40 <sup>m</sup>	Leo	Jul	22 <sup>d</sup>	20 <sup>h</sup>	07 <sup>m</sup>
Piscis	Feb	18 <sup>d</sup>	16 <sup>h</sup>	44 <sup>m</sup>	Virgo	Ago	23 <sup>d</sup>	03 <sup>h</sup>	16 <sup>m</sup>
Aries	Mar	20 <sup>d</sup>	15 <sup>h</sup>	34 <sup>m</sup>	Libra	Set	23 <sup>d</sup>	01 <sup>h</sup>	04 <sup>m</sup>
Tauro	Abr	20 <sup>d</sup>	02 <sup>h</sup>	24 <sup>m</sup>	Escorpio	Oct	23 <sup>d</sup>	10 <sup>h</sup>	36 <sup>m</sup>
Géminis	May	21 <sup>d</sup>	01 <sup>h</sup>	23 <sup>m</sup>	Sagitario	Nov	22 <sup>d</sup>	08 <sup>h</sup>	21 <sup>m</sup>
Cáncer	Jun	21 <sup>d</sup>	09 <sup>h</sup>	14 <sup>m</sup>	Capricornio	Dic	21 <sup>d</sup>	21 <sup>h</sup>	49 <sup>m</sup>

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

## Visibilidad de los planetas brillantes en 2022

Planeta	En el crepúsculo matutino	En el crepúsculo vespertino
Mercurio	—	Ene 1 — Ene 18
	Ene 29 — Mar 17	Abr 11 — May 11
	Jun 7 — Jul 10	Jul 25 — Set 8
	Set 30 — Oct 26	Nov 26 — Dic 31
Venus	—	Ene 1 — Ene 3
	Ene 14 — Set 26	Dic 2 — Dic 31
Marte	Ene 1 — Dic 11	Dic 1 — Dic 31
Júpiter	—	Ene 1 — Feb 20
	Mar 23 — Oct 1	Set 20 — Dic 31
Saturno	—	Ene 1 — Ene 20
	Feb 21 — Ago 21	Ago 4 — Dic 31
Urano	—	Ene 1 — Jun 2
	Jun 11 — Nov 14	Nov 1 — Dic 31

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

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

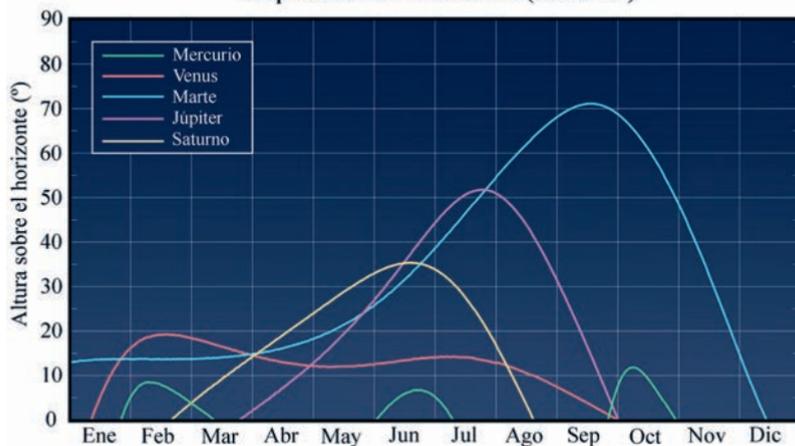
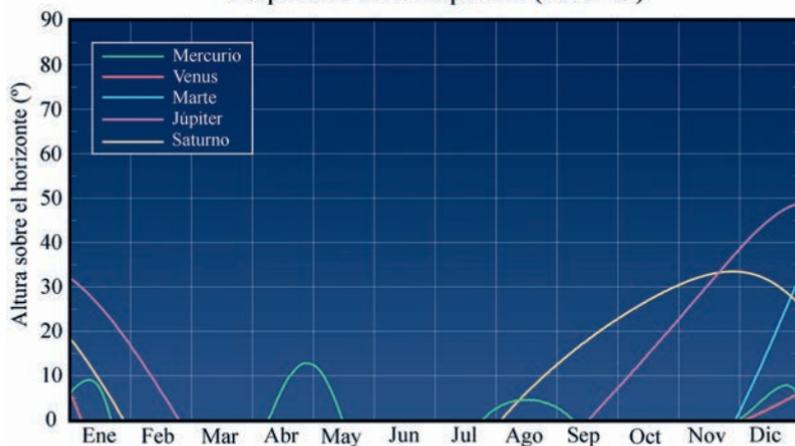
En el año 2022 Mercurio será visible en diversas ocasiones antes de amanecer, como se indica en la tabla y en las ilustraciones siguientes. El brillo es mayor hacia el final de cada uno de los periodos, lo que hace más favorable la observación. Será también visible en varias épocas en el crepúsculo vespertino, siendo su brillo mayor al principio de cada periodo.

Venus se verá como lucero matutino desde mediados de enero hasta mediados de setiembre y como vespertino desde diciembre hasta finales de año. Alcanzará su brillo máximo en la primera quincena de febrero.

Marte será visible al amanecer desde primeros de año hasta diciembre, momento en el que comenzará a ser visible al atardecer. Alcanzará su máximo brillo la primera quincena de diciembre.

Júpiter será visible al atardecer de enero a finales de febrero. Se verá al amanecer de abril a mediados de septiembre, momento en que será visible toda la noche. Pasará a verse solo al atardecer de octubre a fin de año.

Saturno será visible al atardecer durante enero. Se verá al amanecer de finales de febrero a finales de julio, momento en que será visible toda la noche. Pasará a ser visible solo al atardecer de mediados de agosto a finales de año. La inclinación media de sus anillos será de  $14^\circ$ .

Crepúsculo civil matutino (Sol a  $-6^\circ$ )Crepúsculo civil vespertino (Sol a  $-6^\circ$ )

---

 Visibilidad de los planetas mes a mes
 

---

Enero	Al amanecer será visible Marte y, desde mediados de mes, Venus. Al atardecer serán visibles Júpiter, Saturno, Urano y, hasta mediados de mes, Mercurio.
Febrero	Al amanecer será visible Mercurio, Venus y Marte. Júpiter y Urano serán visibles al atardecer.
Marzo	Venus, Marte y Saturno serán visibles al amanecer, Urano al atardecer.
Abril	Venus, Marte, Júpiter y Saturno continuarán siendo los luceros matutinos y Mercurio y Urano serán los vespertinos.
Mayo	Venus, Marte, Júpiter y Saturno siguen luciendo por la mañana. Al atardecer serán visibles Urano y, hasta mediados de mes, Mercurio.
Junio	Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno serán visibles al amanecer. No se verán planetas al atardecer.
Julio	Venus, Marte, Júpiter, Saturno y Urano serán visibles al amanecer. Mercurio comenzará a verse al atardecer a finales de mes.
Agosto	Venus, Marte, Júpiter y Urano serán visibles al amanecer. Saturno será visible durante toda la noche la primera quincena, a mediados de mes pasará a ser visible solo al atardecer junto con Mercurio.
Septiembre	Serán visibles al amanecer Venus, Marte, Urano y, hasta mediados de mes Júpiter, que pasará a ser visible durante toda la noche la segunda quincena del mes. Saturno será visible al atardecer.
Octubre	Mercurio, Marte y Urano se verán al amanecer. Júpiter y Saturno serán visibles al atardecer.
Noviembre	Marte se verá al amanecer. Júpiter y Saturno al atardecer.
Diciembre	Marte será visible toda la noche hasta mediados de mes, pasando a ser visible solo al atardecer junto a Mercurio, Venus, Júpiter y Saturno.

---

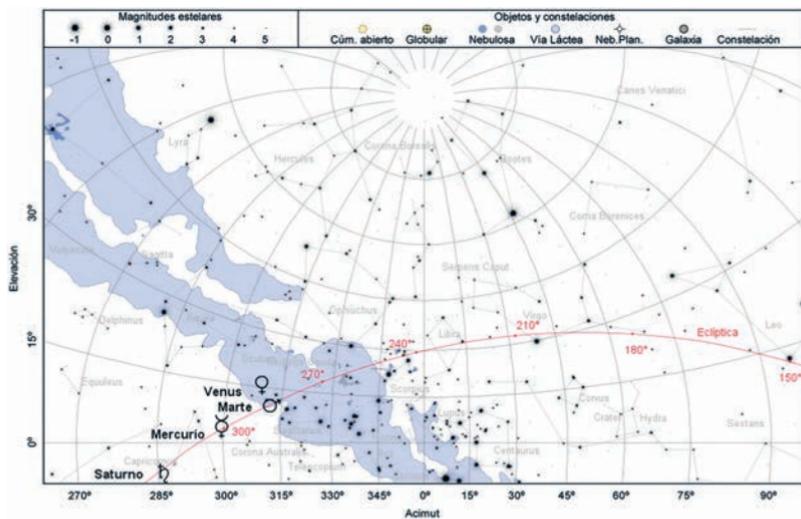
Urano en general sólo es visible con ayuda de instrumentos, como unos prismáticos o un pequeño telescopio.

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.

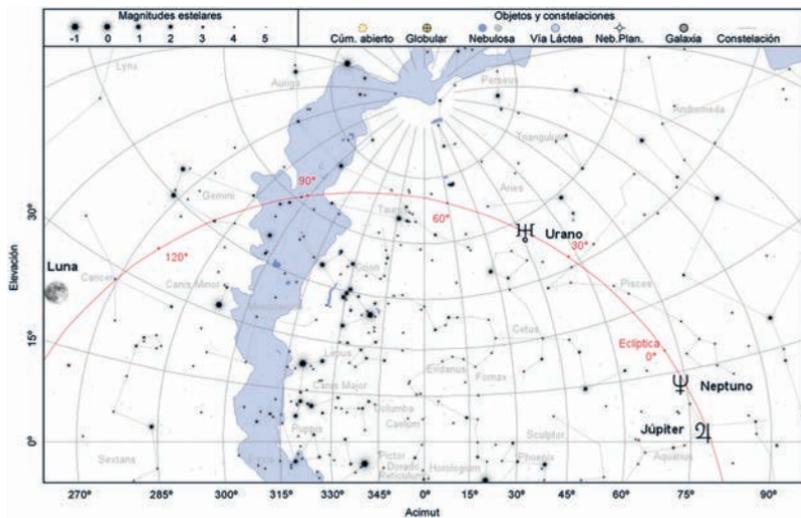
La proyección utilizada es la estereográfica y el área del cielo mostrada corresponde a la mitad meridional, cubriendo  $180^\circ$  en acimut. El acimut  $0^\circ$  (centro de la figura) corresponde al Sur, el acimut  $270^\circ$  (izquierda) al Este y el acimut  $90^\circ$  (derecha) al Oeste.



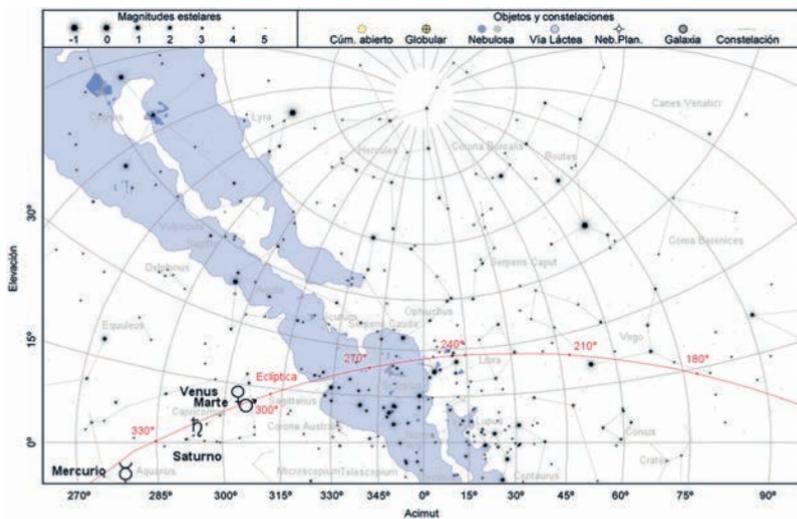
15 de febrero de 2022, a las 6:15 TU



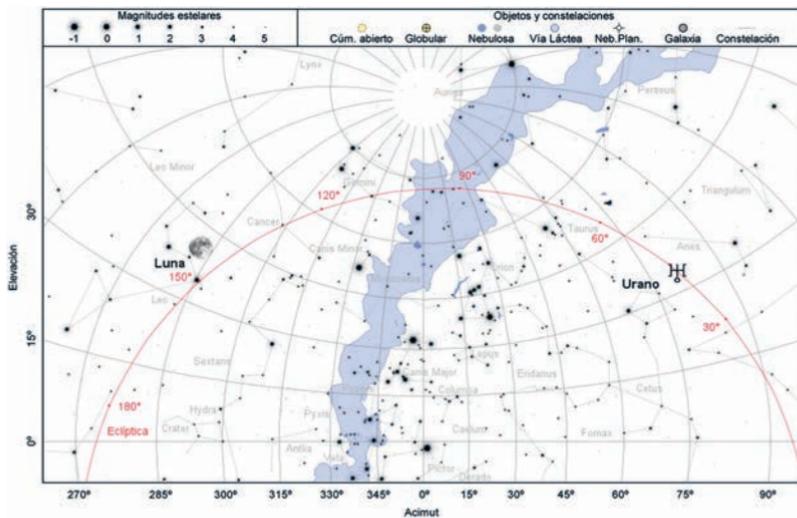
15 de febrero de 2022, a las 18:45 TU



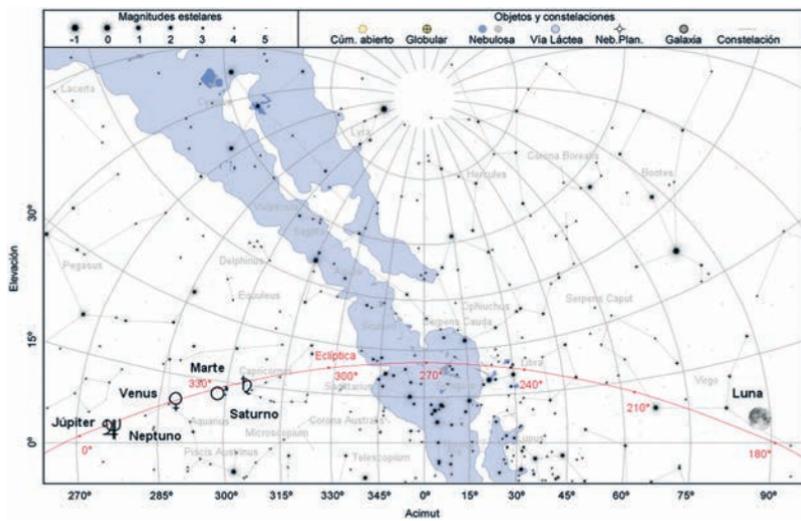
15 de marzo de 2022, a las 5:30 TU



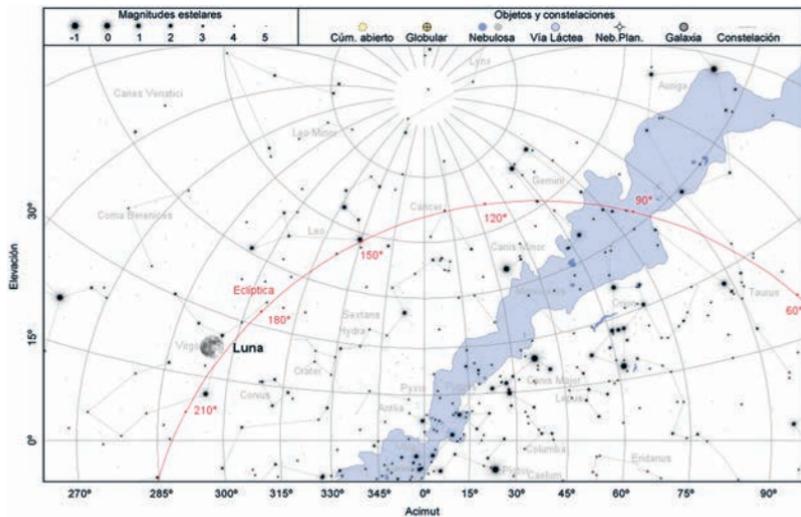
15 de marzo de 2022, a las 19:15 TU



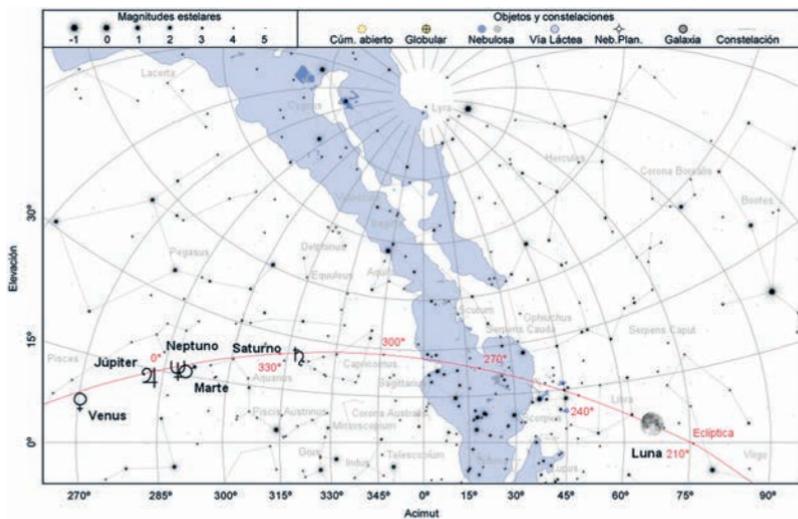
15 de abril de 2022, a las 4:45 TU



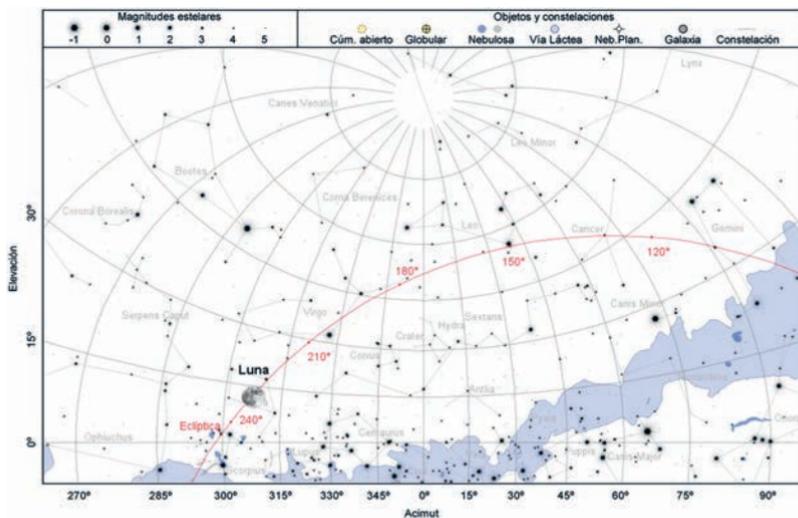
15 de abril de 2022, a las 19:45 TU



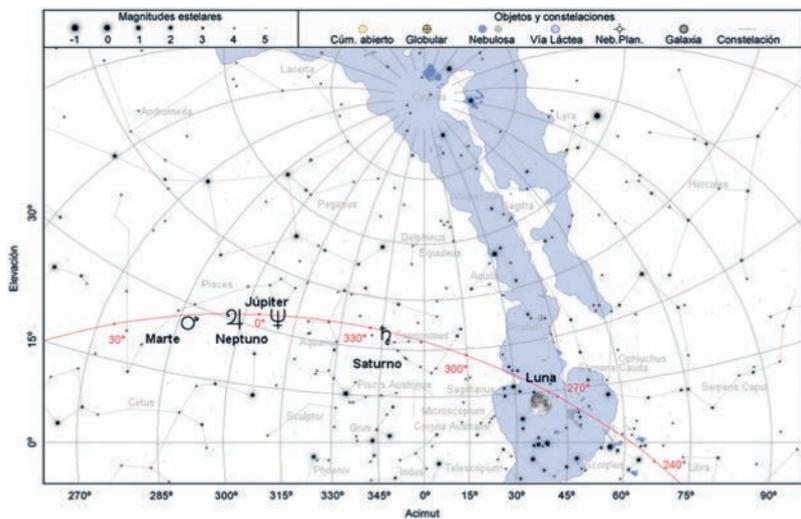
15 de mayo de 2022, a las 4:00 TU



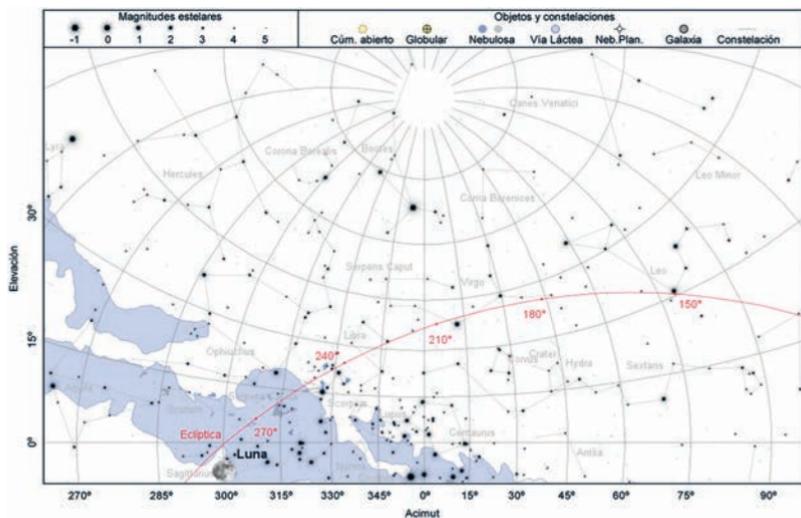
15 de mayo de 2022, a las 20:15 TU



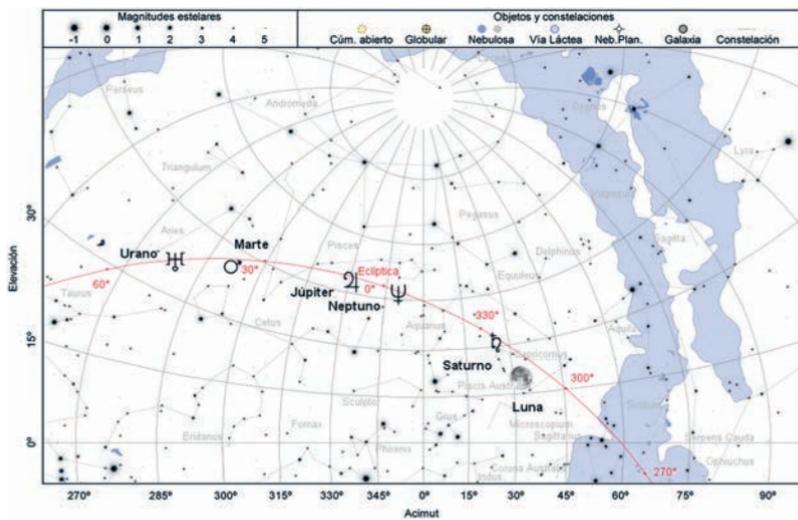
15 de junio de 2022, a las 3:45 TU



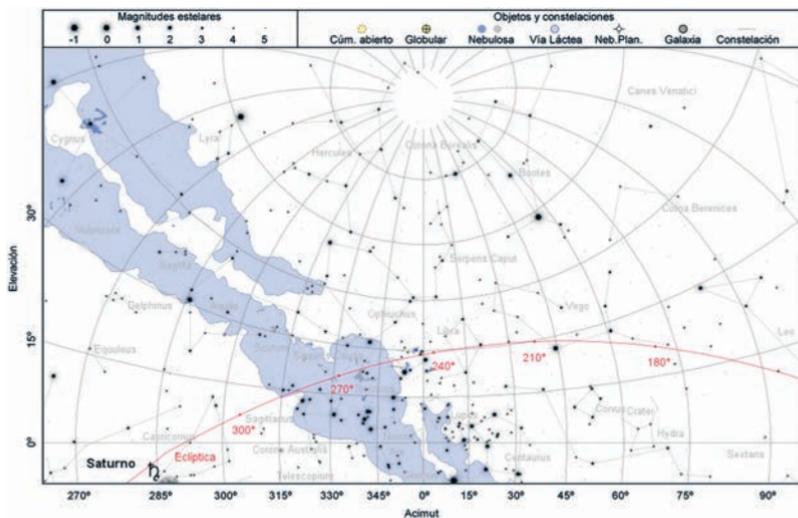
15 de junio de 2022, a las 20:45 TU



15 de julio de 2022, a las 4:00 TU

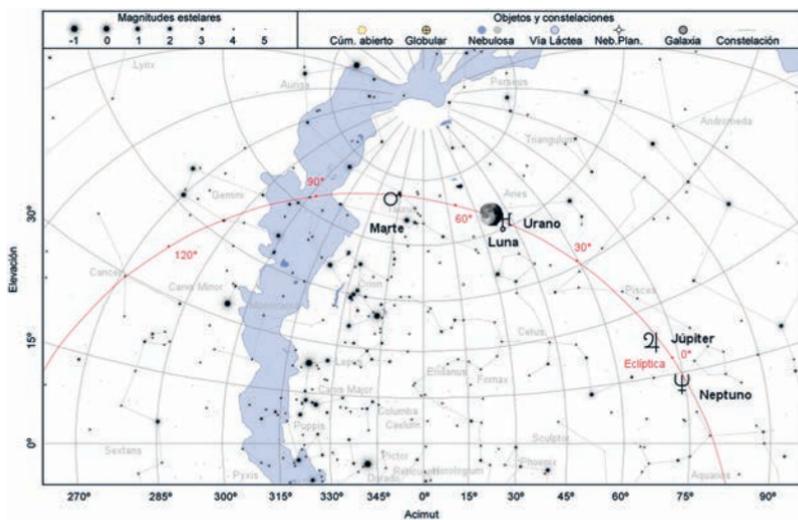


15 de julio de 2022, a las 20:45 TU

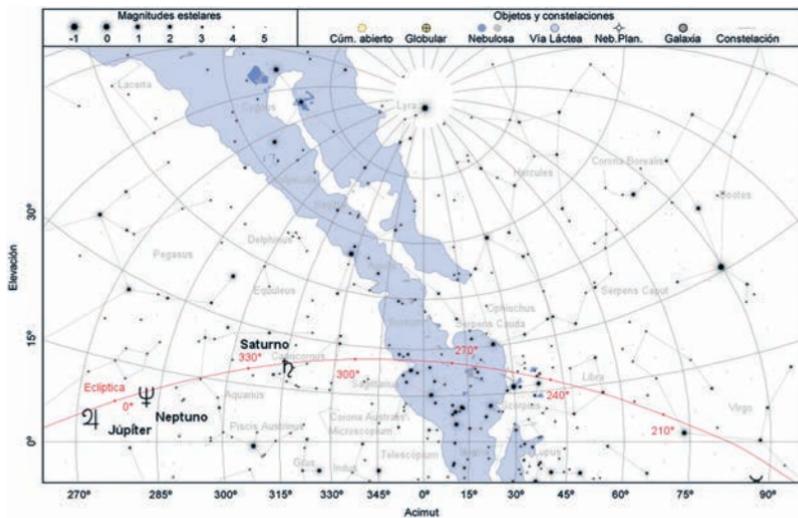




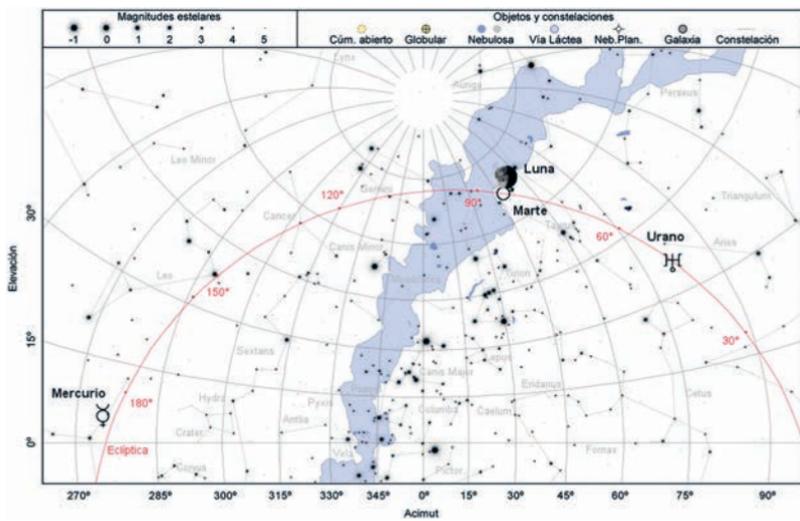
15 de setiembre de 2022, a las 5:00 TU



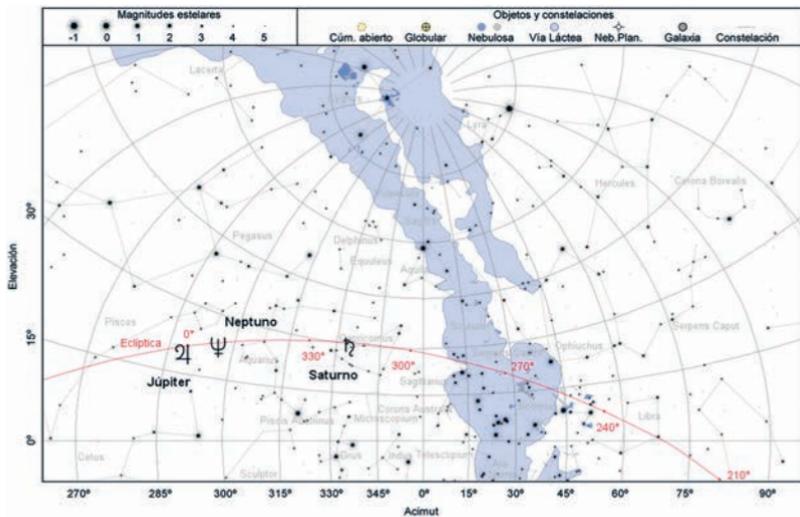
15 de setiembre de 2022, a las 19:15 TU



15 de octubre de 2022, a las 5:30 TU



15 de octubre de 2022, a las 18:30 TU







## Ocultaciones relevantes por la Luna o el Sol en 2022

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:	Oct 24, Nov 24
Venus es ocultado por la Luna:	May 27, Oct 25
Marte es ocultado por la Luna:	Jun 22, Jul 21, Dic 8*, Oct 3
Urano es ocultado por la Luna:	Feb 7, Mar 7, Abr 3, May 1 May 28, Jun 24, Jul 22*, Ago 18 Set 14*, Oct 12, Nov 8, Dec 5*

El día 7 de febrero comenzará una serie de ocultaciones de Urano que terminará el 25 de febrero de 2023. La ocultación de Urano del 8 de noviembre se producirá durante un eclipse total de Luna.

La ocultación de Urano del 22 de julio será visible durante la noche en las islas Canarias, en la península y Baleares se producirá por el día. La inmersión de la ocultación del 5 de diciembre se producirá durante el día, la emersión será visible tras la puesta de Sol.

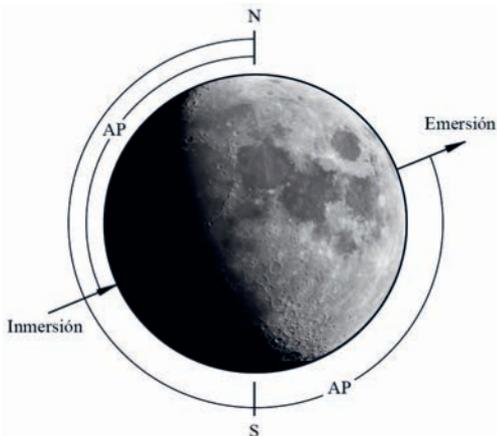
### Ocultaciones de **Urano** en Madrid

Fase	TU	A.P.	borde (	altura	A	B
22 de julio:						
Inmersión	5 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 7	1°	iluminado	59°	-0,2 <sup>m</sup> /°	4,3 <sup>m</sup> /°
Emersión	6 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 2	292°	oscuro	65°	3,3 <sup>m</sup> /°	-1,3 <sup>m</sup> /°
14 de setiembre:						
Inmersión	21 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> 4	49°	iluminado	4°	-0,4 <sup>m</sup> /°	1,7 <sup>m</sup> /°
Emersión	22 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup> 6	258°	oscuro	14°	0,0 <sup>m</sup> /°	1,5 <sup>m</sup> /°
5 de diciembre:						
Inmersión	16 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 6	20°	oscuro	12°	-0,4 <sup>m</sup> /°	2,4 <sup>m</sup> /°
Emersión	17 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> 0	283°	iluminado	21°	0,6 <sup>m</sup> /°	1,1 <sup>m</sup> /°

### Ocultación de **Marte** en Madrid

Fase	TU	A.P.	borde (	altura	A	B
8 de diciembre:						
Inmersión	5 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 5	128°	oscuro	24°	-0,2 <sup>m</sup> /°	-2,4 <sup>m</sup> /°
Emersión	6 <sup>h</sup> 07 <sup>m</sup> 1	228°	iluminado	16°	0,5 <sup>m</sup> /°	-0,1 <sup>m</sup> /°

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



### *Ocultación de planetas por el Sol*

Mercurio será ocultado por el Sol durante los días 8 y 9 de noviembre. El primer contacto se producirá el día 8 a las  $7^{\text{h}}27^{\text{m}}5$  TU, la distancia mínima de  $5',3$  se dará a las  $17^{\text{h}}21^{\text{m}}0$  y el último contacto será el día 9 a las  $3^{\text{h}}17^{\text{m}}5$ .

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

Vesta es ocultado por la Luna:	Jun 19
Astraea es ocultado por la Luna:	Set 10, Oct 7, Nov 3, Nov 30 Dic 28
Metis es ocultado por la Luna:	Ene 1, May 20, Jun 17*, Oct 31 Nov 28, dic 26
Juno es ocultado por la Luna:	Nov 3, Dic 1
Ceres es ocultado por la Luna:	Ene 12, Feb 9, Mar 9, Abr 6, May 4 Jun 1, Jun 30, Jul 28, Ago 25

En la siguiente tabla se dan las características de la inmersión en la ocultación de Metis del 17 de julio, la emersión se producirá por el día.

### Ocultación de **Metis** en Madrid

Fase	TU	A.P.	borde ( )	altura	A	B
17 de junio:						
Emersión	$4^{\text{h}}30^{\text{m}}5$	$38^{\circ}$	iluminado	$21^{\circ}$	$0,9^{\text{m}}/^{\circ}$	$0,5^{\text{m}}/^{\circ}$

### Ocultación de estrellas brillantes por la Luna

Durante el año 2022 no se producirán ocultaciones de Antares ( $\alpha$  Sco), Espiga ( $\alpha$  Vir), Régulo ( $\alpha$  Leo) y Aldebarán ( $\alpha$  Tau); sus próximas series de ocultaciones comenzarán el 25 de agosto de 2023, el 16 de junio de 2024, el 26 de julio de 2025 y el 18 de agosto de 2033 respectivamente.

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

$\alpha^2$ Lib, NZC 2118 ( $V = 2,8$ )	Ene 26*
30 $\eta$ Leo, NZC 1484 ( $V = 3,5$ )	May 9*, Dic 14*
29 $\gamma$ Vir, NZC 1821 ( $V = 3,6$ )	Mar 19*, May 13*, Jul 6*, Nov 20*
7 $\delta$ Sco, NZC 2290 ( $V = 3,8$ )	Ago 6*
$\tau$ Sgr, NZC 2784, ( $V = 3,3$ )	Abr 22*, Ago 9*

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	$A$	$B$
Enero 26: $\alpha^2$ Lib, ( $V = 2,8$ )						
Emersión	6 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 5	264°	oscuro	33°	2,4 <sup>m</sup> /°	0,1 <sup>m</sup> /°
Mayo 13: 29 $\gamma$ Vir, ( $V = 3,6$ )						
Inmersión	1 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 3	100°	oscuro	26°	1,1 <sup>m</sup> /°	-1,5 <sup>m</sup> /°
Agosto 6: 7 $\delta$ Sco, ( $V = 3,8$ )						
Inmersión	21 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 8	61°	oscuro	18°	1,5 <sup>m</sup> /°	-0,3 <sup>m</sup> /°
Noviembre 20: 29 $\gamma$ Vir, ( $V = 3,6$ )						
Emersión	5 <sup>h</sup> 07 <sup>m</sup> 3	344°	oscuro	22°	0,3 <sup>m</sup> /°	-1,7 <sup>m</sup> /°
Diciembre 14: 30 $\eta$ Leo, ( $V = 3,5$ )						
Emersión	5 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup> 2	13°	oscuro	66°	-1,8 <sup>m</sup> /°	-8,5 <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 Urano en su ocultación del 22 de julio para un observador situado en Santa Cruz de Tenerife se procede como sigue:

$$\Delta\lambda = \lambda_{\text{Sta.CruzeTenerife}} - \lambda_{\text{Madrid}} = (-16^{\circ},3) - (-3^{\circ},7) = -12^{\circ},6$$

$$\Delta\phi = \phi_{\text{Sta.CruzeTenerife}} - \phi_{\text{Madrid}} = 28^{\circ},5 - 40^{\circ},4 = -11^{\circ},9$$

Emersión:

$$\text{TU} = 5 \text{ h } 45,7 \text{ min} + (-0,2) \text{ min}^{\circ} \times (-12,6^{\circ}) + (4,3) \text{ min}^{\circ} \times (-11,9^{\circ})$$

$$= 4 \text{ h } 57,0 \text{ min}$$

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

## Cometas periódicos que pasan por su perihelio en 2022

Nombre del cometa	mes	día	distancia a		elongación (°)
			Sol (ua)	Tierra (ua)	
67P/Churyumov-Gerasimenko	Ene	22	1,24	1,13	72
9P/Tempel 1	Mar	2	1,54	1,78	60
39P/Oterma	Mar	6	5,45	6,22	37
19P/Borrelly	Abr	1	1,35	2,07	34
22P/Kopff	Abr	1	1,58	1,89	57
45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova	Abr	6	0,53	1,45	13
44P/Reinmuth 2	Abr	28	2,12	2,83	37
18D/Perrine-Mrkos	Jul	24	1,27	1,83	42
73P/Schwassmann-Wachmann 3	Ago	23	0,97	1,01	57
41P/Tuttle-Giacobini-Kresak	Set	12	1,05	1,96	17
43P/Wolf-Harrington	Oct	7	1,36	1,34	69
51P/Harrington	Oct	9	1,70	0,88	129
61P/Shajn-Schaldach	Oct	23	2,11	1,13	167

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.

## Enero 2022

- 1 Luna en perigeo
- 1 Metis 1°2 al N de la Luna (Ocultación)
- 2 Luna nueva
- 3 La Luna 7° al S de Venus
- 3 Máximo de las Cuadrántidas
- 4 La Luna 3° al S de Mercurio y 4° al S de Saturno
- 6 Hebe 2° al S de la Luna
- 6 La Luna 4° al S de Júpiter
- 7 La Luna 4° al S de Neptuno
- 7 Máxima elongación Este de Mercurio ( 19°2 )
- 9 Cuarto creciente
- 9 Máximo acercamiento de Venus a la Tierra
- 9 Venus en conjunción inferior con el Sol
- 11 La Luna 2° al S de Urano
- 12 Ceres 1°0 al S de la Luna (Ocultación)
- 13 Iris en oposición
- 14 Luna en apogeo
- 14 Mercurio estacionario en ascensión recta
- 15 Mercurio en perihelio
- 16 Ceres estacionario en ascensión recta
- 17 Luna llena
- 18 Urano estacionario en ascensión recta
- 23 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
- 23 Venus en perihelio
- 25 Cuarto menguante
- 26 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
- 26 La Luna 1°1 al N de Zuben el Genubi (Ocultación)
- 27 La Luna 1°3 al S de Graffias (Ocultación)
- 28 Metis 0°4 al S de Marte
- 29 La Luna 2° al S de Marte y Metis 2° al N de la Luna
- 29 Venus estacionario en ascensión recta
- 30 La Luna 0°1 al N de Nuniki (Ocultación)
- 30 Luna en perigeo
- 31 La Luna 8° al S de Mercurio

## Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta		Declin.		Magnitud
	( <sup>h</sup> )	( <sup>m</sup> )	( <sup>°</sup> )	( <sup>'</sup> )	
Mercurio	20	49,8	-16	38	0,8
Venus	19	3,2	-16	39	-4,1
Marte	17	29,9	-23	33	1,5
Júpiter	22	22,8	-11	10	-1,9
Saturno	21	4,8	-17	34	0,7

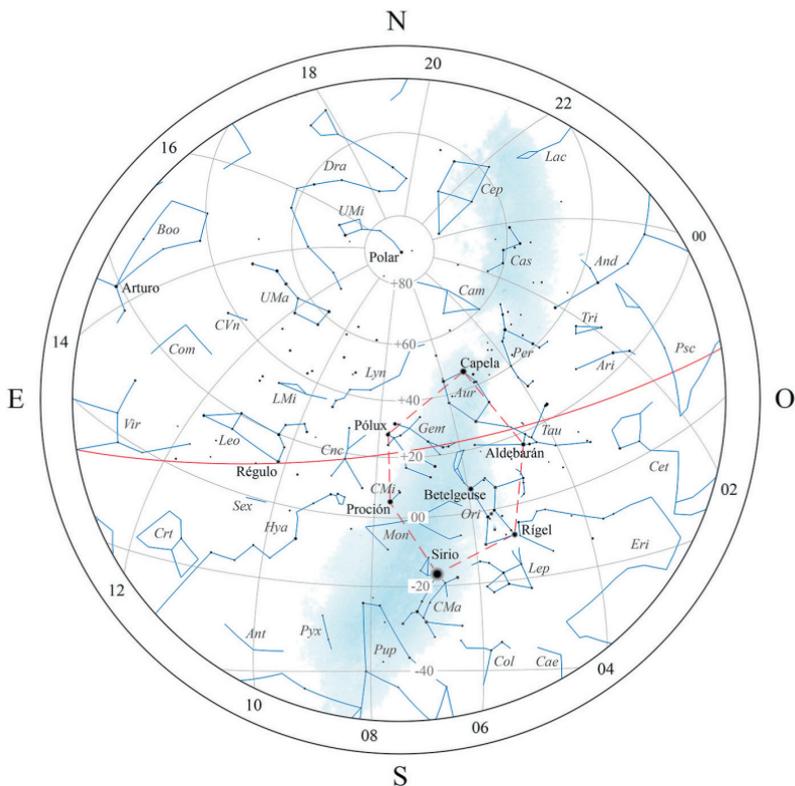


### Febrero 2022

- 1 Luna nueva
- 2 La Luna 4° al S de Júpiter
- 3 La Luna 4° al S de Neptuno
- 3 Mercurio estacionario en ascensión recta
- 4 Saturno en conjunción con el Sol
- 5 Masalia en oposición
- 7 Brillo máximo de Venus
- 7 La Luna 1°2 al S de Urano
- 8 Cuarto creciente
- 9 Ceres 0°1 al N de la Luna (Ocultación)
- 10 Partenope en oposición
- 11 Luna en apogeo
- 11 Marte 3° al N de Nunki
- 13 Venus 7° al N de Marte
- 16 Luna llena
- 16 Máxima elongación Oeste de Mercurio ( 26°3 )
- 19 Euterpe en conjunción con el Sol
- 22 Fortuna en oposición
- 22 La Luna 0°8 al N de Zuben el Genubi (Ocultación)
- 23 Cuarto menguante
- 24 Astraea 2° al N de Saturno
- 25 Vesta 2° al N de Marte
- 26 La Luna 0°0 al N de Nunki (Ocultación)
- 26 Luna en perigeo
- 26 Metis 2° al N de la Luna
- 27 La Luna 3° al S de Marte
- 28 La Luna 4° al S de Mercurio
- 28 La Luna 4° al S de Saturno
- 28 Mercurio en afelio

### Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta		Declin.		Magnitud
	(h	m)	(°	' )	
Mercurio	20	8,5	-19	32	0,1
Venus	19	6,5	-16	48	-4,5
Marte	19	8,5	-23	10	1,3
Júpiter	22	49,5	- 8	32	-1,9
Saturno	21	19,5	-16	31	0,7



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

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

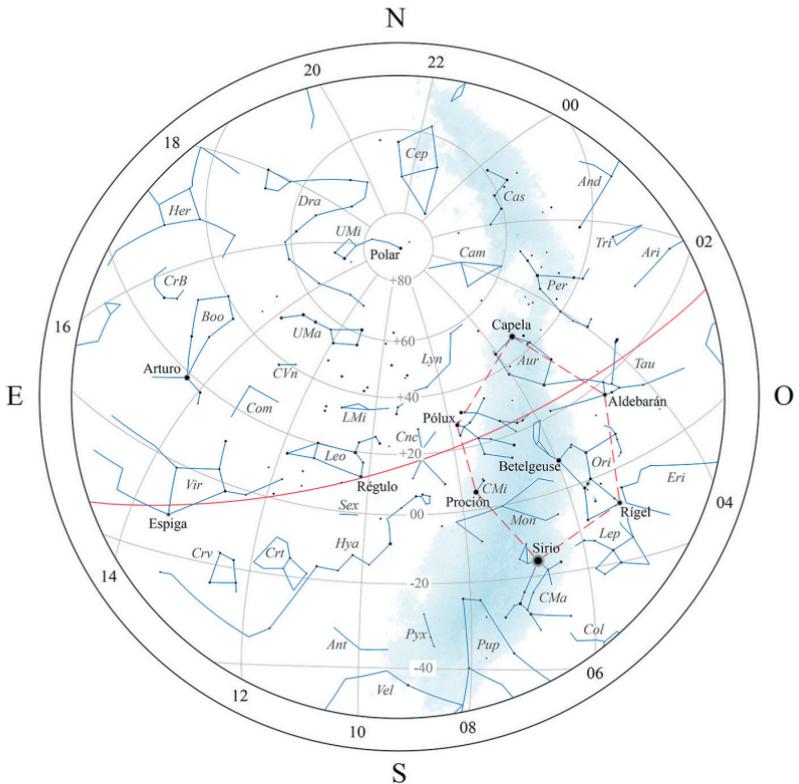
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

**Marzo 2022**

- 2 Luna nueva
- 2 Mercurio 0°7 al S de Saturno
- 3 Astraea 2° al N de Mercurio
- 3 Psyche en oposición
- 5 Júpiter en conjunción con el Sol
- 7 La Luna 0°9 al S de Urano (Ocultación)
- 9 Ceres 0°4 al N de la Luna (Ocultación)
- 10 Cuarto creciente
- 10 Luna en apogeo
- 12 Venus 4° al N de Marte
- 13 Neptuno en conjunción con el Sol
- 16 Laetitia en oposición
- 18 Luna llena
- 20 Máxima elongación Oeste de Venus ( 46°6 )
- 20 Mercurio 1°3 al S de Júpiter
- 21 La Luna 0°5 al N de Zuben el Genubi (Ocultación)
- 23 Luna en perigeo
- 25 Cuarto menguante
- 25 La Luna 0°3 al S de Nunki (Ocultación)
- 26 Metis 2° al N de la Luna
- 28 La Luna 4° al S de Marte
- 28 La Luna 4° al S de Saturno
- 28 La Luna 7° al S de Venus
- 29 Venus 2° al N de Saturno
- 30 La Luna 4° al S de Júpiter
- 30 La Luna 4° al S de Neptuno

**Coordenadas para el día 15**

Planeta	Asc.recta		Declin.		Magnitud
	(h	m)	(°	' )	
Mercurio	22	41,9	-10	39	-0,4
Venus	20	38,7	-15	44	-4,3
Marte	20	36,8	-19	37	1,2
Júpiter	23	14,6	-5	57	-1,9
Saturno	21	32,2	-15	34	0,8



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

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

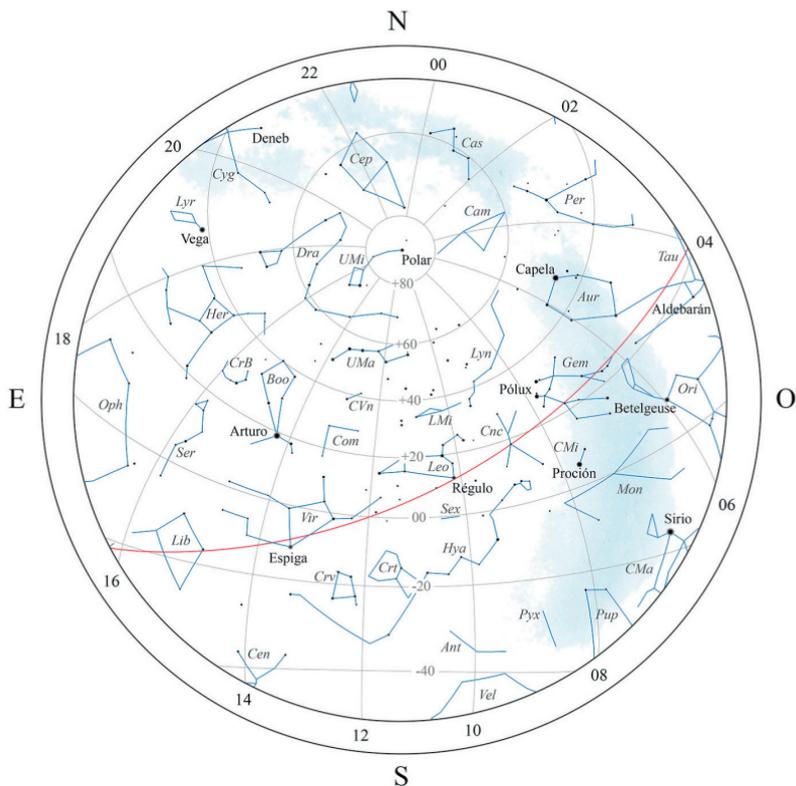
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

## Abril 2022

- 1 Luna nueva
- 2 Mercurio en conjunción superior con el Sol
- 3 Brillo máximo de Mercurio
- 3 La Luna 0°6 al S de Urano (Ocultación)
- 4 Marte 0°3 al S de Saturno
- 6 Ceres 0°4 al N de la Luna (Ocultación)
- 7 Luna en apogeo
- 9 Astraea 0°0 al S de Venus
- 9 Cuarto creciente
- 12 Flora en oposición
- 12 Júpiter 0°1 al N de Neptuno
- 12 Pallas en conjunción con el Sol
- 13 Mercurio en perihelio
- 16 Eunomia en oposición
- 16 Luna llena
- 18 La Luna 0°4 al N de Zuben el Genubi (Ocultación)
- 18 Mercurio 2° al N de Urano
- 19 Luna en perigeo
- 22 La Luna 0°5 al S de Nunki (Ocultación)
- 22 Máximo de las Líridas
- 23 Cuarto menguante
- 23 Metis 2° al N de la Luna
- 24 La Luna 4° al S de Saturno
- 25 La Luna 4° al S de Marte
- 26 Astraea 1° al N de Marte
- 27 Hebe en conjunción con el Sol
- 27 La Luna 4° al S de Júpiter, Venus y Neptuno
- 27 Venus 0°0 al S de Neptuno
- 29 Hygiea en oposición
- 29 Máxima elongación Este de Mercurio ( 20°6 )
- 29 Mercurio 1°4 al S de Alcíone
- 30 Luna nueva
- 30 Eclipse parcial de Sol
- 30 Venus 0°2 al S de Júpiter

## Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta		Declin.		Magnitud
	( <sup>h</sup> )	( <sup>m</sup> )	( <sup>°</sup> )	( <sup>'</sup> )	
Mercurio	2	20,5	15	8	-1,0
Venus	22	47,3	-8	3	-4,1
Marte	22	10,0	-12	47	1,0
Júpiter	23	41,5	-3	8	-1,9
Saturno	21	43,5	-14	42	0,9



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

31 de Marzo a las 23h de TU

15 de Abril a las 22h de TU

30 de Abril a las 21 h de TU

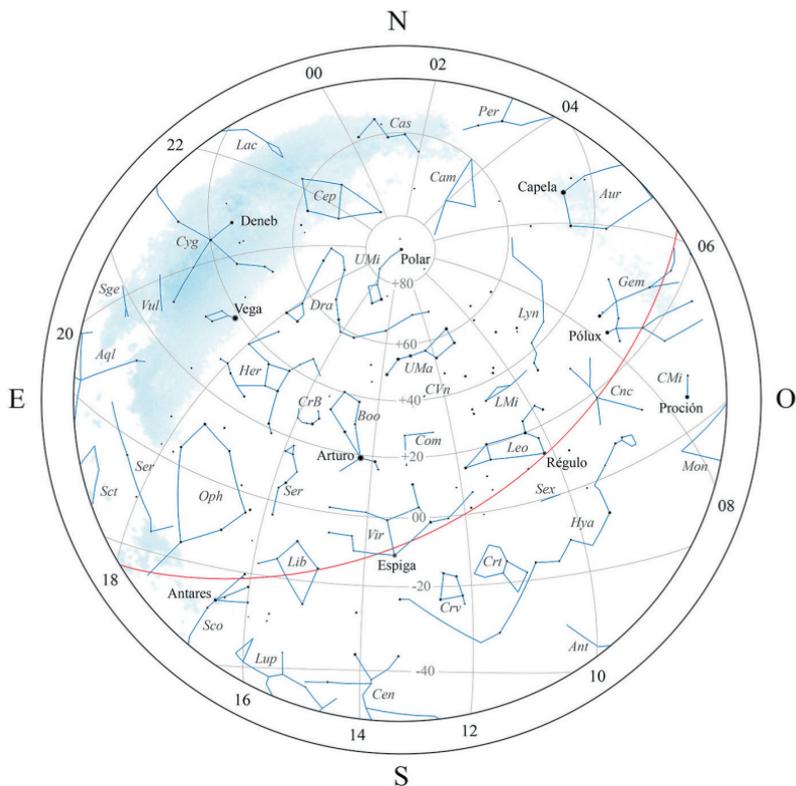
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

**Mayo 2022**

- 1 La Luna 0°5 al S de Urano (Ocultación)
- 2 La Luna 2° al S de Mercurio
- 4 Ceres 0°2 al N de la Luna (Ocultación)
- 4 Egeria en oposición
- 5 Eros en conjunción con el Sol
- 5 Luna en apogeo
- 5 Urano en conjunción con el Sol
- 6 Máximo de las  $\eta$  Acuáridas
- 6 Melpomene en oposición
- 6 Vesta 0°8 al S de Saturno
- 9 Cuarto creciente
- 10 Mercurio estacionario en ascensión recta
- 11 Victoria en conjunción con el Sol
- 15 La Luna 0°5 al N de Zuben el Genubi (Ocultación)
- 15 Venus en afelio
- 16 Luna llena
- 16 Eclipse total de Luna
- 17 Luna en perigeo
- 17 Marte 0°6 al S de Neptuno
- 19 La Luna 0°4 al S de Nunki (Ocultación)
- 20 Metis 0°7 al N de la Luna (Ocultación)
- 21 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
- 22 Cuarto menguante
- 22 La Luna 4° al S de Saturno
- 22 Vesta 3° al N de la Luna
- 24 La Luna 4° al S de Neptuno
- 24 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
- 27 La Luna 0°2 al S de Venus (Ocultación)
- 27 Mercurio en afelio
- 28 La Luna 0°4 al S de Urano (Ocultación)
- 29 La Luna 4° al N de Mercurio
- 29 Marte 0°6 al S de Júpiter
- 30 Luna nueva

**Coordenadas para el día 15**

Planeta	Asc.recta		Declin.		Magnitud
	( <sup>h</sup> )	( <sup>m</sup> )	( <sup>°</sup> )	( <sup>'</sup> )	
Mercurio	4	7,7	21	39	3,9
Venus	0	54,9	3	54	-3,9
Marte	23	35,2	-4	28	0,8
Júpiter	0	4,6	-0	43	-2,0
Saturno	21	50,2	-14	13	0,8



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

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

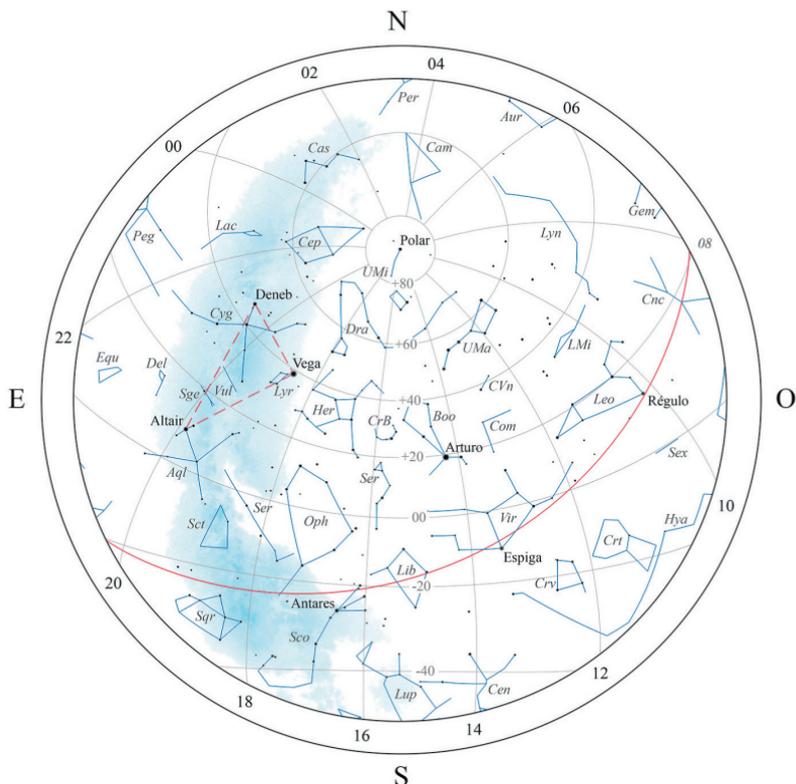
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

**Junio 2022**

- 1 Ceres 0°0 al S de la Luna (Ocultación)
- 2 Luna en apogeo
- 3 Mercurio estacionario en ascensión recta
- 5 Saturno estacionario en ascensión recta
- 6 Amphitrite en oposición
- 7 Cuarto creciente
- 11 La Luna 0°4 al N de Zuben el Genubi (Ocultación)
- 11 Mercurio 8° al S de Alcíone
- 11 Venus 2° al S de Urano
- 14 Luna en perigeo
- 14 Luna llena
- 15 La Luna 0°4 al S de Nunki (Ocultación)
- 16 Máxima elongación Oeste de Mercurio ( 23°2 )
- 17 Metis 0°8 al S de la Luna (Ocultación)
- 18 La Luna 4° al S de Saturno
- 19 Vesta 0°6 al N de la Luna (Ocultación)
- 20 Harmonia en conjunción con el Sol
- 20 La Luna 3° al S de Neptuno
- 21 Cuarto menguante
- 21 Marte en perihelio
- 22 La Luna 1°0 al S de Marte (Ocultación)
- 22 Venus 6° al S de Alcíone
- 23 Mercurio 3° al N de Aldebarán
- 24 La Luna 0°1 al S de Urano (Ocultación)
- 26 La Luna 3° al N de Venus
- 27 La Luna 4° al N de Mercurio
- 28 Neptuno estacionario en ascensión recta
- 29 Luna en apogeo
- 29 Luna nueva
- 30 Ceres 0°0 al S de la Luna (Ocultación)

**Coordenadas para el día 15**

Planeta	Asc.recta		Declin.		Magnitud
	(h	m)	(°	' )	
Mercurio	3	58,9	16	45	0,8
Venus	3	14,2	16	6	-3,8
Marte	0	59,9	4	26	0,6
Júpiter	0	23,1	1	10	-2,2
Saturno	21	51,4	-14	13	0,7



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

31 de Mayo a las 23h de TU

15 de Junio a las 22h de TU

30 de Junio a las 21 h de TU

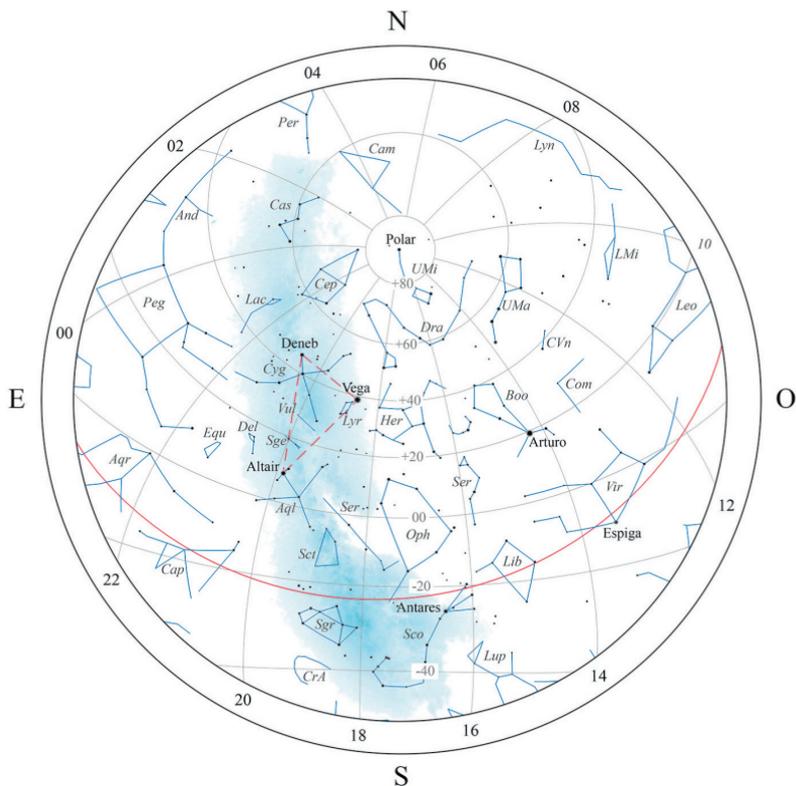
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

**Julio 2022**

- 1 Mercurio 6° al S de Elnath
- 1 Venus 4° al N de Aldebarán
- 6 Irene en oposición
- 7 Cuarto creciente
- 9 La Luna 0°3 al N de Zuben el Genubi (Ocultación)
- 10 Mercurio en perihelio
- 11 Venus 6° al S de Elnath
- 11 Vesta estacionario en ascensión recta
- 13 La Luna 0°4 al S de Nunki (Ocultación)
- 13 Luna en perigeo
- 13 Luna llena
- 14 Metis 2° al S de la Luna
- 15 La Luna 4° al S de Saturno
- 16 Brillo máximo de Mercurio
- 16 Mercurio en conjunción superior con el Sol
- 16 Vesta 2° al S de la Luna
- 17 Astraea 3° al N de la Luna
- 18 La Luna 3° al S de Neptuno
- 19 La Luna 2° al S de Júpiter
- 20 Cuarto menguante
- 20 Metis en oposición
- 21 La Luna 1°0 al N de Marte (Ocultación)
- 22 Ceres en conjunción con el Sol
- 22 La Luna 0°1 al N de Urano (Ocultación)
- 26 La Luna 4° al N de Venus
- 26 Luna en apogeo
- 27 Juno estacionario en ascensión recta
- 28 Luna nueva
- 29 Júpiter estacionario en ascensión recta
- 29 La Luna 4° al N de Mercurio
- 30 Máximo de las  $\delta$  Acuaridas

**Coordenadas para el día 15**

Planeta	Asc.recta		Declin.		Magnitud
	(h	m)	(°	' )	
Mercurio	7	28,9	23	14	-2,0
Venus	5	44,0	22	35	-3,8
Marte	2	20,1	12	5	0,4
Júpiter	0	33,0	2	5	-2,4
Saturno	21	47,0	-14	41	0,5



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

30 de Junio a las 23h de TU

15 de Julio a las 22h de TU

30 de Julio a las 21 h de TU

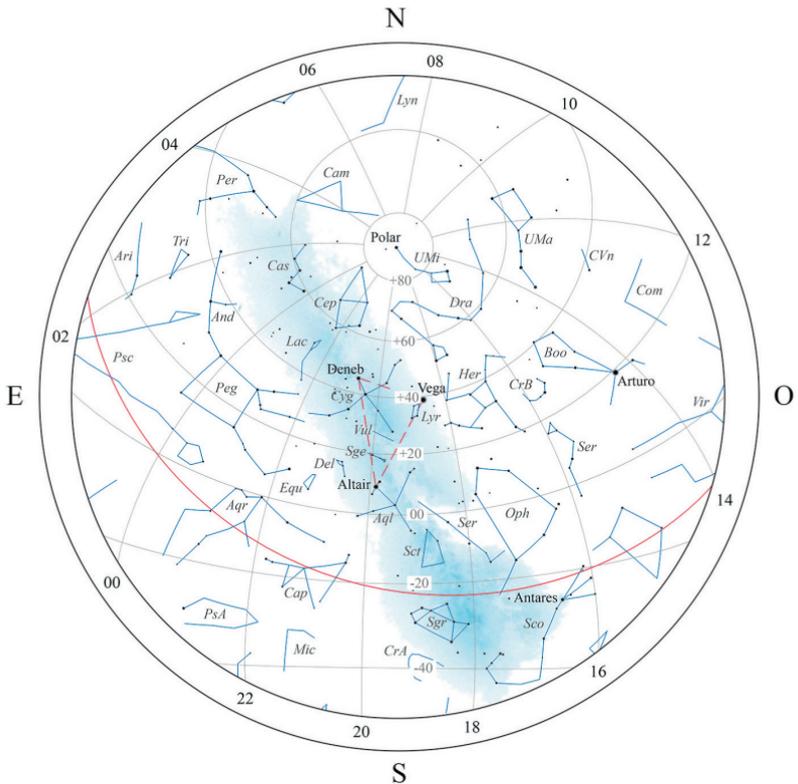
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

**Agosto 2022**

- 1 Marte 1°,4 al S de Urano
- 4 Mercurio 0°,7 al N de Régulo
- 5 Cuarto creciente
- 5 La Luna 0°,1 al N de Zuben el Genubi (Ocultación)
- 7 Venus 7° al S de Pólux
- 9 La Luna 0°,4 al S de Nunki (Ocultación)
- 10 Luna en perigeo
- 10 Metis 3° al S de la Luna
- 12 La Luna 4° al S de Saturno
- 12 Luna llena
- 12 Máximo de las Perséidas
- 14 Astraea 2° al N de la Luna
- 14 La Luna 3° al S de Neptuno
- 14 Saturno en oposición
- 15 La Luna 2° al S de Júpiter
- 18 La Luna 0°,4 al N de Urano (Ocultación)
- 18 Marte 6° al S de Alcíone
- 19 Cuarto menguante
- 19 La Luna 3° al N de Marte
- 22 Luna en apogeo
- 22 Vesta en oposición
- 23 Mercurio en afelio
- 24 Urano estacionario en ascensión recta
- 25 Ceres 0°,9 al N de la Luna (Ocultación)
- 25 La Luna 4° al N de Venus
- 27 Luna nueva
- 27 Máxima elongación Este de Mercurio ( 27°,3 )
- 29 La Luna 7° al N de Mercurio

**Coordenadas para el día 15**

Planeta	Asc.recta		Declin.		Magnitud
	( <sup>h</sup> )	( <sup>m</sup> )	( <sup>°</sup> )	( <sup>'</sup> )	
Mercurio	11	10,0	5	7	0,1
Venus	8	25,6	19	48	-3,8
Marte	3	39,6	17	57	0,1
Júpiter	0	32,6	1	53	-2,6
Saturno	21	38,7	-15	27	0,3



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

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

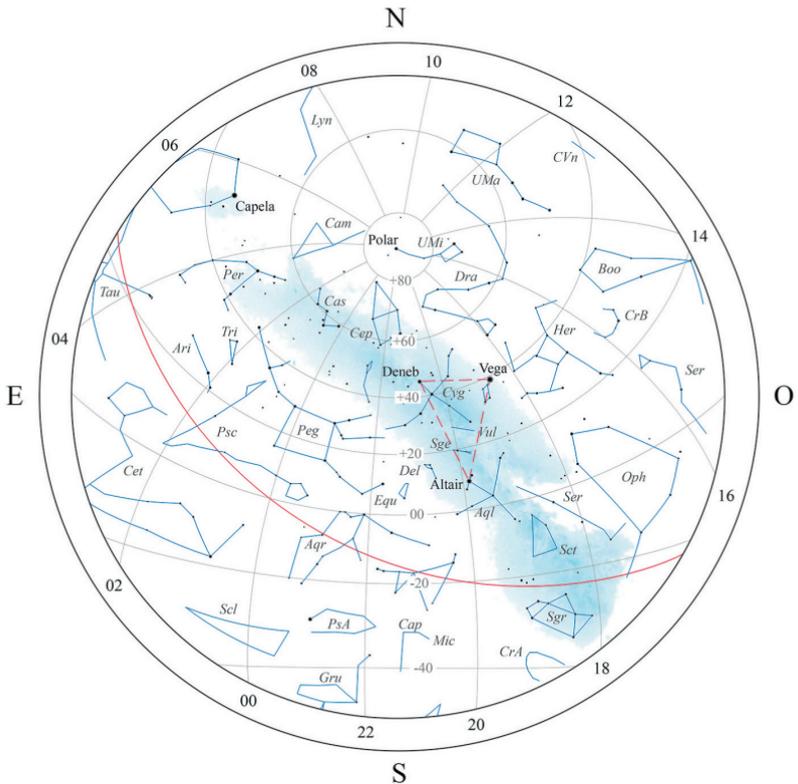
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

## Setiembre 2022

- 1 Hygiea 2° al S de la Luna
- 1 La Luna 0°3 al S de Zuben el Genubi (Ocultación)
- 3 Cuarto creciente
- 4 Venus en perihelio
- 5 La Luna 0°8 al S de Nunki (Ocultación)
- 5 Venus 0°8 al N de Régulo
- 6 Metis 2° al S de la Luna
- 7 Juno en oposición
- 7 Luna en perigeo
- 8 Astrea en oposición
- 8 La Luna 4° al S de Saturno
- 9 Marte 4° al N de Aldebarán
- 9 Mercurio estacionario en ascensión recta
- 10 Astraea 1°1 al N de la Luna (Ocultación)
- 10 La Luna 3° al S de Neptuno
- 10 Luna llena
- 14 La Luna 0°8 al N de Urano (Ocultación)
- 16 Neptuno en oposición
- 17 Cuarto menguante
- 17 La Luna 4° al N de Marte
- 19 Luna en apogeo
- 21 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
- 22 Iris en conjunción con el Sol
- 23 Ceres 2° al N de la Luna
- 23 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
- 25 Luna nueva
- 26 Júpiter en oposición
- 29 Hygiea 0°5 al S de la Luna (Ocultación)
- 29 La Luna 0°4 al S de Zuben el Genubi (Ocultación)

## Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta		Declin.		Magnitud
	(h	m)	(°	' )	
Mercurio	12	21,5	- 6	50	2,0
Venus	10	56,4	8	16	-3,8
Marte	4	49,3	21	24	-0,3
Júpiter	0	21,8	0	36	-2,8
Saturno	21	30,4	-16	9	0,4



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

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

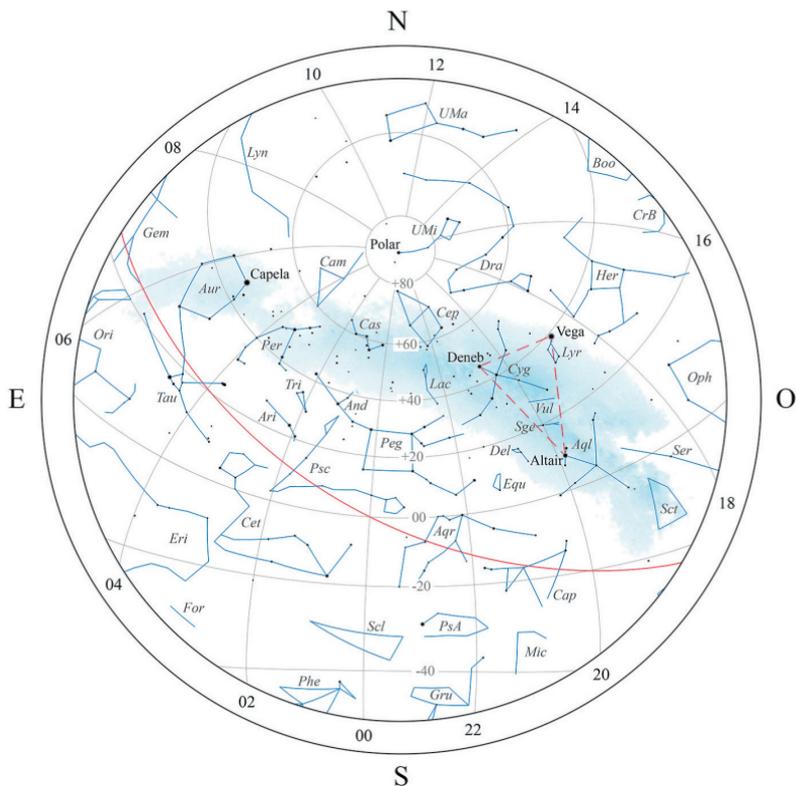
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

### Octubre 2022

- 1 Mercurio estacionario en ascensión recta
- 3 Cuarto creciente
- 3 La Luna 0°9 al S de Nunki (Ocultación)
- 3 Metis 1°3 al S de la Luna
- 4 Luna en perigeo
- 5 La Luna 4° al S de Saturno
- 6 Mercurio en perihelio
- 6 Vesta estacionario en ascensión recta
- 7 Astraea 1°0 al N de la Luna (Ocultación)
- 7 Partenope en conjunción con el Sol
- 8 La Luna 3° al S de Neptuno
- 8 Máxima elongación Oeste de Mercurio ( 18°0 )
- 8 Máximo de las Dracónidas
- 9 Luna llena
- 9 Marte 6° al S de Elnath
- 12 La Luna 0°7 al N de Urano (Ocultación)
- 15 Fortuna en conjunción con el Sol (Ocultación)
- 15 La Luna 4° al N de Marte
- 17 Cuarto menguante y Luna en apogeo
- 18 Juno estacionario en ascensión recta
- 21 Máximo de las Oriónidas
- 22 Venus en conjunción superior con el Sol
- 23 Saturno estacionario en ascensión recta
- 24 La Luna 0°4 al N de Mercurio (Ocultación)
- 25 La Luna 0°1 al N de Venus (Ocultación)
- 25 Luna nueva
- 25 Eclipse parcial de Sol
- 26 La Luna 0°4 al S de Zuben el Genubi (Ocultación)
- 27 Masalia en conjunción con el Sol (Ocultación)
- 28 Hygiea 1°0 al N de la Luna (Ocultación)
- 28 Laetitia en conjunción con el Sol
- 29 Luna en perigeo
- 30 La Luna 0°9 al S de Nunki (Ocultación)
- 30 Marte estacionario en ascensión recta
- 31 Metis 0°5 al S de la Luna (Ocultación)

### Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta		Declin.		Magnitud
	( <sup>h</sup>	m)	( <sup>°</sup>	' )	
Mercurio	12	23,4	- 0	22	-0,9
Venus	13	14,2	- 6	31	-3,8
Marte	5	33,7	23	7	-0,9
Júpiter	0	7,5	- 0	56	-2,7
Saturno	21	26,0	-16	29	0,6



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

30 de Setiembre a las 23h de TU

15 de Octubre a las 22h de TU

30 de Octubre a las 21 h de TU

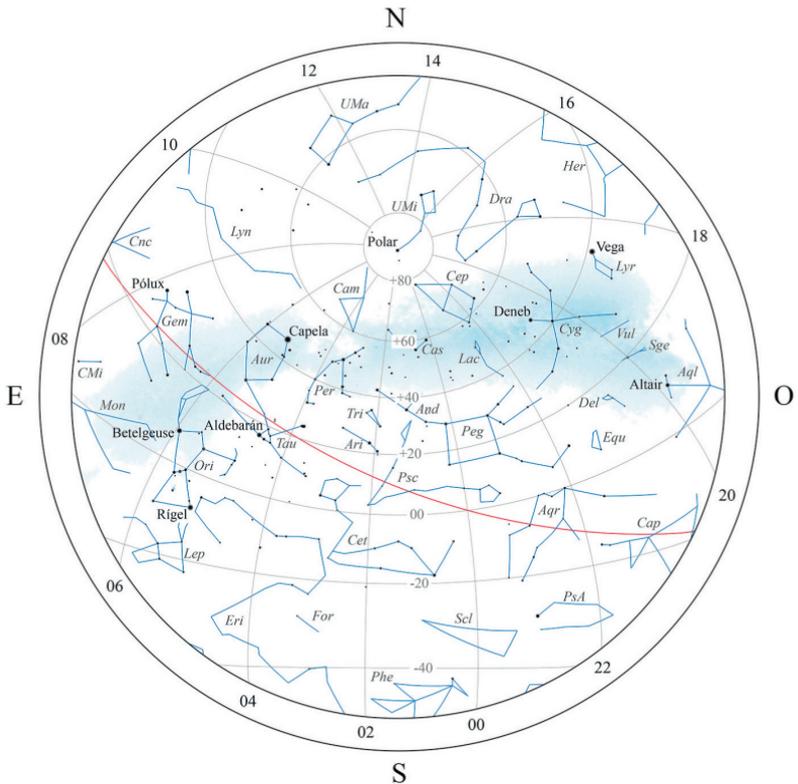
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

### Noviembre 2022

- 1 Cuarto creciente
- 1 La Luna 4° al S de Saturno
- 3 Astraea 1°,1 al N de la Luna (Ocultación)
- 3 Juno 0°,9 al N de la Luna (Ocultación)
- 4 La Luna 3° al S de Neptuno
- 8 Brillo máximo de Mercurio
- 8 La Luna 0°,6 al N de Urano (Ocultación)
- 8 Luna llena
- 8 Eclipse total de Luna
- 8 Mercurio en conjunción superior con el Sol (Ocultación)
- 9 Urano en oposición
- 11 La Luna 2° al N de Marte
- 12 Euterpe en oposición
- 14 Luna en apogeo
- 16 Cuarto menguante
- 17 Máximo de las Leónidas
- 19 Marte 4° al S de Elnath
- 19 Mercurio en afelio
- 22 La Luna 0°,5 al S de Zuben el Genubi (Ocultación)
- 23 Luna nueva
- 24 Júpiter estacionario en ascensión recta
- 24 La Luna 0°,7 al S de Mercurio (Ocultación)
- 24 Pallas estacionario en ascensión recta
- 25 Eunomia en conjunción con el Sol
- 25 Hygiea 2° al N de la Luna
- 26 La Luna 0°,9 al S de Nunki (Ocultación)
- 26 Luna en perigeo
- 28 Metis 0°,2 al N de la Luna (Ocultación)
- 29 La Luna 4° al S de Saturno
- 30 Astraea 1°,0 al N de la Luna (Ocultación)
- 30 Cuarto creciente
- 30 Vesta 3° al S de la Luna

### Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta		Declin.		Magnitud
	( <sup>h</sup> )	( <sup>m</sup> )	( <sup>°</sup> )	( <sup>'</sup> )	
Mercurio	15	35,3	-19	55	-0,9
Venus	15	45,0	-19	33	-3,8
Marte	5	33,1	24	30	-1,5
Júpiter	23	58,5	-1	48	-2,6
Saturno	21	27,5	-16	20	0,7



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

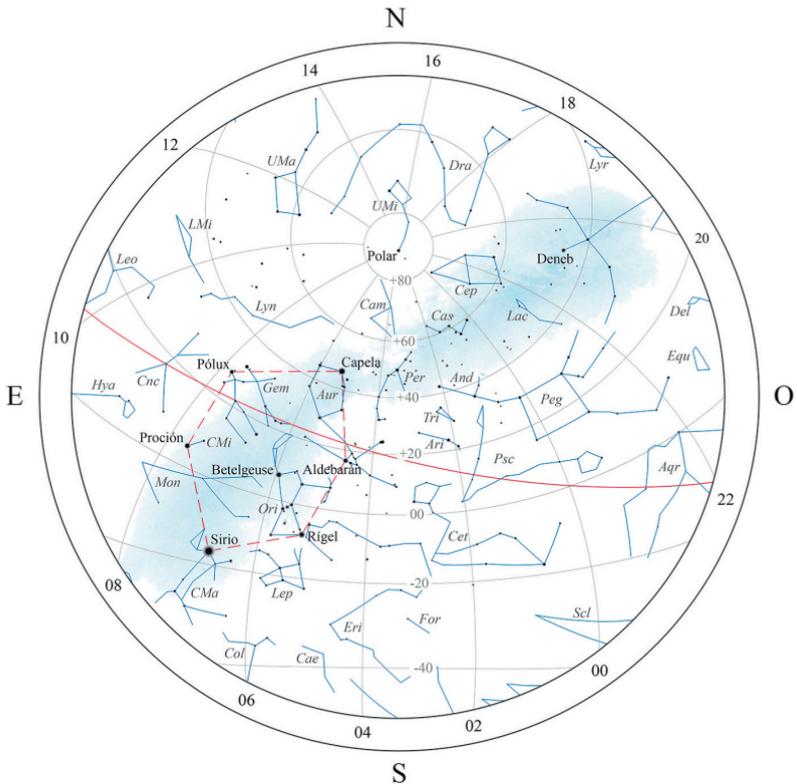
En la figura se representan paralelos de declinación y, con un trazo más grueso, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

### Diciembre 2022

- 1 Juno 1°2 al S de la Luna (Ocultación)
- 1 La Luna 3° al S de Neptuno
- 2 Hygiea 1°3 al N de Mercurio
- 2 La Luna 3° al S de Júpiter
- 2 Máximo acercamiento de Marte a la Tierra
- 4 Neptuno estacionario en ascensión recta
- 5 Hygiea 0°2 al S de Venus
- 5 La Luna 0°6 al N de Urano (Ocultación)
- 7 Brillo máximo de Marte
- 8 La Luna 0°4 al N de Marte (Ocultación)
- 8 Luna llena
- 8 Marte en oposición
- 12 Luna en apogeo
- 14 Máximo de las Gemínidas
- 15 Mercurio 1°3 al N de Nunki
- 16 Cuarto menguante
- 20 La Luna 0°5 al S de Zuben el Genubi (Ocultación)
- 20 Venus 2° al N de Nunki
- 21 Máxima elongación Este de Mercurio ( 20°,4 )
- 22 Marte 8° al N de Aldebarán
- 22 Máximo de las Úrsidas
- 23 Hygiea en conjunción con el Sol
- 23 Luna nueva
- 24 La Luna 0°9 al S de Nunki (Ocultación)
- 24 La Luna 3° al S de Venus y 4° al S de Mercurio
- 24 Luna en perigeo
- 26 La Luna 4° al S de Saturno
- 26 Metis 0°5 al N de la Luna (Ocultación)
- 26 Venus en afelio
- 28 Astraea 0°7 al N de la Luna (Ocultación) y Vesta 2° a
- 28 La Luna 3° al S de Neptuno
- 29 Mercurio 1°4 al N de Venus
- 29 Mercurio estacionario en ascensión recta
- 30 Astraea 0°9 al S de Neptuno
- 30 Cuarto creciente

### Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc.recta		Declin.		Magnitud
	( <sup>h</sup> )	( <sup>m</sup> )	( <sup>°</sup> )	( <sup>'</sup> )	
Mercurio	18	51,6	-25	8	-0,5
Venus	18	26,6	-24	12	-3,8
Marte	4	47,4	24	56	-1,7
Júpiter	0	0,5	-1	26	-2,3
Saturno	21	34,7	-15	43	0,8



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

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

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



# ECLIPSES

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

Abril 30	parcial de Sol
Mayo 16	total de Luna
Octubre 25	parcial de Sol
Noviembre 8	total de Luna

## Introducción

### Convenios

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

Como en el resto del ANUARIO, la **latitud** se considera positiva al Norte y negativa al Sur del ecuador terrestre, tomando valores entre  $-90^\circ$  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 2022

Se producirán dos eclipses parciales de Sol, uno el 30 de abril y otro el 25 de octubre. El segundo será visible, con una magnitud muy baja, desde el noreste de la península y las islas Baleares.

Se describen en detalle en las páginas siguientes.

### Eclipses de Sol durante el año próximo

En 2023 habrá dos eclipses de Sol, uno mixto y otro anular. Ninguno será visible desde España.

El eclipse mixto del 20 de abril será visible en el sudeste asiático y Australia, alcanzando una magnitud de 1,01. La franja de totalidad-anularidad cruzará el oeste de Australia, Indonesia y Papua Nueva Guinea.

El eclipse anular del 14 de octubre se verá en América, alcanzando una magnitud de 0,95. La franja de anularidad cruzará el oeste de Estados Unidos, Centroamérica, Colombia y Brasil.

## 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 2022

Se producirán dos eclipses totales de Luna, uno el 16 de mayo y otro parcial el 8 de noviembre.

El primer eclipse será visible en España.

Se describen en detalle en las páginas siguientes.

### Eclipses de Luna durante el año próximo

En 2023 habrá dos eclipses de Luna. El eclipse penumbral del 5 de mayo será visible en África, Asia y Australia. El eclipse parcial del 28 de octubre que será visible en el este de América, Europa, África, Asia y Australia. En España será visible el segundo eclipse.

## 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 30 de abril (Saros 119)

Este eclipse parcial es el número 66 de los 71 eclipses del ciclo Saros 119 y no será visible desde España.

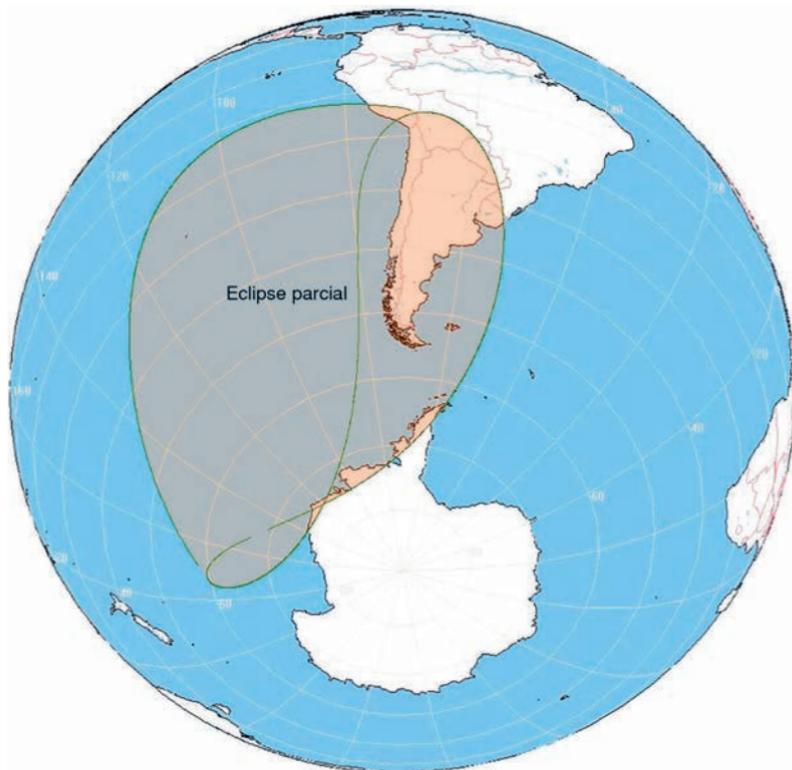
El eclipse será visible en el sudeste del océano Pacífico, la costa antártica y el sur de Sudamérica. Se iniciará a las 18<sup>h</sup>45<sup>m</sup> TU (Tiempo Universal) a una latitud de  $-68^\circ$  en el océano Pacífico sur, avanzará hacia el este cruzando la costa antártica, Chile y Argentina.

El máximo del eclipse se dará a las 20<sup>h</sup>41<sup>m</sup> a una latitud de  $-62^\circ$  en el estrecho de Magallanes, en ese momento la magnitud del eclipse será 0,64.

El fin del eclipse se producirá a las 22<sup>h</sup>38<sup>m</sup> TU en un punto del océano Pacífico de latitud  $-25^\circ$ , frente a la costa de Chile. La duración total del fenómeno será de 233 minutos (algo menos de 4 horas).

Características generales del eclipse			
Fases	TU	Latitud	Longitud
Inicio del eclipse general	18 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup>	$-68^\circ 02'$	$-150^\circ 36'$
Conjunción en Asc. Recta	19 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup>		
Máximo del eclipse	20 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup>	$-62^\circ 06'$	$-71^\circ 30'$
Fin del eclipse general	22 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup>	$-25^\circ 06'$	$-77^\circ 25'$
Características del eclipse en el máximo			
Magnitud del eclipse parcial			0,639
Distancia mínima entre el eje de sombra de la Luna y el centro de la Tierra (en radio terrestres)			1,190

Eclipse parcial de 30 de abril de 2022



## Eclipse parcial de Sol del día 25 de octubre (Saros 124)

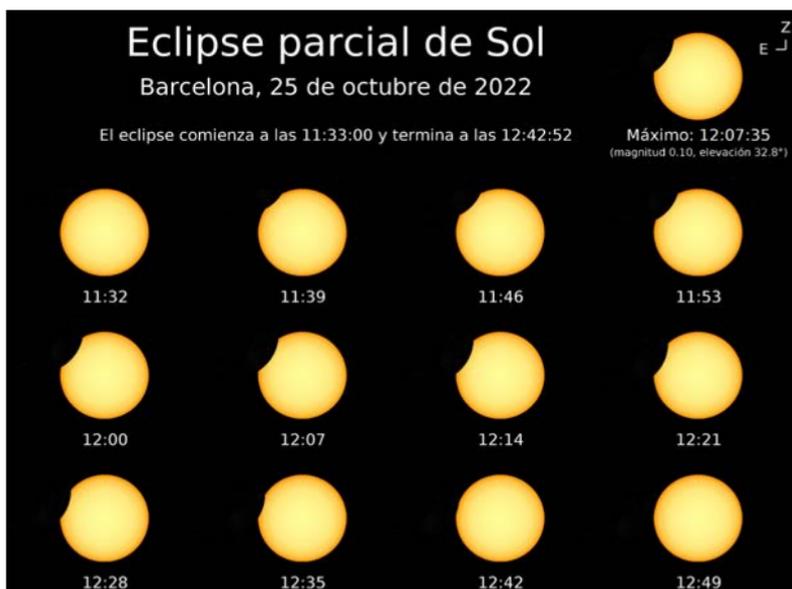
Este eclipse parcial es el número 55 de los 73 eclipses del ciclo Saros 124 y será visible, con muy baja magnitud, desde el noreste de la península y las islas Baleares.

El eclipse será visible en toda Europa, menos su extremo más meridional, el noreste de África y el oeste de Asia. Se iniciará a las 8<sup>h</sup>58<sup>m</sup> TU (Tiempo Universal) a una latitud de +66,5°, cerca de la costa de Islandia, avanzará hacia el este cruzando Europa, el este de África y el oeste de Asia.

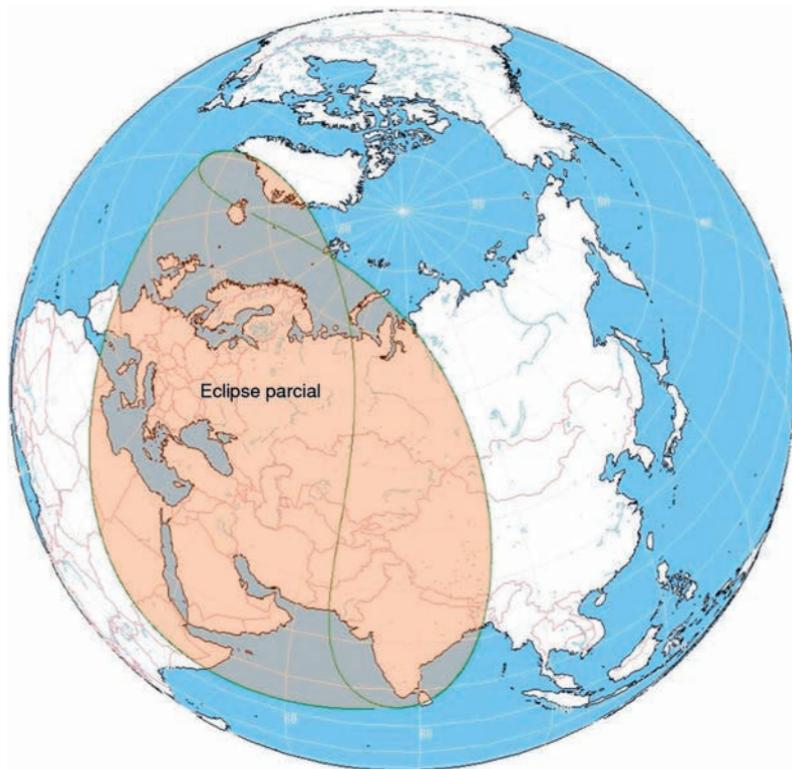
El máximo del eclipse se dará a las 11<sup>h</sup>00<sup>m</sup> al norte de Nizhnevartovsk (Rusia), en el distrito autónomo de Janti-Mansi, en ese momento la magnitud del eclipse será 0,86.

El fin del eclipse se producirá a las 13<sup>h</sup>02<sup>m</sup> TU en un punto del océano Índico de latitud +17,5°. La duración total del fenómeno será de 244 minutos (algo más de 4 horas).

En España, será visible en el noreste peninsular y las islas Baleares con magnitudes muy bajas (entorno a 0,1 y menores). En Barcelona el eclipse se iniciará a las 9<sup>h</sup>33<sup>m</sup> TU y finalizará a las 10<sup>h</sup>42<sup>m</sup> TU, siendo su duración total 70 minutos (algo más de una hora). El máximo del eclipse se producirá a las 10<sup>h</sup>7<sup>m</sup> TU, momento en el que su magnitud será 0,10.



## Eclipse parcial de 25 de octubre de 2022



## Características generales del eclipse

Fases	TU	Latitud	Longitud
Inicio del eclipse general	08 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup>	66°28'	-18°57'
Conjunción en Asc. Recta	10 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup>		
Máximo del eclipse	11 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup>	61°36'	77°24'
Fin del eclipse general	13 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup>	17°35'	66°31'

## Características del eclipse en el máximo

Magnitud del eclipse parcial	0,861
Distancia mínima entre el eje de sombra de la Luna y el centro de la Tierra (en radio terrestres)	1,070

## Eclipse total de Luna del día 16 de mayo (Saros 131)

Este eclipse total es el número 34 de los 72 eclipses del ciclo Saros 131 y será visible en España.

El inicio del eclipse de penumbra tendrá lugar a la 1<sup>h</sup>29<sup>m</sup> de Tiempo Universal (TU). La zona en que será visible viene delimitada por la curva etiquetada con **iP** en la figura adjunta; corresponde al este de Norteamérica, Sudamérica, Europa y África. El eclipse parcial (**iS**) es visible a partir de las 2<sup>h</sup>25<sup>m</sup> y el eclipse total (**iT**) a partir de las 3<sup>h</sup>26<sup>m</sup>; este será visible en América, oeste de Europa y África. El eclipse total (**fT**) finaliza a las 4<sup>h</sup>50<sup>m</sup>, el de sombra (**fS**) a las 5<sup>h</sup>51<sup>m</sup> y el de penumbra a las 6<sup>h</sup>47<sup>m</sup> TU. Habrá sido visible en sus últimas fases en América según delimita la curva **fP**.

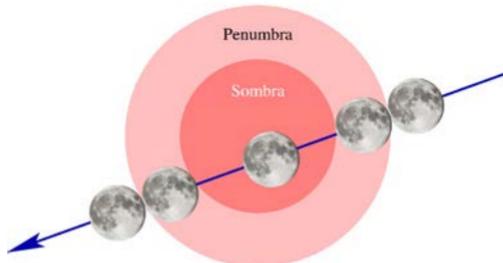
Características generales del eclipse

Fases	TU	Latitud	Long.(+E)	A.P.
Primer contacto con la penumbra	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup>	-18°46'	-24°53'	101°
Primer contacto con la sombra	2 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup>	-18°58'	-38°15'	96°
Inicio de la totalidad	3 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup>	-19°10'	-52°56'	80°
Máximo del eclipse	4 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup>	-19°19'	-63°03'	29°
Fin de la totalidad	4 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup>	-19°28'	-73°10'	325°
Ultimo contacto con la sombra	5 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup>	-19°40'	-87°51'	304°
Ultimo contacto con la penumbra	6 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup>	-19°51'	-101°11'	299°
Duración del eclipse penumbral	5 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>			
Duración del eclipse parcial	3 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup>			
Duración del eclipse total	1 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup>			
Magnitud del eclipse de penumbra	2,37			
Magnitud del eclipse de sombra	1,41			

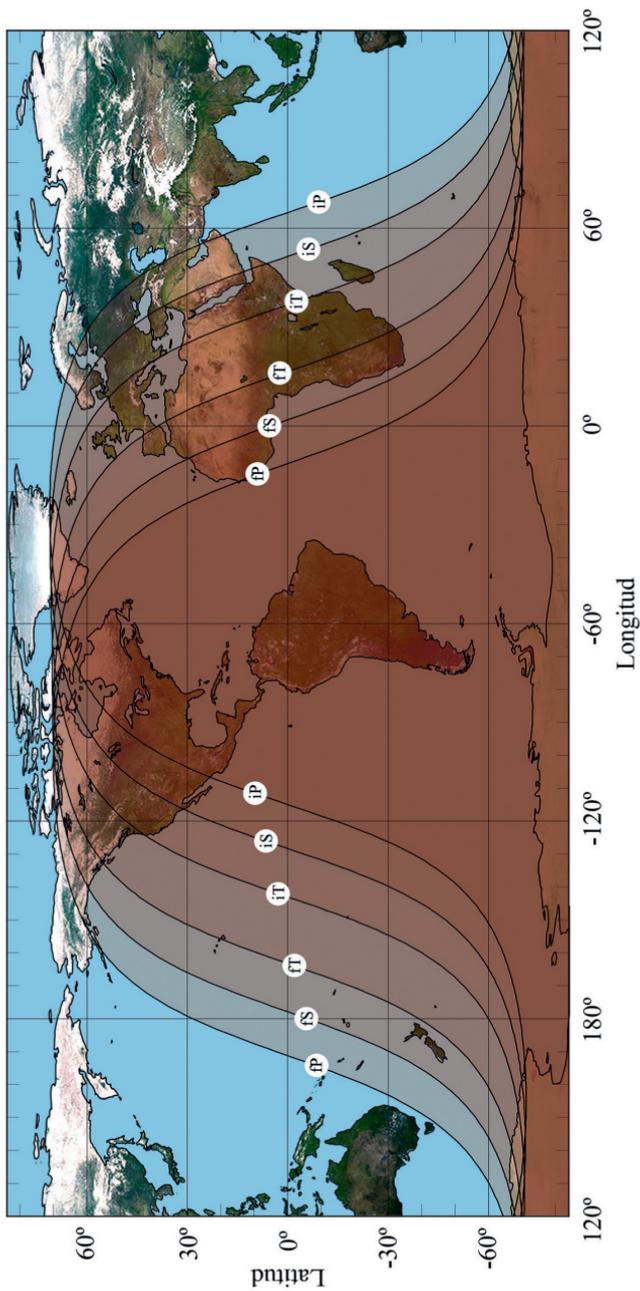
A.P. es el ángulo de posición medido en el sentido NESO.

Características del eclipse en el máximo

Fracción de diámetro lunar inmersa en la penumbra	237%
Fracción de diámetro lunar inmersa en la sombra	141%
Distancia mínima entre el eje de la sombra de la Tierra y el centro de la Luna (en radios terrestres)	0,25



Eclipse total de Luna del día 16 de mayo de 2022



## Eclipse total de Luna del día 8 de noviembre (Saros 136)

Este eclipse total es el número 20 de los 72 eclipses del ciclo Saros 136 y no será visible en España.

El inicio del eclipse de penumbra tendrá lugar a la 8<sup>h</sup>2<sup>m</sup> de Tiempo Universal (TU). La zona en que será visible viene delimitada por la curva etiquetada con **IP** en la figura adjunta; corresponde al continente americano y el Pacífico. El eclipse parcial (**IS**) es visible a partir de las 9<sup>h</sup>9<sup>m</sup> y el eclipse total (**IT**) a partir de las 10<sup>h</sup>16<sup>m</sup>; este será visible en Norteamérica, el Pacífico, Australia y Asia. El eclipse total (**FT**) finaliza a las 11<sup>h</sup>41<sup>m</sup>, el de sombra (**FS**) a las 12<sup>h</sup>48<sup>m</sup> y el de penumbra a las 13<sup>h</sup>54<sup>m</sup> TU. Habrá sido visible en sus últimas fases en el oeste de Norteamérica, el Pacífico, Australia y Asia. según delimita la curva **FP**.

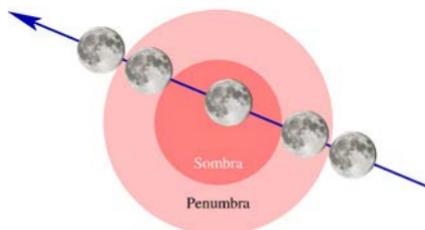
Características generales del eclipse

Fases	TU	Latitud	Long.(+E)	A.P.
Primer contacto con la penumbra	08 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup>	16°15'	-126°10'	76°
Primer contacto con la sombra	09 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup>	16°29'	-142°19'	82°
Inicio de la totalidad	10 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup>	16°42'	-158°33'	101°
Máximo del eclipse	10 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup>	16°51'	-168°46'	154°
Fin de la totalidad	11 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup>	16°59'	-179°00'	212°
Ultimo contacto con la sombra	12 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup>	17°13'	164°46'	233°
Ultimo contacto con la penumbra	13 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup>	17°26'	148°38'	238°
Duración del eclipse penumbral	5 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup>			
Duración del eclipse parcial	3 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup>			
Duración del eclipse total	1 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup>			
Magnitud del eclipse de penumbra	2,41			
Magnitud del eclipse de sombra	1,36			

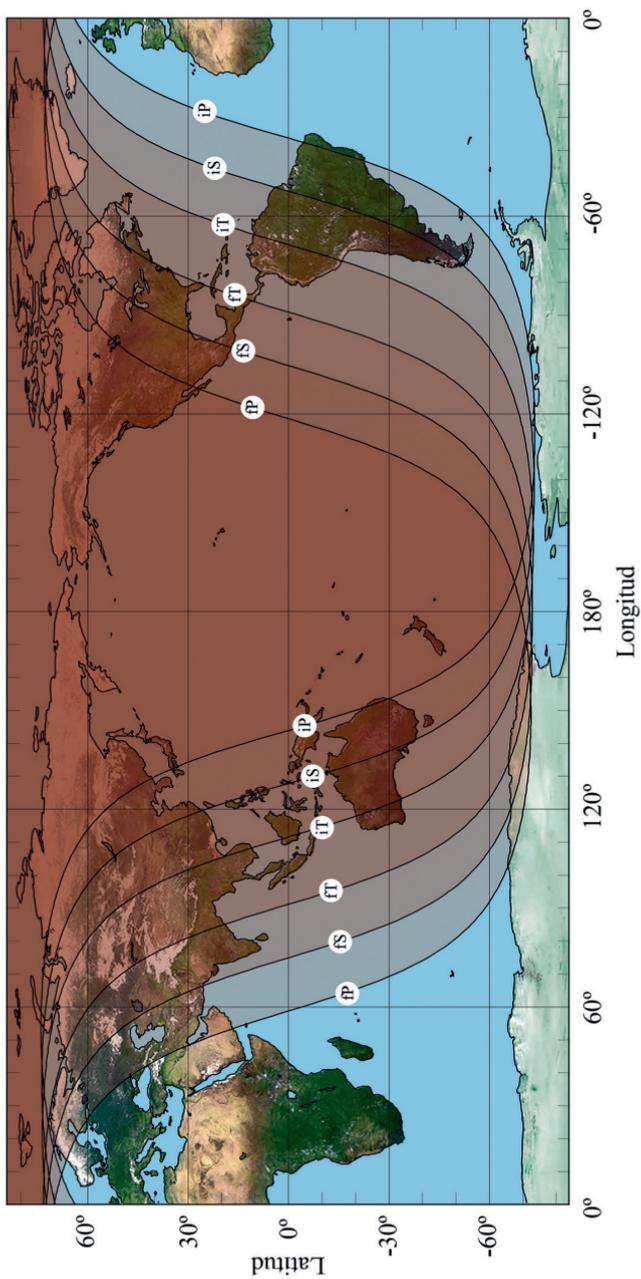
A.P. es el ángulo de posición medido en el sentido NESO.

Características del eclipse en el máximo

Fracción de diámetro lunar inmersa en la penumbra	241%
Fracción de diámetro lunar inmersa en la sombra	136%
Distancia mínima entre el eje de la sombra de la Tierra y el centro de la Luna (en radios terrestres)	0,26



Eclipse total de Luna del día 8 de noviembre de 2022



## 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
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. Europa, O. África
2028 julio 22	total	5 10	1,06	SE Asia y Oceanía
2029 enero 14	parcial		0,87	Norteamérica y Centroamérica
2029 junio 12	parcial		0,46	Ártico
2029 julio 11	parcial		0,23	S Sudamérica
2029 diciembre 05	parcial		0,89	S Sudamérica y Antártida
2030 junio 01	anular	5 21	0,94	Europe, África, Asia y Antártida
2030 noviembre 25	total	3 44	1,05	Asia, Oceanía y Antártida
2031 mayo 21	anular	5 26	0,96	África, Asia y Australia
2031 noviembre 14	mixto	1 08	1,01	Pacífico y América
2032 mayo 09	anular	0 22	0,99	S Sudamérica y S África
2032 noviembre 03	parcial		0,86	Asia

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

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

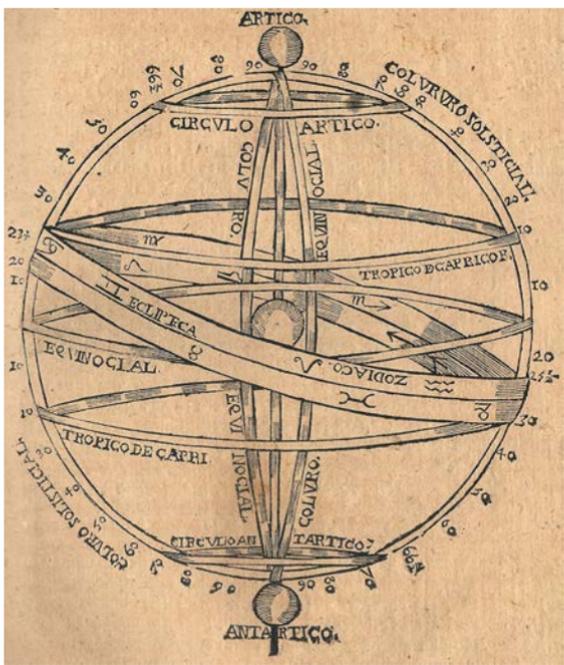
## Eclipses de Luna en los próximos años

Fecha	Tipo	Duración (en min)	Dur. totalidad (en min)	Magnitud
2022 mayo 16	total	207	85	1,41
2022 noviembre 8	total	220	85	1,36
2023 mayo 5	penumbral			
2023 octubre 28	parcial	77		0,12
2024 marzo 25	penumbral			
2024 setiembre 18	parcial	63		0,09
2025 marzo 14	total	218	65	1,18
2025 setiembre 7	total	209	82	1,18
2026 marzo 3	total	207	58	1,15
2026 agosto 28	parcial	198		0,93
2027 febrero 20	penumbral			
2027 julio 18	penumbral			
2027 agosto 17	penumbral			
2028 enero 12	parcial	56		0,07
2028 julio 6	parcial	141		0,40
2028 diciembre 31	total	209	71	1,25
2029 junio 26	total	220	73	1,84
2029 diciembre 20	total	213	66	1,12
2030 junio 15	parcial	144		0,50
2030 diciembre 9	penumbral			
2031 mayo 7	penumbral			
2031 junio 5	penumbral			
2031 octubre 30	penumbral			
2032 abril 25	total	211	66	1,19
2032 octubre 18	total	196	47	1,10

*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 16 de mayo de 2022.

# 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 desvíe 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 2022 se escribe como 2022-02-28 o bien 20220228.

### 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 12 de abril de 2022 es 2459681,5.

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
2022 Ene 0	2459579,5	2022 Jul 0	2459760,5
2022 Feb 0	2459610,5	2022 Ago 0	2459791,5
2022 Mar 0	2459638,5	2022 Set 0	2459822,5
2022 Abr 0	2459669,5	2022 Oct 0	2459852,5
2022 May 0	2459699,5	2022 Nov 0	2459883,5
2022 Jun 0	2459730,5	2022 Dic 0	2459913,5

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

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

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

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

Las tablas siguientes permiten determinar con un cálculo sencillo el día juliano correspondiente a una fecha gregoriana dada entre los años 1600 y 2199. Para ello hay que sumar la contribución *DJC* de la centuria a la que corresponde el año, la contribución *DJF* de la fracción de centuria *F*, que viene dada por la ecuación  $DJF = 365 * F + int[F/4]$ , la contribución *DJM* del mes, con la corrección correspondiente en caso de tratarse de un año bisiesto (columna *bis*), el día del mes y la fracción de éste ( $TU/24$ ) si no son las 0<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 12 de abril de 2022 a las 0<sup>h</sup> TU son:

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

$$DJF(22) = 365 * 22 + int[22/4] = 835$$

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

Por consiguiente, el día juliano es:  $DJC + DJF + DJM + día = 2451544,5 + 835 + 90 + 12 = 2459681,5$ . Tal día será martes.

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 12 de abril de 2022 a las 0<sup>h</sup> TU es 2459681,5; el día juliano modificado correspondiente es 59681.

## 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 2022

### Cómputo eclesiástico

Número áureo	9	(ciclo lunar de 19 años)
Epacta	27	(edad de la Luna al 1 de enero)
Ciclo solar	15	(ciclo de 28 años)
Letra dominical	B	(ciclo de 28 años)
Indicción romana	15	(ciclo de 15 años)

### Principales fiestas movibles

Septuagésima	Feb	13
Miércoles de Ceniza	Mar	2
Primer domingo de Cuaresma	Mar	6
Viernes Santo	Abr	15
Pascua	Abr	17
Ascensión	May	26
Pentecostés	Jun	5
La Santísima Trinidad	Jun	12
Corpus Christi	Jun	16
El Sagrado Corazón de Jesús	Jun	24
Primer domingo de Adviento	Nov	27

### Témporas

I	Mar 9, 11, 12
II	Jun 8, 10, 11
III	Set 21, 23, 24
IV	Dic 14, 16, 17

### Velaciones

Se cierran:	
Mar 1 y Nov 26	
Se abren:	
Abr 19 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 2022

Pascua	11 de abril (juliano) 24 de abril (gregoriano)
Epacta	6
Letra dominical	C

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

## Calendario musulmán

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

En su versión religiosa tradicional, el inicio de cada mes se determina observacionalmente coincidiendo con la primera visión de la luna creciente. En un lugar dado, el mes se inicia a la puesta de sol del día en que el creciente lunar ha sido visto. Como consecuencia, el mes se inicia en fechas distintas en distintos lugares. En las últimas décadas se ha realizado un considerable esfuerzo en modelar la visibilidad del creciente lunar en base a la posición de la Luna respecto del Sol, su distancia a la Tierra, las condiciones atmosféricas y climáticas, el modo de observación, la posición geográfica y altitud del lugar de observación, etc, con el fin de poder sustituir por un método preciso las observaciones del creciente o las reglas empíricas adoptadas en distintos 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 2022 ( $G = 2022,00$ ) corresponde a  $M = 1443,42$ , o sea a mediados del año musulmán 1443. Este es un año común pues es el año 3 del ciclo 49.

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

Inicio del mes musulmán		Fecha gregoriana		
1443	Ŷumādà al-ājira 1	2022	Ene	5
1443	Raŷab 1	2022	Feb	3
1443	Ša'bān 1	2022	Mar	5
1443	Ramađān 1	2022	Abr	3
1443	Šawwāl 1	2022	May	3
1443	Ďū-l-qa'da 1	2022	Jun	1
1443	Ďū-l-ḥiŷŷa 1	2022	Jul	1
1444	Muḥarram 1	2022	Jul	30
1444	Šafar 1	2022	Ago	29
1444	Rabī' al-awwal 1	2022	Set	27
1444	Rabī' al-tānī 1	2022	Oct	27
1444	Ŷumādà al-ūlā 1	2022	Nov	25
1444	Ŷumādà al-ājira 1	2022	Dic	25

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	2022	Mar	1
Primer día del ramadán	2022	Abr	3
Conquista de la Meca	2022	Abr	22
Revelación del Corán	2022	Abr	29
Ultimo día del ramadán	2022	May	2
Pascua postayuno	2022	May	3
Pascua de Inmolación	2022	Jul	10
Primer día del año	2022	Jul	30
'Āshūrā'	2022	Ago	8
Huida del Profeta ( <i>Hégira</i> )	2022	Set	27
Nacimiento del Profeta	2022	Oct	8

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
1443 Ŷumādà al-ājira	2022 Ene 4
1443 Raŷab	2022 Feb 2
1443 Ša'bān	2022 Mar 3
1443 Ramaḍān	2022 Abr 2
1443 Šawwāl	2022 May 2
1443 Dū-l-qa'da	2022 May 31
1443 Dū-l-ḥiŷŷa	2022 Jun 30
1444 Muḥarram	2022 Jul 29
1444 Šafar	2022 Ago 28
1444 Rabī' al-awwal	2022 Set 27
1444 Rabī' al-tānī	2022 Oct 27
1444 Ŷumādà al-ūlā	2022 Nov 25
1444 Ŷumādà al-ājira	2022 Dic 24

## 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)
5776	2015 Set 14	385
5777	2016 Oct 3	353
5778	2017 Set 21	354
5779	2018 Set 10	385
5780	2019 Set 30	355
5781	2020 Set 19	353
5782	2021 Set 7	384
5783	2022 Set 26	355
5784	2023 Set 16	383
5785	2024 Oct 3	355
5786	2025 Set 23	354

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

Inicio del mes	Fecha gregoriana				
5782 Šebāt 1	2022	Ene	3		
5782 Adār 1	2022	Feb	2		
5782 ve-Adār 1	2022	Mar	4		
5782 Nisan 1	2022	Abr	2		
5782 Iyyār 1	2022	May	2		
5782 Siwān 1	2022	May	31		
5782 Tammūz 1	2022	Jun	30		
5782 Ab 1	2022	Jul	29		
5782 Elūl 1	2022	Ago	28		
5783 Tišrī 1	2022	Set	26		
5783 Hešwān 1	2022	Oct	26		
5783 Kislew 1	2022	Nov	25		
5783 Ṭebēt 1	2022	Dic	25		

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	2022	Ene	17
Ayuno de Ester	2022	Mar	16
Suertes ( <i>Purim</i> )	2022	Mar	17
Pascua ( <i>Pesah</i> )	2022	Abr	16
<i>Lag B'Omer</i>	2022	May	19
Pentecostés ( <i>Shavuot</i> )	2022	Jun	5
Ayuno del mes de tammūz	2022	Jul	17
Ayuno. Destrucción de Jerusalén	2022	Ago	7
Año nuevo ( <i>Rosh-hashana</i> )	2022	Set	26
Ayuno de Guedaliah	2022	Set	28
Expiación ( <i>Yom Kippur</i> )	2022	Oct	5
Tabernáculos ( <i>Sukkot</i> )	2022	Oct	10
Alegría de la Ley	2022	Oct	18
Dedicación del Templo ( <i>Hanukka</i> )	2022	Dic	19

## 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:* 12 de abril de 2022: a 20□□ le corresponde el índice 7; a □□22, el índice 5; a abril, el índice 6; y al día 12, el índice 5. La suma es:  $7 + 5 + 6 + 5 = 23$ . Restándole tres veces 7 se obtiene 2, índice que corresponde a martes.

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 2022

Días desde el inicio de siglo = 7670 + día del año

Días hasta el fin de siglo = 28854 – día del año

Día juliano = 2459579,5 + día del año +  $TU/24^h$

Día juliano modificado = 59579 + día del año +  $TU/24^h$

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

$$T = (J2022.5 - J2000.0)/36525 = 0,225$$

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

$$\theta_{med} = 6^h642960 + 0^h065709825 d + 1,00273791 TU + \lambda_E$$

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

Ecuación de los equinoccios =  $-0^s86 + 0^s00039 d$  (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:

$$TT - UT1 = 69;4 + 0;14(A - 2020) - 0;058(A - 2020)^2 - 0;0040(A - 2020)^3,$$

expresión válida entre 2011 y 2022.

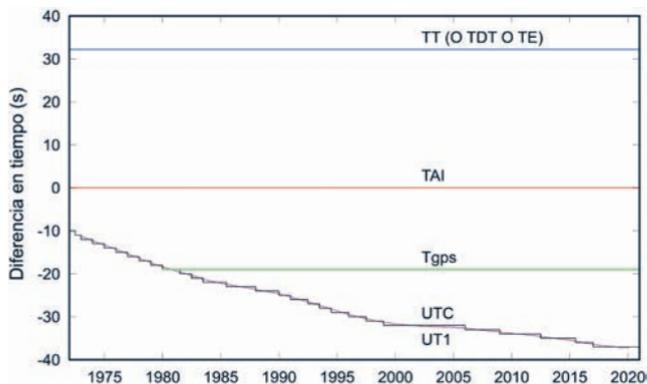
El Servicio Internacional de la Rotación Terrestre y de los Sistemas de Referencia (IERS) proporciona periódicamente los valores medidos y las predicciones de la diferencia  $TT-UT1$ .

### **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 “repetiendo” 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
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	68 <sup>s</sup> :97		
2019 Ene 1	69 <sup>s</sup> :22		
2020 Ene 1	69 <sup>s</sup> :36		
2021 Ene 1	69 <sup>s</sup> :36		
2022 Ene 1 (pred.)	69 <sup>s</sup> :3		
2023 Ene 1 (pred.)	69 <sup>s</sup> :2		

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 2014 hasta 2023.

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*:

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

siendo  $DJ$  el día juliano considerado.

La relación entre el tiempo sidéreo verdadero local ( $\theta_v$ ) y el tiempo universal (UT1) para un lugar de longitud (positiva hacia el Este)  $\lambda_E$  en el

día juliano  $DJ$  se obtiene mediante:

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

donde los dos primeros sumandos dan el tiempo sidéreo medio en Greenwich a  $0^h$  de TU para el día  $DJ$  considerado, el tercer sumando (ecuación de los equinoccios) corrige de tiempo sidéreo medio a verdadero, el cuarto sumando añade la contribución del TU (si no es nulo), y el último sumando corrige por la longitud del lugar. Esta ecuación da errores de a lo sumo un milisegundo para fechas comprendidas entre el año 2000 y el 2025. El resultado debe expresarse entre  $0^h$  y  $24^h$ . Si se desea obtener el tiempo sidéreo medio, basta con prescindir del sumando  $EcEq$ . El cálculo del tiempo sidéreo local  $\theta_v$  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 (86400 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.



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

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

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

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

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

El uso de los datos aquí reseñados debe hacerse con reserva por varias razones. Muchos países cambian de horario durante el año (lo que hemos indicado con un asterisco \*). Además, en cualquier momento los gobiernos pueden tanto modificar el tiempo oficial en su país, como instaurar o eliminar la adopción de un horario adelantado durante parte del año. Por ejemplo, en abril de 2019 Brasil anuló los cambios horarios.

### 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; Mauritania; I. Santa Elena (RU); Santo Tomé y Príncipe; Senegal; Sierra Leona; Togo
+1 <sup>h</sup>	Angola; Argelia; Benin; Camerún; R. Centroafricana; Congo; Chad; Gabón; Guinea Ecuatorial; Libia*; Marruecos; Níger; Nigeria; Túnez*; R.D. Congo: Bajo Zaire, Bandundu, Ecuador
+2 <sup>h</sup>	Botswana; Burundi; Egipto; Lesotho; Malawi; Mozambique; Namibia; Ruanda; R. Sudáfrica; R.D. Congo: Alto Zaire, Kasai, Kivu, Shab; Sudán; Swazilandia; Zambia; Zimbabwe
+3 <sup>h</sup>	Comoras; Eritrea; Etiopía; Kenia; Madagascar; I. Mayotte (Fr.); Somalia; 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; Rusia (hora de Volgogrado)
+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
+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 y Novosibirsk); 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
+9 <sup>h</sup>	Corea del Sur; Corea del Norte; 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 $-169^{\circ}5$ , EEUU)
-9 <sup>h</sup>	EEUU: Alaska* e I. Aleutianas (al este de $-169^{\circ}5$ )
-8 <sup>h</sup>	Canadá: Columbia*; EEUU ( $\lambda \lesssim -102^{\circ}$ ); Baja California Norte* (México)
-7 <sup>h</sup>	Canadá: Alberta*, Yukon 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*; Brasil: Acre; 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: 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.

El día 12 de septiembre de 2018, la Comisión Europea presentó una propuesta para poner fin a los cambios de hora. Actualmente el Parlamento Europeo está debatiendo eliminarlos, aunque todavía no hay una decisión firme.

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

**2022** Domingos 27 de marzo y 30 de octubre.

## Enero 2022

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	S	1	2459580,5	06	42	30,335	-0,877	-03	18
2	D	2	2459581,5	06	46	26,903	-0,864	-03	46
3	L	3	2459582,5	06	50	23,472	-0,851	-04	14
4	M	4	2459583,5	06	54	20,039	-0,839	-04	42
5	M	5	2459584,5	06	58	16,601	-0,832	-05	09
6	J	6	2459585,5	07	02	13,159	-0,829	-05	36
7	V	7	2459586,5	07	06	09,714	-0,830	-06	02
8	S	8	2459587,5	07	10	06,266	-0,834	-06	28
9	D	9	2459588,5	07	14	02,817	-0,838	-06	53
10	L	10	2459589,5	07	17	59,369	-0,841	-07	18
11	M	11	2459590,5	07	21	55,923	-0,843	-07	42
12	M	12	2459591,5	07	25	52,478	-0,843	-08	06
13	J	13	2459592,5	07	29	49,036	-0,840	-08	28
14	V	14	2459593,5	07	33	45,596	-0,835	-08	51
15	S	15	2459594,5	07	37	42,158	-0,829	-09	12
16	D	16	2459595,5	07	41	38,721	-0,821	-09	33
17	L	17	2459596,5	07	45	35,284	-0,814	-09	54
18	M	18	2459597,5	07	49	31,845	-0,808	-10	13
19	M	19	2459598,5	07	53	28,405	-0,803	-10	32
20	J	20	2459599,5	07	57	24,962	-0,801	-10	50
21	V	21	2459600,5	08	01	21,517	-0,802	-11	07
22	S	22	2459601,5	08	05	18,069	-0,805	-11	24
23	D	23	2459602,5	08	09	14,620	-0,810	-11	40
24	L	24	2459603,5	08	13	11,170	-0,815	-11	55
25	M	25	2459604,5	08	17	07,721	-0,819	-12	09
26	M	26	2459605,5	08	21	04,275	-0,821	-12	23
27	J	27	2459606,5	08	25	00,833	-0,819	-12	36
28	V	28	2459607,5	08	28	57,394	-0,813	-12	48
29	S	29	2459608,5	08	32	53,959	-0,803	-12	59
30	D	30	2459609,5	08	36	50,525	-0,792	-13	10
31	L	31	2459610,5	08	40	47,090	-0,782	-13	19

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

## Febrero 2022

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	32	2459611,5	08	44	43,653	-0,776	-13	28
2	M	33	2459612,5	08	48	40,210	-0,773	-13	36
3	J	34	2459613,5	08	52	36,764	-0,775	-13	43
4	V	35	2459614,5	08	56	33,315	-0,780	-13	50
5	S	36	2459615,5	09	00	29,863	-0,786	-13	55
6	D	37	2459616,5	09	04	26,413	-0,792	-14	00
7	L	38	2459617,5	09	08	22,963	-0,797	-14	04
8	M	39	2459618,5	09	12	19,515	-0,800	-14	07
9	M	40	2459619,5	09	16	16,070	-0,801	-14	09
10	J	41	2459620,5	09	20	12,627	-0,799	-14	11
11	V	42	2459621,5	09	24	09,186	-0,796	-14	11
12	S	43	2459622,5	09	28	05,746	-0,791	-14	11
13	D	44	2459623,5	09	32	02,306	-0,786	-14	10
14	L	45	2459624,5	09	35	58,866	-0,782	-14	09
15	M	46	2459625,5	09	39	55,424	-0,780	-14	06
16	M	47	2459626,5	09	43	51,979	-0,779	-14	03
17	J	48	2459627,5	09	47	48,532	-0,782	-13	59
18	V	49	2459628,5	09	51	45,082	-0,787	-13	55
19	S	50	2459629,5	09	55	41,630	-0,795	-13	50
20	D	51	2459630,5	09	59	38,178	-0,802	-13	44
21	L	52	2459631,5	10	03	34,726	-0,810	-13	37
22	M	53	2459632,5	10	07	31,276	-0,814	-13	30
23	M	54	2459633,5	10	11	27,830	-0,816	-13	22
24	J	55	2459634,5	10	15	24,388	-0,814	-13	14
25	V	56	2459635,5	10	19	20,949	-0,808	-13	05
26	S	57	2459636,5	10	23	17,512	-0,801	-12	56
27	D	58	2459637,5	10	27	14,074	-0,793	-12	46
28	L	59	2459638,5	10	31	10,635	-0,788	-12	35

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 2022

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.—med.)	Ecuación de tiempo (v.—m.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>		<i>m</i>	<i>s</i>
1	M	60	2459639,5	10	35	07,192	-0,787	-12	24
2	M	61	2459640,5	10	39	03,744	-0,790	-12	12
3	J	62	2459641,5	10	43	00,294	-0,796	-12	00
4	V	63	2459642,5	10	46	56,841	-0,804	-11	48
5	S	64	2459643,5	10	50	53,387	-0,813	-11	35
6	D	65	2459644,5	10	54	49,935	-0,821	-11	21
7	L	66	2459645,5	10	58	46,484	-0,827	-11	07
8	M	67	2459646,5	11	02	43,036	-0,830	-10	53
9	M	68	2459647,5	11	06	39,590	-0,831	-10	38
10	J	69	2459648,5	11	10	36,147	-0,830	-10	23
11	V	70	2459649,5	11	14	32,705	-0,827	-10	08
12	S	71	2459650,5	11	18	29,263	-0,824	-09	52
13	D	72	2459651,5	11	22	25,821	-0,822	-09	36
14	L	73	2459652,5	11	26	22,378	-0,820	-09	19
15	M	74	2459653,5	11	30	18,933	-0,821	-09	03
16	M	75	2459654,5	11	34	15,485	-0,824	-08	46
17	J	76	2459655,5	11	38	12,034	-0,830	-08	29
18	V	77	2459656,5	11	42	08,582	-0,838	-08	11
19	S	78	2459657,5	11	46	05,128	-0,847	-07	54
20	D	79	2459658,5	11	50	01,674	-0,856	-07	36
21	L	80	2459659,5	11	53	58,223	-0,863	-07	18
22	M	81	2459660,5	11	57	54,775	-0,866	-07	01
23	M	82	2459661,5	12	01	51,331	-0,866	-06	43
24	J	83	2459662,5	12	05	47,891	-0,861	-06	25
25	V	84	2459663,5	12	09	44,452	-0,855	-06	07
26	S	85	2459664,5	12	13	41,014	-0,849	-05	48
27	D	86	2459665,5	12	17	37,574	-0,844	-05	30
28	L	87	2459666,5	12	21	34,131	-0,842	-05	12
29	M	88	2459667,5	12	25	30,684	-0,845	-04	54
30	M	89	2459668,5	12	29	27,234	-0,850	-04	36
31	J	90	2459669,5	12	33	23,781	-0,859	-04	18

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 2022

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	91	2459670,5	12	37	20,327	-0,868	-04	01
2	S	92	2459671,5	12	41	16,874	-0,876	-03	43
3	D	93	2459672,5	12	45	13,423	-0,883	-03	25
4	L	94	2459673,5	12	49	09,974	-0,887	-03	08
5	M	95	2459674,5	12	53	06,528	-0,889	-02	51
6	M	96	2459675,5	12	57	03,084	-0,888	-02	34
7	J	97	2459676,5	13	00	59,642	-0,886	-02	17
8	V	98	2459677,5	13	04	56,200	-0,882	-02	00
9	S	99	2459678,5	13	08	52,759	-0,879	-01	43
10	D	100	2459679,5	13	12	49,317	-0,876	-01	27
11	L	101	2459680,5	13	16	45,873	-0,876	-01	11
12	M	102	2459681,5	13	20	42,427	-0,877	-00	55
13	M	103	2459682,5	13	24	38,978	-0,881	-00	40
14	J	104	2459683,5	13	28	35,527	-0,888	-00	25
15	V	105	2459684,5	13	32	32,074	-0,896	-00	10
16	S	106	2459685,5	13	36	28,621	-0,904	+00	05
17	D	107	2459686,5	13	40	25,170	-0,911	+00	19
18	L	108	2459687,5	13	44	21,722	-0,914	+00	33
19	M	109	2459688,5	13	48	18,279	-0,913	+00	46
20	M	110	2459689,5	13	52	14,839	-0,908	+00	59
21	J	111	2459690,5	13	56	11,402	-0,900	+01	11
22	V	112	2459691,5	14	00	07,966	-0,892	+01	23
23	S	113	2459692,5	14	04	04,528	-0,885	+01	35
24	D	114	2459693,5	14	08	01,088	-0,881	+01	46
25	L	115	2459694,5	14	11	57,643	-0,880	+01	57
26	M	116	2459695,5	14	15	54,195	-0,884	+02	07
27	M	117	2459696,5	14	19	50,745	-0,890	+02	17
28	J	118	2459697,5	14	23	47,293	-0,897	+02	26
29	V	119	2459698,5	14	27	43,841	-0,904	+02	34
30	S	120	2459699,5	14	31	40,391	-0,909	+02	42

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

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

## Mayo 2022

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	121	2459700,5	14	35	36,943	–0,913	+02	50
2	L	122	2459701,5	14	39	33,498	–0,913	+02	57
3	M	123	2459702,5	14	43	30,056	–0,911	+03	03
4	M	124	2459703,5	14	47	26,615	–0,907	+03	09
5	J	125	2459704,5	14	51	23,176	–0,902	+03	15
6	V	126	2459705,5	14	55	19,737	–0,896	+03	20
7	S	127	2459706,5	14	59	16,297	–0,891	+03	24
8	D	128	2459707,5	15	03	12,856	–0,888	+03	28
9	L	129	2459708,5	15	07	09,413	–0,886	+03	31
10	M	130	2459709,5	15	11	05,967	–0,888	+03	33
11	M	131	2459710,5	15	15	02,519	–0,891	+03	35
12	J	132	2459711,5	15	18	59,069	–0,896	+03	37
13	V	133	2459712,5	15	22	55,618	–0,902	+03	38
14	S	134	2459713,5	15	26	52,168	–0,907	+03	38
15	D	135	2459714,5	15	30	48,721	–0,910	+03	38
16	L	136	2459715,5	15	34	45,278	–0,908	+03	38
17	M	137	2459716,5	15	38	41,840	–0,902	+03	36
18	M	138	2459717,5	15	42	38,405	–0,892	+03	34
19	J	139	2459718,5	15	46	34,972	–0,880	+03	32
20	V	140	2459719,5	15	50	31,538	–0,870	+03	29
21	S	141	2459720,5	15	54	28,102	–0,862	+03	26
22	D	142	2459721,5	15	58	24,661	–0,858	+03	21
23	L	143	2459722,5	16	02	21,216	–0,858	+03	17
24	M	144	2459723,5	16	06	17,768	–0,861	+03	12
25	M	145	2459724,5	16	10	14,319	–0,866	+03	06
26	J	146	2459725,5	16	14	10,869	–0,871	+03	00
27	V	147	2459726,5	16	18	07,421	–0,875	+02	53
28	S	148	2459727,5	16	22	03,975	–0,876	+02	46
29	D	149	2459728,5	16	26	00,531	–0,875	+02	38
30	L	150	2459729,5	16	29	57,090	–0,872	+02	30
31	M	151	2459730,5	16	33	53,651	–0,866	+02	22

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

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

## Junio 2022

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.—med.)	Ecuación de tiempo (v.—m.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>		<i>m</i>	<i>s</i>
1	M	152	2459731,5	16	37	50,213	-0,859	+02	13
2	J	153	2459732,5	16	41	46,776	-0,852	+02	03
3	V	154	2459733,5	16	45	43,339	-0,845	+01	54
4	S	155	2459734,5	16	49	39,900	-0,839	+01	44
5	D	156	2459735,5	16	53	36,459	-0,835	+01	33
6	L	157	2459736,5	16	57	33,016	-0,834	+01	22
7	M	158	2459737,5	17	01	29,570	-0,835	+01	11
8	M	159	2459738,5	17	05	26,123	-0,838	+01	00
9	J	160	2459739,5	17	09	22,674	-0,842	+00	49
10	V	161	2459740,5	17	13	19,225	-0,846	+00	37
11	S	162	2459741,5	17	17	15,778	-0,848	+00	25
12	D	163	2459742,5	17	21	12,335	-0,847	+00	13
13	L	164	2459743,5	17	25	08,896	-0,841	+00	00
14	M	165	2459744,5	17	29	05,462	-0,831	-00	12
15	M	166	2459745,5	17	33	02,030	-0,818	-00	25
16	J	167	2459746,5	17	36	58,599	-0,804	-00	37
17	V	168	2459747,5	17	40	55,165	-0,793	-00	50
18	S	169	2459748,5	17	44	51,728	-0,786	-01	03
19	D	170	2459749,5	17	48	48,285	-0,784	-01	16
20	L	171	2459750,5	17	52	44,840	-0,785	-01	29
21	M	172	2459751,5	17	56	41,391	-0,788	-01	42
22	M	173	2459752,5	18	00	37,943	-0,792	-01	55
23	J	174	2459753,5	18	04	34,495	-0,796	-02	08
24	V	175	2459754,5	18	08	31,049	-0,797	-02	21
25	S	176	2459755,5	18	12	27,605	-0,796	-02	34
26	D	177	2459756,5	18	16	24,164	-0,792	-02	47
27	L	178	2459757,5	18	20	20,725	-0,787	-03	00
28	M	179	2459758,5	18	24	17,288	-0,779	-03	12
29	M	180	2459759,5	18	28	13,851	-0,771	-03	25
30	J	181	2459760,5	18	32	10,414	-0,764	-03	37

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

La ecuación de los equinoccios se puede calcular aproximadamente mediante:

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

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 2022

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	V	182	2459761,5	18	36	06,976	-0,757	-03	49
2	S	183	2459762,5	18	40	03,536	-0,753	-04	00
3	D	184	2459763,5	18	44	00,094	-0,751	-04	12
4	L	185	2459764,5	18	47	56,649	-0,751	-04	23
5	M	186	2459765,5	18	51	53,201	-0,754	-04	33
6	M	187	2459766,5	18	55	49,753	-0,758	-04	44
7	J	188	2459767,5	18	59	46,304	-0,762	-04	54
8	V	189	2459768,5	19	03	42,856	-0,765	-05	03
9	S	190	2459769,5	19	07	39,411	-0,766	-05	12
10	D	191	2459770,5	19	11	35,970	-0,762	-05	21
11	L	192	2459771,5	19	15	32,533	-0,755	-05	29
12	M	193	2459772,5	19	19	29,099	-0,743	-05	37
13	M	194	2459773,5	19	23	25,667	-0,731	-05	45
14	J	195	2459774,5	19	27	22,235	-0,719	-05	51
15	V	196	2459775,5	19	31	18,799	-0,710	-05	58
16	S	197	2459776,5	19	35	15,358	-0,706	-06	04
17	D	198	2459777,5	19	39	11,912	-0,707	-06	09
18	L	199	2459778,5	19	43	08,464	-0,711	-06	14
19	M	200	2459779,5	19	47	05,014	-0,716	-06	18
20	M	201	2459780,5	19	51	01,565	-0,721	-06	22
21	J	202	2459781,5	19	54	58,117	-0,724	-06	26
22	V	203	2459782,5	19	58	54,672	-0,724	-06	28
23	S	204	2459783,5	20	02	51,229	-0,722	-06	31
24	D	205	2459784,5	20	06	47,789	-0,718	-06	32
25	L	206	2459785,5	20	10	44,350	-0,713	-06	33
26	M	207	2459786,5	20	14	40,912	-0,706	-06	34
27	M	208	2459787,5	20	18	37,473	-0,700	-06	34
28	J	209	2459788,5	20	22	34,034	-0,695	-06	33
29	V	210	2459789,5	20	26	30,593	-0,691	-06	32
30	S	211	2459790,5	20	30	27,149	-0,690	-06	30
31	D	212	2459791,5	20	34	23,703	-0,692	-06	27

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:  $23^h 56^m 04^s 09890 = 86\,164^s 09890$

## Agosto 2022

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.—med.)	Ecuación de tiempo (v.—m.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>s</i>
1	L	213	2459792,5	20	38	20,255	-0,695	-06	24
2	M	214	2459793,5	20	42	16,804	-0,701	-06	20
3	M	215	2459794,5	20	46	13,353	-0,707	-06	16
4	J	216	2459795,5	20	50	09,903	-0,713	-06	11
5	V	217	2459796,5	20	54	06,455	-0,716	-06	05
6	S	218	2459797,5	20	58	03,011	-0,716	-05	59
7	D	219	2459798,5	21	01	59,570	-0,712	-05	52
8	L	220	2459799,5	21	05	56,133	-0,705	-05	45
9	M	221	2459800,5	21	09	52,698	-0,695	-05	37
10	M	222	2459801,5	21	13	49,263	-0,685	-05	28
11	J	223	2459802,5	21	17	45,826	-0,677	-05	19
12	V	224	2459803,5	21	21	42,385	-0,674	-05	09
13	S	225	2459804,5	21	25	38,940	-0,675	-04	59
14	D	226	2459805,5	21	29	35,490	-0,680	-04	48
15	L	227	2459806,5	21	33	32,039	-0,687	-04	36
16	M	228	2459807,5	21	37	28,587	-0,694	-04	24
17	M	229	2459808,5	21	41	25,136	-0,700	-04	12
18	J	230	2459809,5	21	45	21,688	-0,703	-03	59
19	V	231	2459810,5	21	49	18,242	-0,704	-03	45
20	S	232	2459811,5	21	53	14,799	-0,703	-03	31
21	D	233	2459812,5	21	57	11,358	-0,700	-03	17
22	L	234	2459813,5	22	01	07,917	-0,695	-03	02
23	M	235	2459814,5	22	05	04,477	-0,691	-02	47
24	M	236	2459815,5	22	09	01,036	-0,688	-02	31
25	J	237	2459816,5	22	12	57,593	-0,686	-02	15
26	V	238	2459817,5	22	16	54,148	-0,686	-01	58
27	S	239	2459818,5	22	20	50,700	-0,689	-01	41
28	D	240	2459819,5	22	24	47,250	-0,695	-01	24
29	L	241	2459820,5	22	28	43,798	-0,703	-01	06
30	M	242	2459821,5	22	32	40,345	-0,711	-00	48
31	M	243	2459822,5	22	36	36,892	-0,719	-00	30

Duración media de distintos tipos de años:

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

## Setiembre 2022

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	244	2459823,5	22	40	33,441	-0,725	-00	11
2	V	245	2459824,5	22	44	29,994	-0,728	+00	08
3	S	246	2459825,5	22	48	26,550	-0,728	+00	28
4	D	247	2459826,5	22	52	23,109	-0,724	+00	47
5	L	248	2459827,5	22	56	19,671	-0,717	+01	07
6	M	249	2459828,5	23	00	16,234	-0,709	+01	27
7	M	250	2459829,5	23	04	12,796	-0,703	+01	48
8	J	251	2459830,5	23	08	09,354	-0,700	+02	08
9	V	252	2459831,5	23	12	05,908	-0,701	+02	29
10	S	253	2459832,5	23	16	02,458	-0,707	+02	50
11	D	254	2459833,5	23	19	59,005	-0,715	+03	11
12	L	255	2459834,5	23	23	55,551	-0,724	+03	32
13	M	256	2459835,5	23	27	52,098	-0,732	+03	54
14	M	257	2459836,5	23	31	48,648	-0,738	+04	15
15	J	258	2459837,5	23	35	45,200	-0,742	+04	37
16	V	259	2459838,5	23	39	41,755	-0,742	+04	58
17	S	260	2459839,5	23	43	38,311	-0,741	+05	20
18	D	261	2459840,5	23	47	34,869	-0,738	+05	41
19	L	262	2459841,5	23	51	31,428	-0,735	+06	02
20	M	263	2459842,5	23	55	27,986	-0,732	+06	24
21	M	264	2459843,5	23	59	24,543	-0,731	+06	45
22	J	265	2459844,5	00	03	21,097	-0,732	+07	06
23	V	266	2459845,5	00	07	17,649	-0,735	+07	27
24	S	267	2459846,5	00	11	14,199	-0,741	+07	48
25	D	268	2459847,5	00	15	10,746	-0,749	+08	09
26	L	269	2459848,5	00	19	07,292	-0,758	+08	30
27	M	270	2459849,5	00	23	03,839	-0,767	+08	50
28	M	271	2459850,5	00	27	00,387	-0,775	+09	11
29	J	272	2459851,5	00	30	56,938	-0,779	+09	31
30	V	273	2459852,5	00	34	53,492	-0,780	+09	51

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 2022

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.—med.)	Ecuación de tiempo (v.—m.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>s</i>
1	S	274	2459853,5	00	38	50,050	-0,777	+10	10
2	D	275	2459854,5	00	42	46,612	-0,771	+10	30
3	L	276	2459855,5	00	46	43,174	-0,764	+10	49
4	M	277	2459856,5	00	50	39,735	-0,758	+11	07
5	M	278	2459857,5	00	54	36,294	-0,755	+11	26
6	J	279	2459858,5	00	58	32,849	-0,755	+11	44
7	V	280	2459859,5	01	02	29,400	-0,759	+12	02
8	S	281	2459860,5	01	06	25,948	-0,767	+12	19
9	D	282	2459861,5	01	10	22,495	-0,776	+12	36
10	L	283	2459862,5	01	14	19,042	-0,784	+12	52
11	M	284	2459863,5	01	18	15,590	-0,791	+13	08
12	M	285	2459864,5	01	22	12,142	-0,795	+13	24
13	J	286	2459865,5	01	26	08,696	-0,796	+13	39
14	V	287	2459866,5	01	30	05,253	-0,794	+13	53
15	S	288	2459867,5	01	34	01,812	-0,791	+14	07
16	D	289	2459868,5	01	37	58,371	-0,787	+14	21
17	L	290	2459869,5	01	41	54,930	-0,783	+14	33
18	M	291	2459870,5	01	45	51,488	-0,780	+14	45
19	M	292	2459871,5	01	49	48,045	-0,779	+14	57
20	J	293	2459872,5	01	53	44,599	-0,781	+15	08
21	V	294	2459873,5	01	57	41,150	-0,785	+15	18
22	S	295	2459874,5	02	01	37,700	-0,791	+15	28
23	D	296	2459875,5	02	05	34,248	-0,798	+15	37
24	L	297	2459876,5	02	09	30,795	-0,806	+15	45
25	M	298	2459877,5	02	13	27,344	-0,813	+15	52
26	M	299	2459878,5	02	17	23,895	-0,817	+15	59
27	J	300	2459879,5	02	21	20,450	-0,817	+16	05
28	V	301	2459880,5	02	25	17,010	-0,813	+16	11
29	S	302	2459881,5	02	29	13,573	-0,805	+16	15
30	D	303	2459882,5	02	33	10,137	-0,796	+16	19
31	L	304	2459883,5	02	37	06,701	-0,788	+16	22

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

## Noviembre 2022

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.—med.)	Ecuación de tiempo (v.—m.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>		<i>s</i>	<i>m</i>
1	M	305	2459884,5	02	41	03,262	-0,782	+16	24
2	M	306	2459885,5	02	44	59,820	-0,779	+16	26
3	J	307	2459886,5	02	48	56,374	-0,780	+16	27
4	V	308	2459887,5	02	52	52,925	-0,785	+16	27
5	S	309	2459888,5	02	56	49,474	-0,791	+16	26
6	D	310	2459889,5	03	00	46,023	-0,798	+16	24
7	L	311	2459890,5	03	04	42,573	-0,803	+16	22
8	M	312	2459891,5	03	08	39,126	-0,806	+16	18
9	M	313	2459892,5	03	12	35,681	-0,806	+16	14
10	J	314	2459893,5	03	16	32,240	-0,803	+16	09
11	V	315	2459894,5	03	20	28,800	-0,797	+16	03
12	S	316	2459895,5	03	24	25,362	-0,791	+15	57
13	D	317	2459896,5	03	28	21,924	-0,784	+15	49
14	L	318	2459897,5	03	32	18,485	-0,778	+15	41
15	M	319	2459898,5	03	36	15,045	-0,774	+15	31
16	M	320	2459899,5	03	40	11,602	-0,772	+15	21
17	J	321	2459900,5	03	44	08,157	-0,773	+15	10
18	V	322	2459901,5	03	48	04,710	-0,775	+14	58
19	S	323	2459902,5	03	52	01,261	-0,780	+14	46
20	D	324	2459903,5	03	55	57,811	-0,785	+14	32
21	L	325	2459904,5	03	59	54,362	-0,790	+14	18
22	M	326	2459905,5	04	03	50,915	-0,792	+14	02
23	M	327	2459906,5	04	07	47,471	-0,791	+13	46
24	J	328	2459907,5	04	11	44,032	-0,786	+13	30
25	V	329	2459908,5	04	15	40,596	-0,776	+13	12
26	S	330	2459909,5	04	19	37,164	-0,764	+12	54
27	D	331	2459910,5	04	23	33,732	-0,752	+12	35
28	L	332	2459911,5	04	27	30,297	-0,742	+12	15
29	M	333	2459912,5	04	31	26,859	-0,735	+11	54
30	M	334	2459913,5	04	35	23,416	-0,733	+11	33

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

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

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

## Diciembre 2022

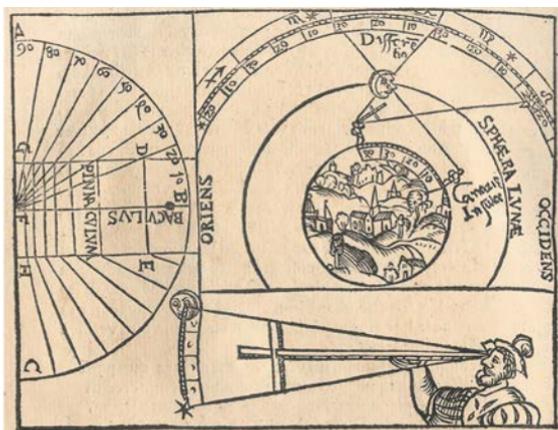
Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.—med.)	Ecuación de tiempo (v.—m.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>		<i>s</i>	<i>m</i>
1	J	335	2459914,5	04	39	19,970	-0,735	+11	11
2	V	336	2459915,5	04	43	16,522	-0,738	+10	49
3	S	337	2459916,5	04	47	13,073	-0,742	+10	26
4	D	338	2459917,5	04	51	09,626	-0,746	+10	02
5	L	339	2459918,5	04	55	06,180	-0,747	+09	38
6	M	340	2459919,5	04	59	02,737	-0,745	+09	13
7	M	341	2459920,5	05	02	59,297	-0,740	+08	48
8	J	342	2459921,5	05	06	55,859	-0,734	+08	22
9	V	343	2459922,5	05	10	52,423	-0,725	+07	56
10	S	344	2459923,5	05	14	48,987	-0,716	+07	29
11	D	345	2459924,5	05	18	45,550	-0,708	+07	02
12	L	346	2459925,5	05	22	42,113	-0,702	+06	35
13	M	347	2459926,5	05	26	38,673	-0,697	+06	07
14	M	348	2459927,5	05	30	35,230	-0,695	+05	38
15	J	349	2459928,5	05	34	31,785	-0,695	+05	10
16	V	350	2459929,5	05	38	28,339	-0,697	+04	41
17	S	351	2459930,5	05	42	24,891	-0,700	+04	12
18	D	352	2459931,5	05	46	21,443	-0,704	+03	43
19	L	353	2459932,5	05	50	17,996	-0,706	+03	13
20	M	354	2459933,5	05	54	14,552	-0,705	+02	43
21	M	355	2459934,5	05	58	11,112	-0,700	+02	14
22	J	356	2459935,5	06	02	07,677	-0,691	+01	44
23	V	357	2459936,5	06	06	04,245	-0,678	+01	14
24	S	358	2459937,5	06	10	00,814	-0,664	+00	44
25	D	359	2459938,5	06	13	57,383	-0,651	+00	14
26	L	360	2459939,5	06	17	53,948	-0,641	-00	16
27	M	361	2459940,5	06	21	50,508	-0,637	-00	46
28	M	362	2459941,5	06	25	47,064	-0,636	-01	15
29	J	363	2459942,5	06	29	43,617	-0,639	-01	45
30	V	364	2459943,5	06	33	40,169	-0,642	-02	14
31	S	365	2459944,5	06	37	36,721	-0,645	-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 2022

Longitud media	$L_{\odot} = 279^{\circ}650618 + 0^{\circ}98564736 d$
Anomalía media	$M_{\odot} = 356^{\circ}334001 + 0^{\circ}98560028 d$
Longitud media del perigeo	$\varpi_{\odot} = 283^{\circ}316617 + 0^{\circ}00004708 d$
Excentricidad promedio	$e_{\odot} = 0,01669965$
Oblicuidad media de la eclíptica	$\varepsilon = 23^{\circ}436430 - 0^{\circ}00000036 d$

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

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

$$\begin{aligned} \odot &= L_{\odot} + 1^{\circ}914 \sin(M_{\odot}) + 0^{\circ}020 \sin(2 M_{\odot}) \\ &= 279^{\circ}649 + 0^{\circ}98565 d + 1^{\circ}914 \sin(0^{\circ}9856 d - 3^{\circ}8) \\ &\quad + 0^{\circ}020 \sin(2^{\circ}d - 14^{\circ}) \end{aligned}$$

### Duración de los años

año trópico:	365 <sup>d</sup> 242 188	365 <sup>d</sup> 05 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> .07	(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> .6	(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	$\tau_A = 499;004784$	$\simeq 8^m19^s.0$
Paralaje horizontal ecuatorial a la distancia media		8"794 148

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

### Datos físicos

		en unidades terrestres
Radio	$\mathcal{R}_{\odot} = 695\,660 \text{ km}$	$109 \mathcal{R}_{\oplus}$
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	$76^{\circ} 1$
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	$\epsilon_0 = 23^\circ 26' 21'' 406$ $= 23^\circ 4392794$ $= 84382''406$

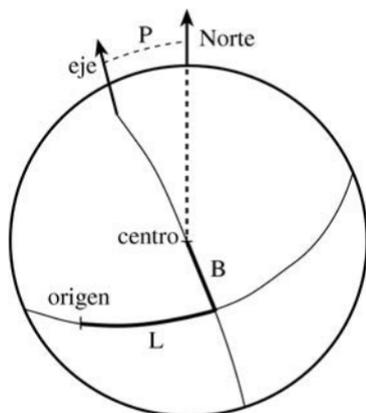
## Efemérides del Sol para 2022

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

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

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

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



### Cálculos aproximados

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

- (1) a la ascensión recta del día considerado se le resta el tiempo sidéreo en Greenwich a 0<sup>h</sup> de TU de este día (tabla en *TIEMPOS*);
- (2) se le resta la longitud Este del lugar (por ejemplo, en el caso de Madrid se suman 15<sup>m</sup> (al ser la longitud de Madrid de -15<sup>m</sup>); y
- (3) si tenemos un tiempo negativo, se suman 24<sup>h</sup>.

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

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

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

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

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

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

## SOL Enero 2022

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 38	12 18 18	16 59	18 45 48,4	-23 01 12	02,1	-3,0	142,6
2 D	7 38	12 18 46	17 00	18 50 13,3	-22 56 09	01,6	-3,1	129,4
3 L	7 38	12 19 14	17 01	18 54 37,9	-22 50 38	01,1	-3,2	116,2
4 M	7 38	12 19 41	17 02	18 59 02,1	-22 44 40	00,6	-3,2	103,0
5 M	7 38	12 20 08	17 02	19 03 25,9	-22 38 14	00,1	-3,5	89,9
6 J	7 38	12 20 35	17 03	19 07 49,2	-22 31 22	-00,4	-3,6	76,7
7 V	7 38	12 21 01	17 04	19 12 12,1	-22 24 03	-00,8	-3,7	63,6
8 S	7 38	12 21 26	17 05	19 16 34,4	-22 16 18	-01,3	-3,7	50,4
9 D	7 38	12 21 51	17 06	19 20 56,3	-22 08 06	-01,8	-3,9	37,2
10 L	7 37	12 22 16	17 07	19 25 17,5	-21 59 28	-02,2	-4,0	24,1
11 M	7 37	12 22 40	17 08	19 29 38,2	-21 50 25	-02,7	-4,0	10,9
12 M	7 37	12 23 03	17 09	19 33 58,3	-21 40 56	-03,2	-4,2	357,7
13 J	7 37	12 23 25	17 11	19 38 17,8	-21 31 01	-03,7	-4,3	344,6
14 V	7 36	12 23 47	17 12	19 42 36,6	-21 20 42	-04,2	-4,4	331,3
15 S	7 36	12 24 09	17 13	19 46 54,8	-21 09 58	-04,5	-4,5	318,2
16 D	7 35	12 24 29	17 14	19 51 12,3	-20 58 50	-05,0	-4,5	305,1
17 L	7 35	12 24 49	17 15	19 55 29,2	-20 47 18	-05,5	-4,7	291,8
18 M	7 35	12 25 08	17 16	19 59 45,3	-20 35 23	-06,0	-4,8	278,7
19 M	7 34	12 25 27	17 17	20 04 00,7	-20 23 04	-06,5	-4,9	265,6
20 J	7 33	12 25 44	17 18	20 08 15,3	-20 10 22	-07,0	-5,0	252,4
21 V	7 33	12 26 01	17 20	20 12 29,3	-19 57 17	-07,4	-5,0	239,1
22 S	7 32	12 26 18	17 21	20 16 42,5	-19 43 50	-07,9	-5,2	226,1
23 D	7 32	12 26 33	17 22	20 20 54,9	-19 30 01	-08,3	-5,3	212,9
24 L	7 31	12 26 48	17 23	20 25 06,6	-19 15 50	-08,6	-5,4	199,6
25 M	7 30	12 27 02	17 24	20 29 17,5	-19 01 18	-09,1	-5,5	186,6
26 M	7 29	12 27 15	17 26	20 33 27,6	-18 46 25	-09,6	-5,5	173,4
27 J	7 29	12 27 28	17 27	20 37 37,0	-18 31 11	-10,0	-5,5	160,1
28 V	7 28	12 27 39	17 28	20 41 45,6	-18 15 37	-10,5	-5,7	147,1
29 S	7 27	12 27 50	17 29	20 45 53,4	-17 59 43	-10,9	-5,8	133,9
30 D	7 26	12 28 00	17 30	20 50 00,4	-17 43 30	-11,3	-5,9	120,7
31 L	7 25	12 28 09	17 32	20 54 06,6	-17 26 57	-11,6	-5,9	107,5

## SOL Febrero 2022

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			a 0 <sup>h</sup> de TU		
	Orto <i>h m</i>	Culmin. <i>h m s</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>	Declinac. <i>° ' "</i>	P <i>°</i>	B <i>°</i>	L <i>°</i>	
1 M	7 24	12 28 18	17 33	20 58 12,0	-17 10 06	-12,1	-6,0	94,4	
2 M	7 23	12 28 25	17 34	21 02 16,6	-16 52 57	-12,5	-6,0	81,2	
3 J	7 22	12 28 32	17 35	21 06 20,3	-16 35 30	-12,9	-6,2	68,0	
4 V	7 21	12 28 38	17 37	21 10 23,2	-16 17 46	-13,3	-6,2	54,9	
5 S	7 20	12 28 43	17 38	21 14 25,3	-15 59 45	-13,6	-6,3	41,7	
6 D	7 19	12 28 47	17 39	21 18 26,6	-15 41 27	-14,1	-6,3	28,6	
7 L	7 18	12 28 51	17 40	21 22 27,0	-15 22 54	-14,5	-6,4	15,4	
8 M	7 17	12 28 53	17 41	21 26 26,7	-15 04 04	-14,9	-6,5	2,2	
9 M	7 16	12 28 55	17 43	21 30 25,5	-14 44 60	-15,3	-6,5	349,1	
10 J	7 15	12 28 56	17 44	21 34 23,5	-14 25 40	-15,6	-6,5	335,8	
11 V	7 13	12 28 57	17 45	21 38 20,8	-14 06 06	-16,0	-6,5	322,7	
12 S	7 12	12 28 56	17 46	21 42 17,2	-13 46 19	-16,3	-6,7	309,6	
13 D	7 11	12 28 55	17 47	21 46 12,9	-13 26 17	-16,7	-6,7	296,3	
14 L	7 10	12 28 53	17 49	21 50 07,8	-13 06 03	-17,0	-6,8	283,2	
15 M	7 08	12 28 50	17 50	21 54 02,0	-12 45 36	-17,3	-6,8	270,1	
16 M	7 07	12 28 47	17 51	21 57 55,5	-12 24 57	-17,7	-6,9	256,8	
17 J	7 06	12 28 42	17 52	22 01 48,2	-12 04 05	-18,0	-6,9	243,6	
18 V	7 04	12 28 38	17 53	22 05 40,2	-11 43 03	-18,3	-6,9	230,5	
19 S	7 03	12 28 32	17 55	22 09 31,5	-11 21 49	-18,7	-7,0	217,4	
20 D	7 02	12 28 26	17 56	22 13 22,2	-11 00 24	-19,0	-7,0	204,1	
21 L	7 00	12 28 19	17 57	22 17 12,3	-10 38 49	-19,3	-7,0	191,0	
22 M	6 59	12 28 11	17 58	22 21 01,7	-10 17 04	-19,6	-7,0	177,9	
23 M	6 57	12 28 03	17 59	22 24 50,5	-09 55 10	-19,8	-7,0	164,6	
24 J	6 56	12 27 55	18 00	22 28 38,7	-09 33 06	-20,2	-7,0	151,5	
25 V	6 55	12 27 46	18 02	22 32 26,3	-09 10 54	-20,3	-7,2	138,4	
26 S	6 53	12 27 36	18 03	22 36 13,4	-08 48 33	-20,7	-7,2	125,2	
27 D	6 52	12 27 25	18 04	22 39 59,9	-08 26 04	-21,0	-7,2	112,0	
28 L	6 50	12 27 15	18 05	22 43 45,9	-08 03 28	-21,2	-7,2	98,8	

## SOL Marzo 2022

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU		a 0 <sup>h</sup> de TU		
	Orto <i>h m</i>	Culmin. <i>h m s</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>	Declinac. <i>° ' "</i>	P <i>°</i>	B <i>°</i>	L <i>°</i>
1 M	6 49	12 27 03	18 06	22 47 31,3	-07 40 44	-21,5	-7,2	85,7
2 M	6 47	12 26 51	18 07	22 51 16,3	-07 17 54	-21,7	-7,2	72,5
3 J	6 46	12 26 39	18 08	22 55 00,8	-06 54 57	-22,0	-7,2	59,2
4 V	6 44	12 26 26	18 09	22 58 44,7	-06 31 55	-22,2	-7,2	46,2
5 S	6 43	12 26 13	18 11	23 02 28,3	-06 08 47	-22,5	-7,3	33,0
6 D	6 41	12 25 59	18 12	23 06 11,3	-05 45 34	-22,7	-7,3	19,8
7 L	6 39	12 25 45	18 13	23 09 54,0	-05 22 16	-22,8	-7,3	6,5
8 M	6 38	12 25 31	18 14	23 13 36,2	-04 58 54	-23,1	-7,3	353,5
9 M	6 36	12 25 16	18 15	23 17 18,1	-04 35 29	-23,3	-7,2	340,3
10 J	6 35	12 25 00	18 16	23 20 59,5	-04 11 59	-23,5	-7,2	327,1
11 V	6 33	12 24 45	18 17	23 24 40,6	-03 48 27	-23,7	-7,2	313,8
12 S	6 31	12 24 29	18 18	23 28 21,4	-03 24 52	-23,8	-7,2	300,8
13 D	6 30	12 24 13	18 19	23 32 01,9	-03 01 15	-24,1	-7,2	287,6
14 L	6 28	12 23 56	18 20	23 35 42,1	-02 37 36	-24,2	-7,2	274,3
15 M	6 27	12 23 39	18 21	23 39 22,0	-02 13 55	-24,3	-7,2	261,2
16 M	6 25	12 23 22	18 22	23 43 01,6	-01 50 14	-24,6	-7,2	248,0
17 J	6 23	12 23 05	18 24	23 46 41,0	-01 26 31	-24,7	-7,0	234,9
18 V	6 22	12 22 48	18 25	23 50 20,3	-01 02 48	-24,8	-7,0	221,6
19 S	6 20	12 22 30	18 26	23 53 59,3	-00 39 05	-25,0	-7,0	208,5
20 D	6 18	12 22 12	18 27	23 57 38,2	-00 15 22	-25,1	-7,0	195,3
21 L	6 17	12 21 55	18 28	00 01 17,0	+00 08 20	-25,2	-7,0	182,1
22 M	6 15	12 21 37	18 29	00 04 55,6	+00 32 02	-25,3	-7,0	168,9
23 M	6 13	12 21 19	18 30	00 08 34,2	+00 55 42	-25,5	-7,0	155,8
24 J	6 12	12 21 01	18 31	00 12 12,7	+01 19 21	-25,6	-6,9	142,6
25 V	6 10	12 20 43	18 32	00 15 51,2	+01 42 58	-25,7	-6,9	129,4
26 S	6 09	12 20 24	18 33	00 19 29,7	+02 06 33	-25,8	-6,8	116,2
27 D	6 07	12 20 06	18 34	00 23 08,2	+02 30 06	-25,8	-6,8	103,0
28 L	6 05	12 19 48	18 35	00 26 46,7	+02 53 35	-25,8	-6,8	89,8
29 M	6 04	12 19 30	18 36	00 30 25,2	+03 17 01	-26,0	-6,7	76,5
30 M	6 02	12 19 12	18 37	00 34 03,8	+03 40 23	-26,0	-6,7	63,4
31 J	6 00	12 18 55	18 38	00 37 42,5	+04 03 41	-26,1	-6,5	50,2

Inicio de la primavera el día 20 a las 15<sup>h</sup>33<sup>m</sup> de TU.

## SOL Abril 2022

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	5 59	12 18 37	18 39	00 41 21,2	+04 26 55	-26,1	-6,5	37,1	
2 S	5 57	12 18 19	18 40	00 45 00,1	+04 50 04	-26,2	-6,5	23,8	
3 D	5 56	12 18 02	18 41	00 48 39,1	+05 13 08	-26,2	-6,5	10,6	
4 L	5 54	12 17 44	18 42	00 52 18,2	+05 36 06	-26,2	-6,4	357,5	
5 M	5 52	12 17 27	18 43	00 55 57,4	+05 58 58	-26,2	-6,3	344,3	
6 M	5 51	12 17 10	18 44	00 59 36,9	+06 21 44	-26,3	-6,3	331,1	
7 J	5 49	12 16 53	18 45	01 03 16,5	+06 44 24	-26,3	-6,2	317,8	
8 V	5 48	12 16 37	18 46	01 06 56,3	+07 06 56	-26,3	-6,0	304,7	
9 S	5 46	12 16 20	18 47	01 10 36,4	+07 29 21	-26,2	-6,0	291,5	
10 D	5 44	12 16 04	18 48	01 14 16,7	+07 51 38	-26,2	-6,0	278,3	
11 L	5 43	12 15 48	18 50	01 17 57,2	+08 13 47	-26,2	-5,9	265,1	
12 M	5 41	12 15 33	18 51	01 21 38,0	+08 35 48	-26,2	-5,9	251,9	
13 M	5 40	12 15 17	18 52	01 25 19,1	+08 57 40	-26,1	-5,8	238,6	
14 J	5 38	12 15 02	18 53	01 29 00,4	+09 19 23	-26,1	-5,7	225,5	
15 V	5 37	12 14 48	18 54	01 32 42,1	+09 40 57	-26,0	-5,5	212,3	
16 S	5 35	12 14 33	18 55	01 36 24,2	+10 02 20	-26,0	-5,5	199,1	
17 D	5 34	12 14 19	18 56	01 40 06,6	+10 23 34	-25,8	-5,5	185,9	
18 L	5 32	12 14 06	18 57	01 43 49,4	+10 44 38	-25,8	-5,4	172,6	
19 M	5 31	12 13 53	18 58	01 47 32,6	+11 05 31	-25,7	-5,3	159,5	
20 M	5 29	12 13 40	18 59	01 51 16,2	+11 26 13	-25,6	-5,2	146,3	
21 J	5 28	12 13 28	19 00	01 55 00,2	+11 46 44	-25,5	-5,0	133,1	
22 V	5 26	12 13 16	19 01	01 58 44,7	+12 07 03	-25,3	-5,0	119,8	
23 S	5 25	12 13 04	19 02	02 02 29,7	+12 27 11	-25,3	-5,0	106,5	
24 D	5 24	12 12 54	19 03	02 06 15,1	+12 47 06	-25,2	-4,9	93,4	
25 L	5 22	12 12 43	19 04	02 10 01,0	+13 06 49	-25,1	-4,8	80,2	
26 M	5 21	12 12 33	19 05	02 13 47,5	+13 26 19	-24,8	-4,7	67,0	
27 M	5 19	12 12 24	19 06	02 17 34,4	+13 45 36	-24,8	-4,5	53,7	
28 J	5 18	12 12 15	19 07	02 21 21,8	+14 04 39	-24,6	-4,5	40,6	
29 V	5 17	12 12 07	19 08	02 25 09,8	+14 23 29	-24,5	-4,4	27,3	
30 S	5 15	12 11 59	19 09	02 28 58,2	+14 42 04	-24,3	-4,3	14,1	

## SOL Mayo 2022

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 14	12 11 52	19 10	02 32 47,3	+15 00 25	-24,1	-4,2	0,9	
2 L	5 13	12 11 45	19 11	02 36 36,8	+15 18 30	-24,0	-4,0	347,7	
3 M	5 12	12 11 39	19 12	02 40 26,9	+15 36 21	-23,8	-4,0	334,5	
4 M	5 11	12 11 33	19 13	02 44 17,5	+15 53 56	-23,6	-3,9	321,3	
5 J	5 09	12 11 28	19 14	02 48 08,7	+16 11 15	-23,3	-3,7	308,1	
6 V	5 08	12 11 24	19 15	02 52 00,4	+16 28 18	-23,2	-3,7	294,8	
7 S	5 07	12 11 20	19 16	02 55 52,7	+16 45 04	-22,8	-3,6	281,6	
8 D	5 06	12 11 16	19 17	02 59 45,5	+17 01 34	-22,7	-3,5	268,3	
9 L	5 05	12 11 13	19 18	03 03 38,9	+17 17 46	-22,5	-3,4	255,1	
10 M	5 04	12 11 11	19 19	03 07 32,8	+17 33 41	-22,3	-3,2	242,0	
11 M	5 03	12 11 09	19 20	03 11 27,3	+17 49 18	-22,0	-3,1	228,6	
12 J	5 02	12 11 08	19 21	03 15 22,3	+18 04 37	-21,8	-3,0	215,5	
13 V	5 01	12 11 07	19 22	03 19 17,9	+18 19 38	-21,5	-2,9	202,3	
14 S	5 00	12 11 07	19 23	03 23 14,0	+18 34 20	-21,2	-2,7	189,1	
15 D	4 59	12 11 07	19 24	03 27 10,7	+18 48 44	-21,0	-2,7	175,8	
16 L	4 58	12 11 08	19 25	03 31 08,0	+19 02 48	-20,7	-2,6	162,6	
17 M	4 57	12 11 10	19 26	03 35 05,8	+19 16 33	-20,3	-2,5	149,4	
18 M	4 56	12 11 12	19 27	03 39 04,2	+19 29 58	-20,1	-2,4	136,1	
19 J	4 55	12 11 15	19 28	03 43 03,2	+19 43 04	-19,8	-2,2	122,9	
20 V	4 54	12 11 18	19 29	03 47 02,7	+19 55 49	-19,5	-2,1	109,7	
21 S	4 53	12 11 22	19 30	03 51 02,8	+20 08 14	-19,2	-2,0	96,5	
22 D	4 53	12 11 26	19 31	03 55 03,4	+20 20 19	-18,8	-1,8	83,2	
23 L	4 52	12 11 31	19 32	03 59 04,6	+20 32 03	-18,6	-1,8	70,0	
24 M	4 51	12 11 36	19 32	04 03 06,3	+20 43 26	-18,3	-1,7	56,7	
25 M	4 51	12 11 42	19 33	04 07 08,5	+20 54 27	-17,8	-1,5	43,6	
26 J	4 50	12 11 49	19 34	04 11 11,3	+21 05 07	-17,6	-1,3	30,3	
27 V	4 49	12 11 56	19 35	04 15 14,5	+21 15 25	-17,2	-1,3	17,1	
28 S	4 49	12 12 03	19 36	04 19 18,3	+21 25 21	-16,8	-1,2	3,9	
29 D	4 48	12 12 11	19 36	04 23 22,5	+21 34 55	-16,5	-1,1	350,6	
30 L	4 48	12 12 19	19 37	04 27 27,1	+21 44 06	-16,2	-0,9	337,3	
31 M	4 47	12 12 28	19 38	04 31 32,2	+21 52 54	-15,8	-0,8	324,2	

## SOL Junio 2022

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	4 47	12 12 37	19 39	04 35 37,7	+22 01 20	-15,4	-0,6	310,8	
2 J	4 46	12 12 47	19 39	04 39 43,6	+22 09 23	-15,1	-0,6	297,7	
3 V	4 46	12 12 57	19 40	04 43 49,9	+22 17 02	-14,6	-0,5	284,5	
4 S	4 46	12 13 07	19 41	04 47 56,5	+22 24 18	-14,3	-0,3	271,2	
5 D	4 45	12 13 18	19 41	04 52 03,5	+22 31 11	-13,9	-0,2	258,0	
6 L	4 45	12 13 28	19 42	04 56 10,8	+22 37 40	-13,5	-0,1	244,8	
7 M	4 45	12 13 40	19 43	05 00 18,4	+22 43 45	-13,1	+0,0	231,5	
8 M	4 45	12 13 51	19 43	05 04 26,2	+22 49 25	-12,6	+0,2	218,3	
9 J	4 44	12 14 03	19 44	05 08 34,3	+22 54 42	-12,3	+0,3	205,1	
10 V	4 44	12 14 15	19 44	05 12 42,6	+22 59 35	-11,9	+0,4	191,8	
11 S	4 44	12 14 27	19 45	05 16 51,1	+23 04 03	-11,5	+0,5	178,6	
12 D	4 44	12 14 39	19 45	05 20 59,8	+23 08 07	-11,1	+0,6	165,4	
13 L	4 44	12 14 51	19 46	05 25 08,7	+23 11 46	-10,6	+0,8	152,1	
14 M	4 44	12 15 04	19 46	05 29 17,8	+23 15 01	-10,1	+0,9	138,9	
15 M	4 44	12 15 17	19 47	05 33 27,0	+23 17 51	-09,8	+1,0	125,5	
16 J	4 44	12 15 29	19 47	05 37 36,3	+23 20 17	-09,4	+1,1	112,4	
17 V	4 44	12 15 42	19 47	05 41 45,7	+23 22 18	-09,0	+1,2	99,2	
18 S	4 44	12 15 55	19 48	05 45 55,2	+23 23 54	-08,5	+1,3	85,9	
19 D	4 44	12 16 08	19 48	05 50 04,8	+23 25 05	-08,1	+1,5	72,7	
20 L	4 45	12 16 21	19 48	05 54 14,4	+23 25 52	-07,7	+1,6	59,5	
21 M	4 45	12 16 34	19 48	05 58 24,0	+23 26 14	-07,2	+1,7	46,2	
22 M	4 45	12 16 47	19 49	06 02 33,6	+23 26 11	-06,8	+1,8	33,0	
23 J	4 45	12 17 00	19 49	06 06 43,2	+23 25 44	-06,3	+1,8	19,7	
24 V	4 45	12 17 13	19 49	06 10 52,7	+23 24 52	-05,9	+2,1	6,5	
25 S	4 46	12 17 26	19 49	06 15 02,2	+23 23 34	-05,4	+2,2	353,3	
26 D	4 46	12 17 39	19 49	06 19 11,6	+23 21 53	-05,0	+2,2	340,0	
27 L	4 47	12 17 52	19 49	06 23 20,8	+23 19 46	-04,5	+2,4	326,8	
28 M	4 47	12 18 04	19 49	06 27 29,9	+23 17 15	-04,0	+2,5	313,6	
29 M	4 47	12 18 16	19 49	06 31 38,8	+23 14 19	-03,6	+2,6	300,3	
30 J	4 48	12 18 28	19 49	06 35 47,5	+23 10 59	-03,2	+2,7	287,1	

Inicio del verano el día 21 a las 9<sup>h</sup>14<sup>m</sup> de TU.

## SOL Julio 2022

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 48	12 18 40	19 49	06 39 55,9	+23 07 15	-02,7	+2,7	273,8	
2 S	4 49	12 18 51	19 49	06 44 04,1	+23 03 06	-02,2	+3,0	260,6	
3 D	4 49	12 19 03	19 49	06 48 12,0	+22 58 33	-01,8	+3,1	247,4	
4 L	4 50	12 19 14	19 48	06 52 19,6	+22 53 36	-01,3	+3,2	234,1	
5 M	4 50	12 19 24	19 48	06 56 26,8	+22 48 15	-00,9	+3,2	220,9	
6 M	4 51	12 19 34	19 48	07 00 33,7	+22 42 30	-00,5	+3,4	207,6	
7 J	4 52	12 19 44	19 48	07 04 40,2	+22 36 22	00,0	+3,5	194,4	
8 V	4 52	12 19 53	19 47	07 08 46,4	+22 29 50	00,5	+3,6	181,1	
9 S	4 53	12 20 02	19 47	07 12 52,1	+22 22 54	00,9	+3,7	168,0	
10 D	4 54	12 20 11	19 46	07 16 57,4	+22 15 36	01,3	+3,7	154,6	
11 L	4 54	12 20 19	19 46	07 21 02,2	+22 07 54	01,8	+3,9	141,5	
12 M	4 55	12 20 26	19 45	07 25 06,6	+21 59 50	02,2	+4,0	128,3	
13 M	4 56	12 20 34	19 45	07 29 10,5	+21 51 24	02,7	+4,0	115,0	
14 J	4 56	12 20 40	19 44	07 33 14,0	+21 42 35	03,1	+4,2	101,8	
15 V	4 57	12 20 46	19 44	07 37 16,9	+21 33 23	03,6	+4,3	88,5	
16 S	4 58	12 20 52	19 43	07 41 19,4	+21 23 50	04,0	+4,4	75,3	
17 D	4 59	12 20 57	19 43	07 45 21,4	+21 13 55	04,5	+4,5	62,1	
18 L	5 00	12 21 02	19 42	07 49 22,8	+21 03 39	04,9	+4,5	48,9	
19 M	5 00	12 21 06	19 41	07 53 23,7	+20 53 01	05,4	+4,7	35,6	
20 M	5 01	12 21 09	19 41	07 57 24,1	+20 42 02	05,8	+4,8	22,3	
21 J	5 02	12 21 12	19 40	08 01 24,0	+20 30 42	06,2	+4,9	9,1	
22 V	5 03	12 21 15	19 39	08 05 23,3	+20 19 01	06,5	+5,0	355,8	
23 S	5 04	12 21 17	19 38	08 09 22,1	+20 06 59	07,0	+5,0	342,7	
24 D	5 05	12 21 18	19 37	08 13 20,3	+19 54 38	07,5	+5,0	329,5	
25 L	5 06	12 21 19	19 36	08 17 17,9	+19 41 57	07,9	+5,2	316,3	
26 M	5 07	12 21 19	19 36	08 21 14,9	+19 28 55	08,3	+5,3	303,0	
27 M	5 07	12 21 19	19 35	08 25 11,4	+19 15 35	08,8	+5,4	289,8	
28 J	5 08	12 21 18	19 34	08 29 07,3	+19 01 55	09,1	+5,5	276,6	
29 V	5 09	12 21 16	19 33	08 33 02,5	+18 47 57	09,6	+5,5	263,3	
30 S	5 10	12 21 14	19 32	08 36 57,2	+18 33 40	10,0	+5,5	250,1	
31 D	5 11	12 21 11	19 31	08 40 51,2	+18 19 04	10,4	+5,7	236,9	

## SOL Agosto 2022

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			a 0 <sup>h</sup> de TU		
	Orto <i>h m</i>	Culmin. <i>h m s</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>	Declinac. <i>° ' "</i>	P <i>°</i>	B <i>°</i>	L <i>°</i>	
1 L	5 12	12 21 08	19 30	08 44 44,6	+18 04 11	10,8	+5,8	223,6	
2 M	5 13	12 21 03	19 29	08 48 37,4	+17 49 00	11,1	+5,8	210,4	
3 M	5 14	12 20 59	19 27	08 52 29,6	+17 33 32	11,6	+5,9	197,1	
4 J	5 15	12 20 53	19 26	08 56 21,2	+17 17 46	12,0	+6,0	184,0	
5 V	5 16	12 20 48	19 25	09 00 12,1	+17 01 44	12,3	+6,0	170,8	
6 S	5 17	12 20 41	19 24	09 04 02,4	+16 45 25	12,6	+6,0	157,5	
7 D	5 18	12 20 34	19 23	09 07 52,1	+16 28 51	13,1	+6,2	144,3	
8 L	5 19	12 20 26	19 22	09 11 41,2	+16 11 60	13,5	+6,2	131,1	
9 M	5 20	12 20 18	19 20	09 15 29,7	+15 54 54	13,8	+6,3	117,9	
10 M	5 21	12 20 09	19 19	09 19 17,6	+15 37 33	14,1	+6,4	104,7	
11 J	5 22	12 19 59	19 18	09 23 04,9	+15 19 56	14,6	+6,4	91,4	
12 V	5 23	12 19 49	19 16	09 26 51,6	+15 02 05	14,9	+6,5	78,2	
13 S	5 24	12 19 38	19 15	09 30 37,8	+14 44 00	15,3	+6,5	65,0	
14 D	5 25	12 19 27	19 14	09 34 23,4	+14 25 41	15,6	+6,5	51,7	
15 L	5 25	12 19 15	19 12	09 38 08,4	+14 07 08	16,0	+6,5	38,6	
16 M	5 26	12 19 03	19 11	09 41 53,0	+13 48 22	16,3	+6,7	25,3	
17 M	5 27	12 18 50	19 10	09 45 37,0	+13 29 22	16,6	+6,7	12,1	
18 J	5 28	12 18 37	19 08	09 49 20,6	+13 10 10	17,0	+6,8	358,8	
19 V	5 29	12 18 23	19 07	09 53 03,7	+12 50 44	17,3	+6,8	345,7	
20 S	5 30	12 18 09	19 05	09 56 46,3	+12 31 07	17,6	+6,9	332,5	
21 D	5 31	12 17 55	19 04	10 00 28,4	+12 11 17	17,8	+6,9	319,2	
22 L	5 32	12 17 39	19 02	10 04 10,1	+11 51 16	18,2	+6,9	306,0	
23 M	5 33	12 17 24	19 01	10 07 51,3	+11 31 04	18,5	+7,0	292,8	
24 M	5 34	12 17 08	18 59	10 11 32,2	+11 10 40	18,8	+7,0	279,6	
25 J	5 35	12 16 52	18 58	10 15 12,6	+10 50 06	19,1	+7,0	266,3	
26 V	5 36	12 16 35	18 56	10 18 52,6	+10 29 22	19,3	+7,0	253,1	
27 S	5 37	12 16 18	18 55	10 22 32,1	+10 08 27	19,7	+7,0	240,0	
28 D	5 38	12 16 00	18 53	10 26 11,4	+09 47 23	20,0	+7,0	226,8	
29 L	5 39	12 15 42	18 52	10 29 50,2	+09 26 10	20,2	+7,0	213,5	
30 M	5 40	12 15 24	18 50	10 33 28,7	+09 04 47	20,5	+7,2	200,3	
31 M	5 41	12 15 05	18 48	10 37 06,8	+08 43 16	20,8	+7,2	187,1	

## SOL Setiembre 2022

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			a 0 <sup>h</sup> de TU		
	Orto h m	Culmin. h m s	Ocaso h m	Asc. recta h m s	Declinac. ° ' "	P °	B °	L °	
1 J	5 42	12 14 46	18 47	10 40 44,6	+08 21 36	21,0	+7,2	173,9	
2 V	5 43	12 14 27	18 45	10 44 22,1	+07 59 49	21,3	+7,2	160,6	
3 S	5 44	12 14 08	18 44	10 47 59,3	+07 37 54	21,5	+7,2	147,5	
4 D	5 45	12 13 48	18 42	10 51 36,2	+07 15 52	21,8	+7,2	134,3	
5 L	5 46	12 13 28	18 40	10 55 12,8	+06 53 42	22,0	+7,2	121,0	
6 M	5 47	12 13 08	18 39	10 58 49,2	+06 31 26	22,2	+7,2	107,9	
7 M	5 48	12 12 47	18 37	11 02 25,4	+06 09 04	22,3	+7,3	94,7	
8 J	5 49	12 12 26	18 36	11 06 01,3	+05 46 36	22,7	+7,3	81,5	
9 V	5 50	12 12 06	18 34	11 09 37,1	+05 24 02	22,8	+7,3	68,3	
10 S	5 51	12 11 44	18 32	11 13 12,6	+05 01 23	23,1	+7,3	55,0	
11 D	5 52	12 11 23	18 31	11 16 48,1	+04 38 39	23,3	+7,2	41,7	
12 L	5 52	12 11 02	18 29	11 20 23,4	+04 15 50	23,5	+7,2	28,6	
13 M	5 53	12 10 41	18 27	11 23 58,6	+03 52 56	23,7	+7,2	15,4	
14 M	5 54	12 10 19	18 26	11 27 33,8	+03 29 58	23,8	+7,2	2,2	
15 J	5 55	12 09 58	18 24	11 31 08,9	+03 06 57	24,0	+7,2	349,0	
16 V	5 56	12 09 36	18 22	11 34 44,0	+02 43 52	24,2	+7,2	335,8	
17 S	5 57	12 09 15	18 21	11 38 19,1	+02 20 43	24,3	+7,2	322,6	
18 D	5 58	12 08 53	18 19	11 41 54,2	+01 57 32	24,5	+7,2	309,3	
19 L	5 59	12 08 32	18 17	11 45 29,3	+01 34 18	24,7	+7,0	296,2	
20 M	6 00	12 08 11	18 15	11 49 04,5	+01 11 02	24,8	+7,0	283,0	
21 M	6 01	12 07 49	18 14	11 52 39,7	+00 47 43	24,8	+7,0	269,8	
22 J	6 02	12 07 28	18 12	11 56 15,1	+00 24 24	25,1	+7,0	256,6	
23 V	6 03	12 07 07	18 10	11 59 50,5	+00 01 03	25,2	+7,0	243,4	
24 S	6 04	12 06 46	18 09	12 03 26,1	-00 22 19	25,3	+7,0	230,1	
25 D	6 05	12 06 26	18 07	12 07 01,8	-00 45 42	25,3	+7,0	217,0	
26 L	6 06	12 06 05	18 05	12 10 37,7	-01 09 04	25,5	+6,9	203,8	
27 M	6 07	12 05 45	18 04	12 14 13,7	-01 32 26	25,6	+6,9	190,6	
28 M	6 08	12 05 24	18 02	12 17 50,0	-01 55 48	25,7	+6,9	177,4	
29 J	6 09	12 05 04	18 00	12 21 26,5	-02 19 09	25,8	+6,8	164,1	
30 V	6 10	12 04 45	17 59	12 25 03,2	-02 42 28	25,8	+6,8	151,0	

Inicio del otoño el día 23 a las 1<sup>h</sup> 4<sup>m</sup> de TU.

## SOL Octubre 2022

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	6 11	12 04 25	17 57	12 28 40,1	-03 05 46	25,8	+6,7	137,8	
2 D	6 12	12 04 06	17 56	12 32 17,3	-03 29 02	26,0	+6,7	124,5	
3 L	6 13	12 03 47	17 54	12 35 54,9	-03 52 15	26,1	+6,5	111,5	
4 M	6 14	12 03 29	17 52	12 39 32,7	-04 15 25	26,1	+6,5	98,3	
5 M	6 15	12 03 10	17 51	12 43 10,8	-04 38 32	26,2	+6,5	85,0	
6 J	6 16	12 02 53	17 49	12 46 49,3	-05 01 36	26,2	+6,5	71,9	
7 V	6 17	12 02 35	17 47	12 50 28,1	-05 24 36	26,2	+6,4	58,7	
8 S	6 18	12 02 18	17 46	12 54 07,4	-05 47 31	26,2	+6,4	45,5	
9 D	6 19	12 02 01	17 44	12 57 47,0	-06 10 22	26,3	+6,3	32,2	
10 L	6 20	12 01 45	17 43	13 01 27,1	-06 33 08	26,3	+6,2	19,1	
11 M	6 21	12 01 29	17 41	13 05 07,7	-06 55 49	26,3	+6,2	5,9	
12 M	6 22	12 01 14	17 40	13 08 48,7	-07 18 24	26,3	+6,0	352,7	
13 J	6 23	12 00 59	17 38	13 12 30,3	-07 40 53	26,2	+6,0	339,5	
14 V	6 24	12 00 45	17 37	13 16 12,3	-08 03 16	26,2	+6,0	326,3	
15 S	6 25	12 00 31	17 35	13 19 55,0	-08 25 32	26,2	+5,9	313,1	
16 D	6 27	12 00 18	17 34	13 23 38,2	-08 47 42	26,1	+5,8	299,8	
17 L	6 28	12 00 06	17 32	13 27 22,0	-09 09 44	26,1	+5,7	286,8	
18 M	6 29	11 59 54	17 31	13 31 06,3	-09 31 38	26,0	+5,7	273,6	
19 M	6 30	11 59 43	17 29	13 34 51,3	-09 53 24	26,0	+5,5	260,3	
20 J	6 31	11 59 32	17 28	13 38 37,0	-10 15 02	25,8	+5,5	247,1	
21 V	6 32	11 59 22	17 26	13 42 23,3	-10 36 31	25,8	+5,4	234,0	
22 S	6 33	11 59 13	17 25	13 46 10,2	-10 57 50	25,8	+5,3	220,8	
23 D	6 34	11 59 04	17 23	13 49 57,9	-11 18 60	25,7	+5,3	207,6	
24 L	6 35	11 58 57	17 22	13 53 46,2	-11 39 59	25,6	+5,2	194,4	
25 M	6 36	11 58 49	17 21	13 57 35,3	-12 00 48	25,5	+5,0	181,1	
26 M	6 38	11 58 43	17 19	14 01 25,0	-12 21 26	25,3	+5,0	168,0	
27 J	6 39	11 58 37	17 18	14 05 15,5	-12 41 53	25,2	+4,9	154,9	
28 V	6 40	11 58 32	17 17	14 09 06,8	-13 02 08	25,1	+4,8	141,6	
29 S	6 41	11 58 28	17 15	14 12 58,7	-13 22 10	25,0	+4,7	128,5	
30 D	6 42	11 58 25	17 14	14 16 51,5	-13 41 60	24,8	+4,5	115,3	
31 L	6 43	11 58 22	17 13	14 20 44,9	-14 01 36	24,7	+4,5	102,0	

## SOL Noviembre 2022

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU		a 0 <sup>h</sup> de TU		
	Orto h m	Culmin. h m s	Ocaso h m	Asc. recta h m s	Declinac. ° ' "	P °	B °	L °
1 M	6 44	11 58 20	17 12	14 24 39,2	-14 20 60	24,5	+4,4	88,9
2 M	6 46	11 58 19	17 11	14 28 34,2	-14 40 09	24,3	+4,3	75,7
3 J	6 47	11 58 19	17 09	14 32 30,0	-14 59 04	24,1	+4,2	62,6
4 V	6 48	11 58 19	17 08	14 36 26,6	-15 17 44	24,0	+4,0	49,4
5 S	6 49	11 58 20	17 07	14 40 24,0	-15 36 09	23,8	+4,0	36,2
6 D	6 50	11 58 22	17 06	14 44 22,2	-15 54 18	23,6	+3,9	23,0
7 L	6 51	11 58 25	17 05	14 48 21,3	-16 12 11	23,3	+3,7	9,8
8 M	6 52	11 58 29	17 04	14 52 21,1	-16 29 49	23,1	+3,7	356,6
9 M	6 54	11 58 34	17 03	14 56 21,8	-16 47 09	22,8	+3,6	343,3
10 J	6 55	11 58 39	17 02	15 00 23,4	-17 04 13	22,7	+3,5	330,3
11 V	6 56	11 58 45	17 01	15 04 25,8	-17 20 59	22,3	+3,2	317,1
12 S	6 57	11 58 52	17 00	15 08 29,1	-17 37 27	22,2	+3,2	303,8
13 D	6 58	11 59 00	16 59	15 12 33,2	-17 53 38	21,8	+3,1	290,7
14 L	6 59	11 59 09	16 58	15 16 38,2	-18 09 29	21,7	+3,0	277,5
15 M	7 01	11 59 19	16 58	15 20 44,1	-18 25 02	21,3	+2,9	264,3
16 M	7 02	11 59 30	16 57	15 24 50,8	-18 40 16	21,1	+2,7	251,1
17 J	7 03	11 59 41	16 56	15 28 58,4	-18 55 09	20,8	+2,7	238,0
18 V	7 04	11 59 53	16 55	15 33 06,8	-19 09 43	20,6	+2,5	224,8
19 S	7 05	12 00 06	16 55	15 37 16,1	-19 23 56	20,3	+2,4	211,6
20 D	7 06	12 00 20	16 54	15 41 26,2	-19 37 48	19,8	+2,2	198,4
21 L	7 08	12 00 35	16 53	15 45 37,1	-19 51 19	19,6	+2,2	185,1
22 M	7 09	12 00 51	16 53	15 49 48,9	-20 04 29	19,3	+2,0	172,1
23 M	7 10	12 01 07	16 52	15 54 01,5	-20 17 16	19,0	+1,8	158,9
24 J	7 11	12 01 24	16 52	15 58 14,8	-20 29 41	18,7	+1,8	145,6
25 V	7 12	12 01 42	16 51	16 02 29,0	-20 41 43	18,3	+1,7	132,5
26 S	7 13	12 02 01	16 51	16 06 43,9	-20 53 22	18,0	+1,6	119,3
27 D	7 14	12 02 21	16 50	16 10 59,5	-21 04 38	17,6	+1,3	106,2
28 L	7 15	12 02 41	16 50	16 15 15,9	-21 15 30	17,2	+1,3	93,0
29 M	7 16	12 03 02	16 49	16 19 32,9	-21 25 57	16,8	+1,2	79,8
30 M	7 17	12 03 23	16 49	16 23 50,6	-21 36 01	16,5	+1,1	66,5

## SOL Diciembre 2022

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 18	12 03 45	16 49	16 28 09,0	-21 45 39	16,1	+0,9	53,4
2 V	7 19	12 04 08	16 49	16 32 27,9	-21 54 52	15,6	+0,8	40,2
3 S	7 20	12 04 31	16 48	16 36 47,5	-22 03 41	15,3	+0,6	27,1
4 D	7 21	12 04 55	16 48	16 41 07,7	-22 12 03	14,9	+0,5	13,9
5 L	7 22	12 05 20	16 48	16 45 28,5	-22 19 60	14,5	+0,4	0,6
6 M	7 23	12 05 45	16 48	16 49 49,8	-22 27 31	14,1	+0,3	347,6
7 M	7 24	12 06 10	16 48	16 54 11,6	-22 34 35	13,6	+0,2	334,3
8 J	7 25	12 06 36	16 48	16 58 33,9	-22 41 13	13,3	+0,0	321,2
9 V	7 26	12 07 03	16 48	17 02 56,7	-22 47 25	12,9	-0,1	308,0
10 S	7 27	12 07 30	16 48	17 07 20,0	-22 53 10	12,4	-0,2	294,8
11 D	7 28	12 07 57	16 48	17 11 43,7	-22 58 27	12,0	-0,4	281,7
12 L	7 28	12 08 25	16 48	17 16 07,8	-23 03 18	11,6	-0,5	268,5
13 M	7 29	12 08 53	16 49	17 20 32,3	-23 07 41	11,1	-0,6	255,3
14 M	7 30	12 09 21	16 49	17 24 57,1	-23 11 36	10,6	-0,6	242,1
15 J	7 31	12 09 50	16 49	17 29 22,2	-23 15 04	10,1	-0,9	229,0
16 V	7 31	12 10 19	16 49	17 33 47,7	-23 18 05	09,8	-1,0	215,8
17 S	7 32	12 10 48	16 50	17 38 13,3	-23 20 37	09,3	-1,1	202,6
18 D	7 33	12 11 18	16 50	17 42 39,2	-23 22 41	08,9	-1,3	189,4
19 L	7 33	12 11 47	16 50	17 47 05,3	-23 24 18	08,4	-1,3	176,3
20 M	7 34	12 12 17	16 51	17 51 31,6	-23 25 26	07,9	-1,5	163,1
21 M	7 34	12 12 47	16 51	17 55 58,0	-23 26 06	07,5	-1,6	149,9
22 J	7 35	12 13 17	16 52	18 00 24,4	-23 26 17	07,0	-1,8	136,6
23 V	7 35	12 13 47	16 52	18 04 50,9	-23 26 01	06,5	-1,8	123,5
24 S	7 36	12 14 17	16 53	18 09 17,4	-23 25 16	06,0	-2,0	110,4
25 D	7 36	12 14 47	16 54	18 13 43,9	-23 24 03	05,5	-2,1	97,2
26 L	7 36	12 15 16	16 54	18 18 10,3	-23 22 21	05,0	-2,2	84,0
27 M	7 37	12 15 46	16 55	18 22 36,5	-23 20 12	04,5	-2,4	70,9
28 M	7 37	12 16 16	16 56	18 27 02,6	-23 17 34	04,0	-2,5	57,7
29 J	7 37	12 16 45	16 56	18 31 28,5	-23 14 28	03,6	-2,6	44,5
30 V	7 37	12 17 14	16 57	18 35 54,2	-23 10 54	03,2	-2,7	31,3
31 S	7 38	12 17 43	16 58	18 40 19,6	-23 06 52	02,7	-2,9	18,2

Inicio del invierno el día 21 a las 21<sup>h</sup>48<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		2022		
Fecha		distancia R (UA)	semidiá- metro, s	movimiento diario (°/día)	paralaje horizontal	paso semidiám. por meridiano
Ene	1	0,98335	16'17"	61	8"94	70"6
Ene	11	0,98343	16'17"	61	8"94	70"0
Ene	21	0,98402	16'17"	61	8"94	69"1
Ene	31	0,98518	16'16"	61	8"93	68"0
Feb	10	0,98669	16'14"	61	8"91	66"9
Feb	20	0,98862	16'12"	60	8"90	65"8
Mar	2	0,99096	16'10"	60	8"87	65"0
Mar	12	0,99348	16'07"	60	8"85	64"4
Mar	22	0,99621	16'05"	60	8"83	64"1
Abr	1	0,99911	16'02"	59	8"80	64"1
Abr	11	1,00193	15'59"	59	8"78	64"4
Abr	21	1,00473	15'57"	59	8"75	65"0
May	1	1,00743	15'54"	58	8"73	65"7
May	11	1,00982	15'52"	58	8"71	66"5
May	21	1,01197	15'50"	58	8"69	67"3
May	31	1,01381	15'48"	58	8"67	67"9
Jun	10	1,01516	15'47"	57	8"66	68"4
Jun	20	1,01613	15'46"	57	8"65	68"5
Jun	30	1,01666	15'45"	57	8"65	68"4
Jul	10	1,01664	15'45"	57	8"65	67"9
Jul	20	1,01619	15'46"	57	8"65	67"2
Jul	30	1,01531	15'47"	57	8"66	66"4
Ago	9	1,01390	15'48"	57	8"67	65"5
Ago	19	1,01216	15'50"	58	8"69	64"8
Ago	29	1,01008	15'52"	58	8"71	64"1
Set	8	1,00762	15'54"	58	8"73	63"8
Set	18	1,00501	15'56"	59	8"75	63"6
Set	28	1,00224	15'59"	59	8"77	63"8
Oct	8	0,99933	16'02"	59	8"80	64"3
Oct	18	0,99651	16'05"	60	8"82	65"0
Oct	28	0,99378	16'07"	60	8"85	66"0
Nov	7	0,99115	16'10"	60	8"87	67"1
Nov	17	0,98887	16'12"	60	8"89	68"3
Nov	27	0,98691	16'14"	61	8"91	69"4
Dic	7	0,98527	16'16"	61	8"93	70"2
Dic	17	0,98416	16'17"	61	8"94	70"7
Dic	27	0,98351	16'17"	61	8"94	70"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<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 el Sol sale y se pone antes que en Madrid; al Oeste de Madrid, orto y ocaso tienen lugar más tarde. Esta corrección viene dada simplemente por la diferencia de longitudes; se encuentra en la tabla siguiente, expresada en minutos de tiempo.

La corrección en latitud depende de la diferencia de latitudes y de la declinación del Sol, o sea de la época del año. Puede encontrarse, para varios paralelos, en la página 146. El paralelo 28° corresponde a las Canarias. El signo que figura en la tabla corresponde al orto; para el ocaso la corrección debe tener signo contrario.

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

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

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

*Ejemplo:* cálculo de orto y ocaso del Sol el día 4 de junio en Ceuta. En las dos tablas siguientes se encuentra que las correcciones a aplicar son de +6<sup>m</sup> en longitud y de +13<sup>m</sup> en latitud (para la latitud de 36°0).

$$\begin{aligned} \text{orto} &= 4^{\text{h}}46^{\text{m}} + (+6^{\text{m}}) + (+13^{\text{m}}) = 5^{\text{h}}05^{\text{m}} \text{ TU} \\ \text{ocaso} &= 19^{\text{h}}41^{\text{m}} + (+5^{\text{m}}) - (+13^{\text{m}}) = 19^{\text{h}}33^{\text{m}} \text{ TU} \end{aligned}$$

A continuación debe aplicarse la corrección al horario oficial, de +2<sup>h</sup> 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	5	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 23

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

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

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

- (1) se calculan la longitud del Sol,  $\odot$ , y el instante de culminación para el lugar usando la corrección dada en tabla de la página 145 o según de indica en la sección **Paso del Sol por el meridiano**.
- (2) se calcula el tiempo auxiliar:

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

- (3) para determinar el orto, se resta el valor  $H$  al instante de la culminación.
- (4) para determinar el ocaso, se suman ambos valores.

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

#### *Orientación del orto y del ocaso*

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

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

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

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

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

*Ejemplo:* En el día 21 de diciembre, en un lugar de latitud  $40^{\circ}$ , el Sol sale  $30^{\circ}$  al sur de la dirección Este y se pone  $30^{\circ}$  al sur de la dirección Oeste.

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

Fecha		Latitud					Fecha	
		28°	32°	36°	40°	44°		
Dic	21	-26	-27	-29	-30	-33	Dic	22
Dic	26	-26	-27	-29	-30	-32	Dic	17
Dic	31	-26	-27	-28	-30	-32	Dic	12
Ene	5	-25	-26	-28	-29	-31	Dic	7
Ene	10	-25	-26	-27	-28	-30	Dic	2
Ene	15	-24	-25	-26	-27	-29	Nov	27
Ene	20	-22	-23	-24	-26	-28	Nov	22
Ene	25	-21	-22	-23	-24	-26	Nov	17
Ene	30	-20	-20	-21	-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	23

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

$$\text{desviación} = 1^\circ - 24^\circ \cos(0.986d + 10^\circ) / \cos\phi$$

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

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



## 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 2022:

- 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 ( $15^{\text{h}}3^{\text{m}}$ )
- Día de menor duración: 21 de diciembre ( $9^{\text{h}}17^{\text{m}}$ )

## Paso del Sol por el meridiano

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

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

Tal instante nos indica la dirección Sur.

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

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

*Ejemplo:* al mediodía del día 1 de marzo la Ecuación de Tiempo es  $-3^{\text{m}}47^{\text{s}}$ , luego el Sol pasará por el meridiano de Madrid a las:

$$12^{\text{h}} - (-3^{\text{m}}47^{\text{s}}) - (-14^{\text{m}}45^{\text{s}}) = 12^{\text{h}}18^{\text{m}}32^{\text{s}} \text{ TU}$$

valor que coincide con el dado en la tabla correspondiente.

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

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

## Rotaciones sinódicas del Sol

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

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

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

#### Instante de inicio de las rotaciones sinódicas del Sol en 2022

NRC	mes	día	hora	NRC	mes	día	hora	NRC	mes	día	hora
2253	Ene	11	20	2258	May	28	7	2263	Oct	11	11
2254	Feb	8	4	2259	Jun	24	12	2264	Nov	7	18
2255	Mar	7	12	2260	Jul	21	17	2265	Dic	5	1
2256	Abr	3	19	2261	Ago	17	22	2266	Ene	1	9
2257	May	1	2	2262	Set	14	4	2267	Ene	28	17

La primera rotación que se iniciará en 2022 es la número 2253, lo cual tendrá lugar el día 11 de enero a las 19<sup>h</sup>8 TU. La primera rotación en 2023 será la número 2266, iniciándose el 1 de enero a las 9<sup>h</sup>1 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
2002	160	2007	13	2012	90	2017	21
2003	103	2008	4	2013	95	2018	8
2004	66	2009	6	2014	107	2019	4
2005	45	2010	26	2015	72	2020	9
2006	26	2011	73	2016	41	2021	33

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

$$\begin{array}{lll} \mathcal{R}_{\downarrow} & = 1\,738,14 \text{ km} & = 0,2725 \mathcal{R}_{\oplus} \\ \mathcal{M}_{\downarrow} & = 7,3463 \cdot 10^{22} \text{ kg} & = 0,0123 \mathcal{M}_{\oplus} \\ G\mathcal{M}_{\downarrow} & = 4,902\,8001 \cdot 10^{12} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2} & = 0,0123000371 G \mathcal{M}_{\oplus} \end{array}$$

## Datos lunares

### Elementos medios de la órbita para 2022

Longitud media	$L_{\oplus} = 244^{\circ}084890 + 13^{\circ}17639645 d$
Anomalía media	$M_{\oplus} = 345^{\circ}660188 + 13^{\circ}06499305 d$
Longitud del perigeo medio	$\varpi_{\oplus} = 258^{\circ}424698 + 0^{\circ}11140340 d$
Long. media del nodo ascendente	$\Omega_{\oplus} = 59^{\circ}587557 - 0^{\circ}05295373 d$
Elongación media referida al Sol	$D_{\oplus} = 324^{\circ}434274 + 12^{\circ}19074909 d$

(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:

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

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

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

### Distancia

Distancia media	384400 km	60,268 $R_{\oplus}$
	en tiempo luz	1 <sup>s</sup> 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	$e_{\oplus} = 0,054900489$	
Inclinación orbital media:	respecto de la eclíptica	5°145396
	respecto del ecuador lunar	6°41'
	respecto del ecuador terrestre	18°28 a 28°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 km	0,2725 $\mathcal{R}_{\oplus}$
Radio medio	1737,42 km	
Superficie	3,788 10 <sup>7</sup> km <sup>2</sup>	0,0743
Volumen	2,199 10 <sup>10</sup> km <sup>3</sup>	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 2022

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 2022

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU					
	Orto <i>h m</i>	Culm. <i>h m</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>			Declinación <i>° ' "</i>		
1 S	6 17	10 57	15 33	16 56	20,6	-23 55	12	56,2663	
2 D	7 30	12 03	16 35	18 02	42,6	-25 59	04	56,1336	
3 L	8 34	13 09	17 47	19 10	19,3	-26 06	59	56,2989	
4 M	9 25	14 11	19 03	20 16	14,8	-24 19	50	56,7535	
5 M	10 06	15 09	20 18	21 18	12,1	-20 55	25	57,4536	
6 J	10 39	16 01	21 30	22 15	15,9	-16 20	36	58,3306	
7 V	11 07	16 48	22 38	23 07	43,0	-11 02	43	59,3030	
8 S	11 31	17 32	23 43	23 56	30,4	-05 24	37	60,2891	
9 D	11 54	18 15	** **	00 42	49,1	+00 16	15	61,2165	
10 L	12 17	18 57	0 46	01 27	49,7	+05 46	50	62,0289	
11 M	12 41	19 39	1 47	02 12	37,1	+10 56	46	62,6878	
12 M	13 08	20 23	2 48	02 58	06,9	+15 36	48	63,1731	
13 J	13 38	21 09	3 49	03 45	03,5	+19 37	48	63,4801	
14 V	14 13	21 58	4 50	04 33	54,5	+22 50	10	63,6173	
15 S	14 55	22 48	5 48	05 24	45,5	+25 04	19	63,6020	
16 D	15 45	23 39	6 43	06 17	15,1	+26 11	39	63,4571	
17 L	16 40	** **	7 31	07 10	37,5	+26 06	19	63,2061	
18 M	17 41	0 30	8 14	08 03	53,8	+24 46	46	62,8717	
19 M	18 44	1 20	8 50	08 56	10,0	+22 16	17	62,4711	
20 J	19 49	2 08	9 21	09 46	52,8	+18 42	27	62,0165	
21 V	20 54	2 55	9 49	10 35	56,4	+14 15	43	61,5146	
22 S	22 00	3 40	10 14	11 23	41,0	+09 08	01	60,9683	
23 D	23 06	4 24	10 38	12 10	47,4	+03 31	54	60,3803	
24 L	** **	5 09	11 02	12 58	11,0	-02 19	30	59,7566	
25 M	0 14	5 56	11 29	13 46	56,4	-08 11	48	59,1114	
26 M	1 25	6 46	11 59	14 38	12,6	-13 48	22	58,4694	
27 J	2 39	7 40	12 35	15 33	02,7	-18 49	13	57,8681	
28 V	3 54	8 39	13 19	16 32	05,6	-22 50	52	57,3546	
29 S	5 08	9 42	14 14	17 35	09,5	-25 28	35	56,9829	
30 D	6 15	10 47	15 20	18 40	50,0	-26 21	59	56,8034	
31 L	7 11	11 50	16 34	19 46	42,7	-25 22	20	56,8536	

Luna nueva	02 <sup>d</sup> 18 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup>
Cuarto creciente	09 <sup>d</sup> 18 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup>
Luna llena	17 <sup>d</sup> 23 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	25 <sup>d</sup> 13 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup>

Perigeo	1 <sup>d</sup> 23 <sup>h</sup>
Apogeo	14 <sup>d</sup> 09 <sup>h</sup>
Perigeo	30 <sup>d</sup> 07 <sup>h</sup>

## LUNA Febrero 2022

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	7 57	12 51	17 51	20 50	16,5	-22 36	49	57,1487	
2 M	8 34	13 46	19 06	21 49	52,8	-18 25	59	57,6760	
3 J	9 04	14 36	20 17	22 45	05,8	-13 16	34	58,3958	
4 V	9 31	15 23	21 26	23 36	25,1	-07 34	40	59,2472	
5 S	9 55	16 08	22 31	00 24	48,4	-01 42	15	60,1582	
6 D	10 18	16 51	23 35	01 11	21,9	+04 03	37	61,0546	
7 L	10 42	17 34	** **	01 57	10,1	+09 29	52	61,8697	
8 M	11 08	18 18	0 37	02 43	10,6	+14 25	58	62,5499	
9 M	11 37	19 04	1 39	03 30	11,1	+18 42	40	63,0567	
10 J	12 11	19 52	2 40	04 18	45,7	+22 11	06	63,3703	
11 V	12 50	20 41	3 40	05 09	09,4	+24 42	27	63,4864	
12 S	13 37	21 32	4 36	06 01	13,4	+26 08	36	63,4158	
13 D	14 31	22 23	5 27	06 54	24,5	+26 23	11	63,1813	
14 L	15 30	23 14	6 11	07 47	52,5	+25 23	08	62,8140	
15 M	16 33	** **	6 50	08 40	44,4	+23 09	44	62,3507	
16 M	17 39	0 03	7 23	09 32	20,9	+19 48	42	61,8282	
17 J	18 45	0 51	7 52	10 22	25,8	+15 29	29	61,2803	
18 V	19 51	1 37	8 18	11 11	08,8	+10 24	05	60,7342	
19 S	20 58	2 22	8 42	11 59	00,6	+04 46	09	60,2095	
20 D	22 07	3 08	9 07	12 46	48,1	-01 09	35	59,7175	
21 L	23 17	3 54	9 32	13 35	28,0	-07 07	20	59,2624	
22 M	** **	4 43	10 00	14 26	01,6	-12 49	55	58,8466	
23 M	0 29	5 35	10 34	15 19	26,4	-17 58	17	58,4722	
24 J	1 43	6 31	11 14	16 16	22,6	-22 11	31	58,1476	
25 V	2 55	7 31	12 04	17 16	52,7	-25 08	05	57,8882	
26 S	4 03	8 33	13 04	18 20	03,2	-26 29	25	57,7165	
27 D	5 01	9 35	14 13	19 24	05,8	-26 04	57	57,6600	
28 L	5 50	10 35	15 27	20 26	51,6	-23 56	13	57,7449	

Luna nueva	01 <sup>d</sup> 05 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup>
Cuarto creciente	08 <sup>d</sup> 13 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup>
Luna llena	16 <sup>d</sup> 16 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	23 <sup>d</sup> 22 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup>

Apogeo	11 <sup>d</sup> 03 <sup>h</sup>
Perigeo	26 <sup>d</sup> 22 <sup>h</sup>

## LUNA Marzo 2022

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	6 29	11 32	16 42	21 26	39,2	-20 16 52	57,9903		
2 M	7 02	12 24	17 55	22 22	43,6	-15 28 32	58,4009		
3 J	7 30	13 12	19 05	23 15	13,0	-09 55 28	58,9634		
4 V	7 55	13 58	20 12	00 04	49,4	-04 00 34	59,6459		
5 S	8 18	14 43	21 18	00 52	29,0	+01 56 30	60,4007		
6 D	8 42	15 27	22 22	01 39	10,8	+07 39 31	61,1710		
7 L	9 07	16 11	23 26	02 25	49,2	+12 55 19	61,8969		
8 M	9 35	16 57	** **	03 13	10,6	+17 32 49	62,5219		
9 M	10 07	17 44	0 28	04 01	49,1	+21 22 18	62,9993		
10 J	10 44	18 33	1 29	04 52	02,3	+24 14 58	63,2948		
11 V	11 28	19 23	2 27	05 43	47,1	+26 03 03	63,3895		
12 S	12 19	20 15	3 20	06 36	38,4	+26 40 30	63,2802		
13 D	13 16	21 05	4 07	07 29	54,8	+26 03 52	62,9796		
14 L	14 18	21 55	4 48	08 22	49,6	+24 13 15	62,5151		
15 M	15 23	22 43	5 22	09 14	45,4	+21 12 29	61,9257		
16 M	16 30	23 30	5 53	10 05	23,8	+17 08 51	61,2591		
17 J	17 37	** **	6 20	10 54	49,5	+12 12 36	60,5672		
18 V	18 45	0 17	6 45	11 43	28,1	+06 36 22	59,8997		
19 S	19 55	1 03	7 09	12 32	01,2	+00 34 57	59,3000		
20 D	21 06	1 50	7 35	13 21	20,8	-05 34 44	58,8004		
21 L	22 19	2 39	8 02	14 12	23,8	-11 33 39	58,4183		
22 M	23 34	3 30	8 34	15 06	03,4	-17 00 46	58,1580		
23 M	** **	4 26	9 12	16 02	55,9	-21 33 47	58,0121		
24 J	0 48	5 25	9 59	17 03	02,2	-24 50 55	57,9675		
25 V	1 57	6 26	10 56	18 05	32,1	-26 34 10	58,0097		
26 S	2 58	7 28	12 01	19 08	46,3	-26 33 42	58,1282		
27 D	3 48	8 28	13 12	20 10	46,9	-24 50 40	58,3181		
28 L	4 29	9 24	14 25	21 10	00,1	-21 36 49	58,5806		
29 M	5 03	10 16	15 38	22 05	42,6	-17 10 55	58,9198		
30 M	5 31	11 05	16 47	22 58	00,4	-11 54 20	59,3387		
31 J	5 56	11 51	17 55	23 47	31,7	-06 08 01	59,8352		

Luna nueva	02 <sup>d</sup> 17 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup>
Cuarto creciente	10 <sup>d</sup> 10 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup>
Luna llena	18 <sup>d</sup> 07 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	25 <sup>d</sup> 05 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup>

Apogeo	10 <sup>d</sup> 23 <sup>h</sup>
Perigeo	23 <sup>d</sup> 24 <sup>h</sup>

## LUNA Abril 2022

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	6 20	12 35	19 01	00 35 09,9	-00 10 58	60,3974	
2 S	6 43	13 19	20 06	01 21 51,3	+05 40 02	61,0028	
3 D	7 07	14 03	21 10	02 08 29,1	+11 10 17	61,6189	
4 L	7 34	14 49	22 14	02 55 48,4	+16 06 51	62,2051	
5 M	8 04	15 36	23 17	03 44 22,7	+20 18 14	62,7176	
6 M	8 39	16 25	** **	04 34 29,0	+23 34 17	63,1130	
7 J	9 20	17 15	0 17	05 26 04,1	+25 46 28	63,3539	
8 V	10 08	18 06	1 12	06 18 43,8	+26 48 27	63,4121	
9 S	11 03	18 56	2 02	07 11 47,6	+26 36 48	63,2718	
10 D	12 02	19 46	2 44	08 04 30,6	+25 11 25	62,9319	
11 L	13 06	20 34	3 21	08 56 16,1	+22 35 29	62,4073	
12 M	14 11	21 21	3 52	09 46 46,5	+18 55 02	61,7292	
13 M	15 18	22 07	4 20	10 36 06,3	+14 18 19	60,9430	
14 J	16 25	22 53	4 46	11 24 40,8	+08 55 34	60,1066	
15 V	17 35	23 40	5 10	12 13 11,6	+02 59 18	59,2850	
16 S	18 46	** **	5 35	13 02 32,1	-03 15 13	58,5428	
17 D	20 01	0 29	6 02	13 53 41,7	-09 29 15	57,9377	
18 L	21 18	1 21	6 32	14 47 37,8	-15 20 26	57,5113	
19 M	22 35	2 17	7 09	15 45 02,0	-20 23 31	57,2852	
20 M	23 49	3 17	7 54	16 45 59,0	-24 12 46	57,2575	
21 J	** **	4 19	8 48	17 49 36,5	-26 26 27	57,4081	
22 V	0 54	5 22	9 52	18 54 05,1	-26 52 18	57,7027	
23 S	1 48	6 23	11 03	19 57 11,9	-25 31 00	58,1028	
24 D	2 31	7 20	12 16	20 57 10,9	-22 35 17	58,5724	
25 L	3 06	8 13	13 27	21 53 14,9	-18 24 58	59,0818	
26 M	3 35	9 02	14 37	22 45 31,8	-13 21 43	59,6112	
27 M	4 01	9 47	15 44	23 34 45,1	-07 45 47	60,1483	
28 J	4 24	10 31	16 49	00 21 53,3	-01 54 57	60,6868	
29 V	4 47	11 15	17 53	01 07 57,6	+03 55 10	61,2207	
30 S	5 10	11 58	18 58	01 53 55,1	+09 30 32	61,7425	

Luna nueva	01 <sup>d</sup> 06 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup>
Cuarto creciente	09 <sup>d</sup> 06 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup>
Luna llena	16 <sup>d</sup> 18 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	23 <sup>d</sup> 11 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup>
Luna nueva	30 <sup>d</sup> 20 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup>

Apogeo	7 <sup>d</sup> 19 <sup>h</sup>
Perigeo	19 <sup>d</sup> 15 <sup>h</sup>

## LUNA Mayo 2022

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU						
	Orto <i>h m</i>	Culm. <i>h m</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>			Declinación <i>° ' "</i>			Distan. $\mathcal{R}_{\oplus}$
1 D	5 35	12 43	20 01	02 40	35,0	+14 38	08	62,2396		
2 L	6 04	13 29	21 05	03 28	34,3	+19 05	39	62,6927		
3 M	6 37	14 17	22 06	04 18	13,2	+22 41	41	63,0774		
4 M	7 15	15 07	23 04	05 09	30,4	+25 16	13	63,3644		
5 J	8 01	15 58	23 56	06 02	01,2	+26 41	39	63,5242		
6 V	8 53	16 49	** **	06 55	01,6	+26 53	43	63,5293		
7 S	9 50	17 38	0 41	07 47	41,3	+25 51	59	63,3588		
8 D	10 51	18 26	1 20	08 39	17,7	+23 39	45	63,0016		
9 L	11 55	19 13	1 52	09 29	28,6	+20 23	02	62,4593		
10 M	12 59	19 58	2 21	10 18	16,0	+16 09	34	61,7493		
11 M	14 05	20 43	2 46	11 06	04,5	+11 08	15	60,9061		
12 J	15 13	21 29	3 11	11 53	36,5	+05 29	11	59,9804		
13 V	16 22	22 16	3 35	12 41	47,9	-00 35	35	59,0375		
14 S	17 35	23 07	4 00	13 31	43,4	-06 50	42	58,1523		
15 D	18 52	** **	4 28	14 24	30,6	-12 56	19	57,4006		
16 L	20 11	0 01	5 02	15 21	08,0	-18 27	29	56,8487		
17 M	21 30	1 01	5 44	16 22	03,1	-22 55	28	56,5436		
18 M	22 42	2 04	6 36	17 26	42,5	-25 52	11	56,5037		
19 J	23 42	3 10	7 39	18 33	17,1	-26 57	39	56,7181		
20 V	** **	4 14	8 50	19 39	07,7	-26 06	53	57,1494		
21 S	0 31	5 14	10 04	20 41	49,9	-23 31	11	57,7433		
22 D	1 09	6 10	11 18	21 40	06,1	-19 32	36	58,4394		
23 L	1 40	7 00	12 29	22 33	52,4	-14 36	07	59,1813		
24 M	2 06	7 47	13 36	23 23	53,0	-09 04	32	59,9220		
25 M	2 30	8 31	14 42	00 11	13,4	-03 16	42	60,6280		
26 J	2 52	9 14	15 45	00 57	02,7	+02 32	01	61,2779		
27 V	3 15	9 56	16 49	01 42	25,9	+08 08	33	61,8605		
28 S	3 39	10 40	17 52	02 28	19,4	+13 20	55	62,3711		
29 D	4 06	11 25	18 55	03 15	27,9	+17 57	34	62,8074		
30 L	4 37	12 13	19 57	04 04	19,8	+21 47	06	63,1660		
31 M	5 13	13 02	20 56	04 55	01,2	+24 38	50	63,4404		

Cuarto creciente	09 <sup>d</sup> 00 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup>
Luna llena	16 <sup>d</sup> 04 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	22 <sup>d</sup> 18 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup>
Luna nueva	30 <sup>d</sup> 11 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup>

Apogeo	5 <sup>d</sup> 13 <sup>h</sup>
Perigeo	17 <sup>d</sup> 16 <sup>h</sup>

## LUNA Junio 2022

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU						
	Orto	Culm.	Ocaso	Asc. recta			Declinación			Distan. $\mathcal{R}_{\oplus}$
	<i>h m</i>	<i>h m</i>	<i>h m</i>	<i>h m s</i>	$^{\circ}$	$'$	$''$			
1 M	5 56	13 52	21 50	05 47	12,4	+26	23	50	63,6192	
2 J	6 46	14 43	22 38	06 40	09,7	+26	56	19	63,6877	
3 V	7 41	15 33	23 19	07 32	56,9	+26	14	46	63,6283	
4 S	8 41	16 21	23 53	08 24	42,1	+24	22	01	63,4243	
5 D	9 43	17 08	** **	09 14	52,4	+21	24	21	63,0616	
6 L	10 46	17 53	0 23	10 03	21,3	+17	30	03	62,5348	
7 M	11 50	18 37	0 49	10 50	27,9	+12	48	16	61,8490	
8 M	12 55	19 20	1 12	11 36	51,3	+07	28	29	61,0237	
9 J	14 01	20 05	1 35	12 23	25,9	+01	40	56	60,0953	
10 V	15 11	20 53	1 59	13 11	17,2	-04	22	22	59,1180	
11 S	16 25	21 44	2 25	14 01	38,1	-10	25	59	58,1601	
12 D	17 42	22 41	2 56	14 55	41,6	-16	09	26	57,3009	
13 L	19 01	23 43	3 33	15 54	23,8	-21	06	22	56,6198	
14 M	20 18	** **	4 20	16 57	54,0	-24	46	38	56,1847	
15 M	21 26	0 49	5 18	18 05	01,0	-26	42	21	56,0395	
16 J	22 22	1 56	6 28	19 13	10,3	-26	37	31	56,1953	
17 V	23 06	3 01	7 44	20 19	18,4	-24	34	57	56,6285	
18 S	23 41	4 00	9 02	21 21	12,1	-20	54	25	57,2866	
19 D	** **	4 54	10 16	22 18	06,5	-16	03	55	58,0998	
20 L	0 10	5 43	11 27	23 10	28,7	-10	31	06	58,9932	
21 M	0 35	6 29	12 34	23 59	22,6	-04	38	54	59,8981	
22 M	0 57	7 13	13 39	00 46	03,0	+01	15	01	60,7584	
23 J	1 20	7 56	14 42	01 31	42,1	+06	56	48	61,5338	
24 V	1 43	8 39	15 45	02 17	24,1	+12	14	59	62,1999	
25 S	2 09	9 23	16 48	03 04	01,8	+16	58	59	62,7448	
26 D	2 39	10 10	17 50	03 52	13,0	+20	58	23	63,1672	
27 L	3 13	10 58	18 50	04 42	14,2	+24	02	57	63,4705	
28 M	3 54	11 48	19 46	05 33	56,3	+26	03	26	63,6604	
29 M	4 41	12 39	20 35	06 26	42,9	+26	52	56	63,7423	
30 J	5 35	13 29	21 18	07 19	38,6	+26	28	26	63,7172	

Cuarto creciente	07 <sup>d</sup> 14 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup>
Luna llena	14 <sup>d</sup> 11 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	21 <sup>d</sup> 03 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup>
Luna nueva	29 <sup>d</sup> 02 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup>

Apogeo	2 <sup>d</sup> 01 <sup>h</sup>
Perigeo	14 <sup>d</sup> 24 <sup>h</sup>
Apogeo	29 <sup>d</sup> 06 <sup>h</sup>

## LUNA Julio 2022

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 V	6 34	14 18	21 54	08 11	45,2	+24 51	33	63,5830		
2 S	7 36	15 05	22 25	09 02	18,9	+22 08	05	63,3347		
3 D	8 38	15 50	22 52	09 51	01,7	+18 26	43	62,9643		
4 L	9 41	16 34	23 16	10 38	02,5	+13 57	25	62,4666		
5 M	10 44	17 17	23 39	11 23	53,0	+08 50	29	61,8408		
6 M	11 48	18 00	** **	12 09	21,4	+03 16	13	61,0952		
7 J	12 54	18 45	0 01	12 55	28,6	-02 34	27	60,2501		
8 V	14 04	19 32	0 25	13 43	24,6	-08 28	47	59,3420		
9 S	15 17	20 25	0 52	14 34	24,4	-14 10	39	58,4230		
10 D	16 34	21 23	1 25	15 29	38,2	-19 19	00	57,5599		
11 L	17 51	22 26	2 06	16 29	49,8	-23 27	29	56,8274		
12 M	19 03	23 33	2 58	17 34	42,8	-26 07	16	56,2996		
13 M	20 06	** **	4 02	18 42	33,2	-26 54	23	56,0367		
14 J	20 57	0 40	5 17	19 50	26,1	-25 39	25	56,0724		
15 V	21 37	1 43	6 36	20 55	27,2	-22 32	17	56,4071		
16 S	22 09	2 41	7 54	21 55	53,9	-17 57	56	57,0066		
17 D	22 36	3 34	9 09	22 51	31,0	-12 26	47	57,8094		
18 L	23 00	4 23	10 20	23 43	03,1	-06 26	56	58,7385		
19 M	23 23	5 09	11 28	00 31	40,0	-00 20	57	59,7139		
20 M	23 47	5 53	12 33	01 18	36,2	+05 34	05	60,6634		
21 J	** **	6 37	13 37	02 05	00,7	+11 05	06	61,5284		
22 V	0 12	7 21	14 41	02 51	51,9	+16 01	18	62,2675		
23 S	0 40	8 07	15 43	03 39	54,5	+20 12	56	62,8566		
24 D	1 13	8 55	16 44	04 29	34,6	+23 30	39	63,2859		
25 L	1 52	9 45	17 41	05 20	53,7	+25 45	42	63,5577		
26 M	2 37	10 35	18 32	06 13	26,8	+26 51	02	63,6830		
27 M	3 30	11 26	19 17	07 06	26,1	+26 42	39	63,6762		
28 J	4 27	12 15	19 56	07 58	54,5	+25 20	44	63,5535		
29 V	5 29	13 03	20 28	08 50	02,9	+22 49	55	63,3293		
30 S	6 31	13 49	20 56	09 39	23,6	+19 18	19	63,0140		
31 D	7 34	14 33	21 20	10 26	55,1	+14 56	13	62,6141		

Cuarto creciente	07 <sup>d</sup> 02 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup>
Luna llena	13 <sup>d</sup> 18 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	20 <sup>d</sup> 14 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup>
Luna nueva	28 <sup>d</sup> 17 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup>

Perigeo	13 <sup>d</sup> 09 <sup>h</sup>
Apogeo	26 <sup>d</sup> 11 <sup>h</sup>

## LUNA Agosto 2022

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	8 38	15 16	21 43	11 12 59,6	+09	54	46	62,1324	
2 M	9 41	15 58	22 05	11 58 17,6	+04	25	23	61,5709	
3 M	10 45	16 42	22 28	12 43 42,4	-01	20	22	60,9329	
4 J	11 52	17 27	22 53	13 30 16,9	-07	10	02	60,2283	
5 V	13 02	18 16	23 22	14 19 10,2	-12	49	15	59,4754	
6 S	14 15	19 10	23 58	15 11 31,0	-18	00	30	58,7056	
7 D	15 30	20 09	** **	16 08 14,5	-22	22	05	57,9637	
8 L	16 43	21 12	0 43	17 09 36,8	-25	29	02	57,3056	
9 M	17 48	22 18	1 40	18 14 46,4	-26	57	06	56,7936	
10 M	18 44	23 23	2 50	19 21 35,6	-26	30	10	56,4861	
11 J	19 28	** **	4 07	20 27 19,5	-24	07	25	56,4284	
12 V	20 04	0 24	5 26	21 29 44,8	-20	04	38	56,6404	
13 S	20 34	1 20	6 44	22 27 52,7	-14	48	30	57,1133	
14 D	21 00	2 11	7 59	23 21 54,2	-08	48	34	57,8071	
15 L	21 24	3 00	9 10	00 12 41,7	-02	31	35	58,6601	
16 M	21 48	3 46	10 18	01 01 22,7	+03	40	42	59,5974	
17 M	22 13	4 31	11 24	01 49 04,7	+09	31	29	60,5428	
18 J	22 41	5 16	12 30	02 36 47,4	+14	47	40	61,4271	
19 V	23 12	6 02	13 34	03 25 18,5	+19	18	29	62,1948	
20 S	23 49	6 50	14 36	04 15 08,6	+22	54	37	62,8065	
21 D	** **	7 39	15 35	05 06 26,5	+25	27	48	63,2397	
22 L	0 32	8 30	16 28	05 58 56,1	+26	51	22	63,4881	
23 M	1 22	9 21	17 15	06 51 58,8	+27	01	07	63,5582	
24 M	2 19	10 11	17 56	07 44 43,6	+25	56	28	63,4679	
25 J	3 19	10 59	18 30	08 36 22,4	+23	40	45	63,2415	
26 V	4 22	11 46	18 59	09 26 23,8	+20	20	52	62,9068	
27 S	5 26	12 31	19 25	10 14 39,9	+16	06	22	62,4915	
28 D	6 30	13 15	19 48	11 01 25,8	+11	08	22	62,0200	
29 L	7 34	13 57	20 10	11 47 14,9	+05	38	52	61,5115	
30 M	8 39	14 41	20 33	12 32 54,0	-00	09	30	60,9793	
31 M	9 45	15 26	20 57	13 19 18,9	-06	03	14	60,4324	

Cuarto creciente	05 <sup>d</sup> 11 <sup>h</sup> 07 <sup>m</sup>
Luna llena	12 <sup>d</sup> 01 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	19 <sup>d</sup> 04 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup>
Luna nueva	27 <sup>d</sup> 08 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup>

Perigeo	10 <sup>d</sup> 17 <sup>h</sup>
Apogeo	22 <sup>d</sup> 22 <sup>h</sup>

## LUNA Setiembre 2022

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	10 54	16 13	21 25	14 07 31,5	-11 47 29	59,8767			
2 V	12 05	17 05	21 57	14 58 33,7	-17 05 15	59,3194			
3 S	13 18	18 00	22 38	15 53 17,6	-21 36 55	58,7720			
4 D	14 30	19 01	23 29	16 52 06,9	-25 00 39	58,2546			
5 L	15 36	20 04	** **	17 54 33,7	-26 54 53	57,7958			
6 M	16 34	21 07	0 31	18 59 07,1	-27 03 19	57,4330			
7 M	17 21	22 08	1 43	20 03 32,8	-25 20 39	57,2069			
8 J	18 00	23 05	3 01	21 05 44,2	-21 55 21	57,1557			
9 V	18 32	23 56	4 19	22 04 27,1	-17 07 13	57,3061			
10 S	18 59	** **	5 34	22 59 30,3	-11 21 58	57,6659			
11 D	19 24	0 48	6 47	23 51 27,9	-05 06 01	58,2201			
12 L	19 48	1 35	7 58	00 41 16,5	+01 16 45	58,9317			
13 M	20 13	2 21	9 06	01 29 57,9	+07 26 04	59,7458			
14 M	20 39	3 07	10 13	02 18 29,7	+13 05 23	60,5977			
15 J	21 10	3 54	11 20	03 07 38,9	+18 01 11	61,4205			
16 V	21 45	4 42	12 24	03 57 56,8	+22 02 21	62,1532			
17 S	22 26	5 32	13 25	04 49 34,1	+24 59 49	62,7459			
18 D	23 14	6 23	14 22	05 42 17,9	+26 46 42	63,1632			
19 L	** **	7 14	15 11	06 35 33,9	+27 18 53	63,3851			
20 M	0 08	8 04	15 54	07 28 35,0	+26 35 35	63,4083			
21 M	1 07	8 53	16 30	08 20 35,5	+24 39 37	63,2437			
22 J	2 10	9 41	17 01	09 11 04,5	+21 36 56	62,9155			
23 V	3 14	10 26	17 28	09 59 52,8	+17 35 52	62,4579			
24 S	4 18	11 11	17 52	10 47 12,9	+12 46 24	61,9112			
25 D	5 23	11 54	18 14	11 33 35,6	+07 19 49	61,3180			
26 L	6 28	12 38	18 37	12 19 44,6	+01 28 35	60,7178			
27 M	7 35	13 23	19 01	13 06 32,9	-04 33 15	60,1446			
28 M	8 44	14 10	19 27	13 54 58,6	-10 29 43	59,6225			
29 J	9 56	15 01	19 59	14 45 59,6	-16 02 33	59,1658			
30 V	11 09	15 56	20 37	15 40 23,6	-20 51 13	58,7797			

Cuarto creciente	03 <sup>d</sup> 18 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup>
Luna llena	10 <sup>d</sup> 09 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	17 <sup>d</sup> 21 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup>
Luna nueva	25 <sup>d</sup> 21 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup>

Perigeo	7 <sup>d</sup> 18 <sup>h</sup>
Apogeo	19 <sup>d</sup> 15 <sup>h</sup>

## LUNA Octubre 2022

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU					
	Orto <i>h m</i>	Culm. <i>h m</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>			Declinación <i>° ' "</i>		
1 S	12 22	16 55	21 24	16 38	31,7	-24 33	46	58,4640	
2 D	13 30	17 56	22 22	17 39	58,6	-26 49	25	58,2164	
3 L	14 29	18 58	23 30	18 43	22,2	-27 22	51	58,0374	
4 M	15 19	19 59	** **	19 46	41,5	-26 08	44	57,9328	
5 M	15 59	20 56	0 44	20 48	00,4	-23 13	36	57,9147	
6 J	16 32	21 49	2 00	21 46	07,5	-18 53	52	57,9996	
7 V	17 00	22 38	3 14	22 40	48,7	-13 31	21	58,2035	
8 S	17 25	23 26	4 27	23 32	33,4	-07 29	18	58,5370	
9 D	17 49	** **	5 37	00 22	14,3	-01 09	58	58,9997	
10 L	18 13	0 12	6 46	01 10	51,1	+05 06	20	59,5772	
11 M	18 38	0 58	7 55	01 59	21,1	+11 01	33	60,2400	
12 M	19 07	1 44	9 02	02 48	32,2	+16 19	46	60,9458	
13 J	19 40	2 33	10 09	03 38	57,0	+20 47	14	61,6440	
14 V	20 19	3 22	11 12	04 30	47,5	+24 12	33	62,2815	
15 S	21 05	4 13	12 12	05 23	50,6	+26 27	08	62,8076	
16 D	21 57	5 05	13 05	06 17	30,3	+27 25	50	63,1799	
17 L	22 54	5 56	13 50	07 10	56,4	+27 07	33	63,3675	
18 M	23 55	6 46	14 29	08 03	19,8	+25 35	01	63,3530	
19 M	** **	7 33	15 01	08 54	07,0	+22 54	09	63,1355	
20 J	0 58	8 19	15 29	09 43	07,5	+19 12	49	62,7291	
21 V	2 02	9 04	15 54	10 30	33,9	+14 40	01	62,1640	
22 S	3 06	9 47	16 17	11 16	57,8	+09 25	33	61,4831	
23 D	4 11	10 31	16 39	12 03	04,3	+03 40	13	60,7394	
24 L	5 18	11 16	17 03	12 49	48,3	-02 23	25	59,9902	
25 M	6 28	12 03	17 29	13 38	10,6	-08 30	07	59,2927	
26 M	7 40	12 53	17 58	14 29	12,6	-14 21	14	58,6953	
27 J	8 55	13 48	18 35	15 23	46,9	-19 34	31	58,2337	
28 V	10 11	14 47	19 20	16 22	18,9	-23 45	18	57,9253	
29 S	11 22	15 50	20 15	17 24	24,4	-26 29	45	57,7712	
30 D	12 25	16 53	21 21	18 28	36,0	-27 30	04	57,7571	
31 L	13 18	17 54	22 34	19 32	41,3	-26 39	54	57,8605	

Cuarto creciente	03 <sup>d</sup> 00 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup>
Luna llena	09 <sup>d</sup> 20 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	17 <sup>d</sup> 17 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>
Luna nueva	25 <sup>d</sup> 10 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup>

Perigeo	4 <sup>d</sup> 17 <sup>h</sup>
Apogeo	17 <sup>d</sup> 10 <sup>h</sup>
Perigeo	29 <sup>d</sup> 14 <sup>h</sup>

## LUNA Noviembre 2022

Día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			Declinación ° ' "	Distan. $R_{\oplus}$
	Orto h m	Culm. h m	Ocaso h m	Asc. recta h m s				
1 M	14 00	18 51	23 48	20 34	31,9	-24 06	12	58,0571
2 M	14 35	19 44	** **	21 32	49,6	-20 06	09	58,3257
3 J	15 03	20 34	1 02	22 27	19,9	-15 01	40	58,6514
4 V	15 28	21 21	2 14	23 18	35,7	-09 14	54	59,0279
5 S	15 52	22 06	3 23	00 07	34,1	-03 06	20	59,4524
6 D	16 15	22 51	4 31	00 55	20,0	+03 05	39	59,9243
7 L	16 40	23 37	5 39	01 42	55,7	+09 04	18	60,4403
8 M	17 07	** **	6 46	02 31	15,0	+14 33	57	60,9904
9 M	17 38	0 24	7 53	03 20	57,2	+19 19	56	61,5556
10 J	18 14	1 13	8 58	04 12	20,7	+23 09	01	62,1084
11 V	18 57	2 04	10 00	05 05	17,1	+25 50	12	62,6146
12 S	19 47	2 56	10 56	05 59	10,1	+27 16	02	63,0356
13 D	20 42	3 47	11 45	06 53	03,7	+27 23	44	63,3330
14 L	21 42	4 38	12 26	07 45	58,9	+26 15	20	63,4730
15 M	22 44	5 26	13 01	08 37	11,4	+23 56	51	63,4292
16 M	23 46	6 12	13 30	09 26	23,0	+20 36	39	63,1876
17 J	** **	6 57	13 55	10 13	41,9	+16 23	59	62,7483
18 V	0 49	7 40	14 19	10 59	38,9	+11 28	10	62,1277
19 S	1 53	8 22	14 41	11 45	00,3	+05 58	34	61,3593
20 D	2 58	9 06	15 03	12 30	43,6	+00 05	21	60,4929
21 L	4 05	9 51	15 28	13 17	54,2	-05 59	09	59,5913
22 M	5 16	10 40	15 55	14 07	42,1	-11 59	01	58,7267
23 M	6 31	11 34	16 29	15 01	13,6	-17 33	31	57,9708
24 J	7 49	12 32	17 11	15 59	15,4	-22 16	53	57,3870
25 V	9 05	13 36	18 04	17 01	45,9	-25 40	55	57,0199
26 S	10 14	14 41	19 08	18 07	28,7	-27 20	58	56,8888
27 D	11 13	15 45	20 21	19 13	56,9	-27 04	02	56,9864
28 L	12 00	16 46	21 37	20 18	25,8	-24 53	48	57,2814
29 M	12 37	17 41	22 53	21 19	01,1	-21 08	24	57,7287
30 M	13 07	18 32	** **	22 15	07,5	-16 12	57	58,2769

Cuarto creciente	01 <sup>d</sup> 06 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup>
Luna llena	08 <sup>d</sup> 11 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	16 <sup>d</sup> 13 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup>
Luna nueva	23 <sup>d</sup> 22 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup>
Cuarto creciente	30 <sup>d</sup> 14 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup>

Apogeo	14 <sup>d</sup> 07 <sup>h</sup>
Perigeo	26 <sup>d</sup> 01 <sup>h</sup>

## LUNA Diciembre 2022

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	13 33	19 19	0 06	23 07 13,9	-10 32 40	58,8794			
2 V	13 57	20 04	1 15	23 56 22,4	-04 29 26	59,4986			
3 S	14 20	20 48	2 22	00 43 45,5	+01 38 33	60,1087			
4 D	14 43	21 33	3 29	01 30 33,9	+07 35 48	60,6941			
5 L	15 09	22 19	4 35	02 17 49,9	+13 08 20	61,2481			
6 M	15 38	23 07	5 41	03 06 22,7	+18 02 47	61,7672			
7 M	16 12	23 57	6 46	03 56 42,3	+22 06 11	62,2475			
8 J	16 52	** **	7 49	04 48 52,2	+25 06 42	62,6821			
9 V	17 40	0 48	8 47	05 42 25,0	+26 54 57	63,0584			
10 S	18 33	1 40	9 39	06 36 26,2	+27 25 46	63,3576			
11 D	19 32	2 31	10 23	07 29 49,4	+26 39 14	63,5565			
12 L	20 33	3 20	11 00	08 21 37,0	+24 40 28	63,6300			
13 M	21 34	4 07	11 31	09 11 16,0	+21 38 02	63,5530			
14 M	22 36	4 51	11 57	09 58 43,6	+17 42 05	63,3063			
15 J	23 38	5 34	12 21	10 44 23,1	+13 02 47	62,8782			
16 V	** **	6 16	12 43	11 28 56,8	+07 49 44	62,2703			
17 S	0 40	6 58	13 04	12 13 20,0	+02 12 11	61,4991			
18 D	1 45	7 41	13 27	12 58 38,1	-03 39 51	60,5989			
19 L	2 52	8 27	13 52	13 46 03,5	-09 34 10	59,6225			
20 M	4 04	9 17	14 22	14 36 52,4	-15 14 33	58,6385			
21 M	5 19	10 12	14 59	15 32 14,0	-20 19 09	57,7273			
22 J	6 37	11 14	15 47	16 32 46,2	-24 20 30	56,9711			
23 V	7 52	12 19	16 47	17 38 00,8	-26 49 08	56,4420			
24 S	8 57	13 27	17 58	18 45 58,0	-27 21 50	56,1908			
25 D	9 51	14 31	19 16	19 53 33,5	-25 51 16	56,2351			
26 L	10 34	15 31	20 36	20 57 56,9	-22 29 45	56,5588			
27 M	11 08	16 26	21 53	21 57 38,6	-17 43 20	57,1152			
28 M	11 36	17 16	23 05	22 52 36,7	-12 02 08	57,8383			
29 J	12 01	18 02	** **	23 43 44,5	-05 53 19	58,6568			
30 V	12 25	18 47	0 15	00 32 17,2	+00 21 19	59,5036			
31 S	12 48	19 32	1 22	01 19 32,0	+06 24 46	60,3247			

Luna llena	08 <sup>d</sup> 04 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup>
Cuarto menguante	16 <sup>d</sup> 08 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup>
Luna nueva	23 <sup>d</sup> 10 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup>
Cuarto creciente	30 <sup>d</sup> 01 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>

Apogeo	12 <sup>d</sup> 00 <sup>h</sup>
Perigeo	24 <sup>d</sup> 08 <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**

$\delta_{\parallel}$ ( $^{\circ}$ )	Latitud, $\phi$										
	28 $^{\circ}$	32 $^{\circ}$	36 $^{\circ}$	37 $^{\circ}$	38 $^{\circ}$	39 $^{\circ}$	40 $^{\circ}$	41 $^{\circ}$	42 $^{\circ}$	43 $^{\circ}$	44 $^{\circ}$
-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 $^{\circ}$  en declinación en la tabla anterior. El paralelo 28 $^{\circ}$  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 Ceuta (latitud  $36^{\circ}0'$ ) el día 23 de junio, en que su declinación media es de  $+10^{\circ}$  y el horario oficial es el de verano:

$$\begin{aligned}\text{orto} &= 1^{\text{h}}20^{\text{m}} + (+6)^{\text{m}} + (+5^{\text{m}}) = 1^{\text{h}}31^{\text{m}} \text{ TU} = 3^{\text{h}}31^{\text{m}} \text{ TO} \\ \text{ocaso} &= 14^{\text{h}}42^{\text{m}} + (+6)^{\text{m}} - (+5^{\text{m}}) = 14^{\text{h}}43^{\text{m}} \text{ TU} = 16^{\text{h}}43^{\text{m}} \text{ TO}\end{aligned}$$

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

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

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						
55	0	14	59	62,507	398 679	59	0	16	5	58,270	371 653
55	10	15	2	62,318	397 475	59	10	16	7	58,106	370 606
55	20	15	5	62,131	396 278	59	20	16	10	57,942	369 565
55	30	15	7	61,944	395 088	59	30	16	13	57,780	368 530
55	40	15	10	61,759	393 905	59	40	16	15	57,619	367 501
55	50	15	13	61,574	392 729	59	50	16	18	57,458	366 477
56	0	15	16	61,391	391 561	60	0	16	21	57,299	365 459
56	10	15	18	61,209	390 399	60	10	16	24	57,140	364 447
56	20	15	21	61,028	389 244	60	20	16	26	56,982	363 440
56	30	15	24	60,848	388 096	60	30	16	29	56,825	362 439
56	40	15	26	60,669	386 955	60	40	16	32	56,669	361 443
56	50	15	29	60,491	385 820	60	50	16	35	56,514	360 453
57	0	15	32	60,314	384 692	61	0	16	37	56,359	359 469
57	10	15	35	60,138	383 570	61	10	16	40	56,206	358 489
57	20	15	37	59,963	382 455	61	20	16	43	56,053	357 515
57	30	15	40	59,790	381 347	61	30	16	45	55,901	356 546
57	40	15	43	59,617	380 245	61	40	16	48	55,750	355 583
57	50	15	46	59,445	379 149	61	50	16	51	55,600	354 624

Se denomina paralaje ecuatorial horizontal  $\pi_0$  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 2022

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 18 34	Ene	09 18 11	Ene	17 23 48	Ene	25 13 41
Feb	01 05 46	Feb	08 13 50	Feb	16 16 57	Feb	23 22 32
Mar	02 17 35	Mar	10 10 45	Mar	18 07 18	Mar	25 05 37
Abr	01 06 24	Abr	09 06 48	Abr	16 18 55	Abr	23 11 56
Abr	30 20 28	May	09 00 21	May	16 04 14	May	22 18 43
May	30 11 30	Jun	07 14 49	Jun	14 11 52	Jun	21 03 11
Jun	29 02 52	Jul	07 02 14	Jul	13 18 38	Jul	20 14 19
Jul	28 17 55	Ago	05 11 07	Ago	12 01 36	Ago	19 04 36
Ago	27 08 17	Set	03 18 08	Set	10 09 59	Set	17 21 52
Set	25 21 55	Oct	03 00 14	Oct	09 20 55	Oct	17 17 15
Oct	25 10 49	Nov	01 06 37	Nov	08 11 02	Nov	16 13 27
Nov	23 22 57	Nov	30 14 37	Dic	08 04 08	Dic	16 08 56
Dic	23 10 17	Dic	30 01 21				

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
mes	día	h	km	mes	día	h	km
Ene	1	23	358025	Ene	14	9	405831
Ene	30	7	362236	Feb	11	3	404932
Feb	26	22	367761	Mar	10	23	404308
Mar	23	24	369725	Abr	7	19	404477
Abr	19	15	365121	May	5	13	405317
May	17	16	360286	Jun	2	1	406211
Jun	14	24	357428	Jun	29	6	406581
Jul	13	9	357267	Jul	26	11	406257
Ago	10	17	359840	Ago	22	22	405387
Set	7	18	364513	Set	19	15	404518
Oct	4	17	369359	Oct	17	10	404288
Oct	29	14	368320	Nov	14	7	404885
Nov	26	1	362843	Dic	12	0	405842
Dic	24	8	358278				

# 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:	$1 \mathcal{R}_{\oplus} = 6\,378,1366 \text{ km}$ (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, <i>a</i>		excentri- cidad, <i>e</i>	distancias (ua)	
	ua	10 <sup>6</sup> 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 <i>P</i> (años)	movimiento medio diario <i>n</i>	velocidad orbital media <i>V</i> (km/s)	periodo sinódico medio (días)
Mercurio	0,240844	4°092377	47,873	115,878
Venus	0,615183	1°602169	35,021	583,921
Tierra	0,999979	0°985647	29,786	
Marte	1,880711	0°524071	24,131	779,936
Júpiter	11,856525	0°083129	13,070	398,884
Saturno	29,423519	0°033498	9,672	378,092
Urano	83,747407	0°011769	6,835	369,656
Neptuno	163,723204	0°006020	5,478	367,487

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

**Otros datos referidos a la órbita**

Planeta	distancia a la Tierra (10 <sup>6</sup> 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 <sup>s</sup>	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 ecuatorial en $\mathcal{R}_{\oplus}$	diámetro ecuatorial 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	= ecuatorial	$\sim 0$	6''73	0,0562
Venus	0,949	12 103,6	= ecuatorial	$\sim 0$	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:  $f = 1 - D_{\text{polar}}/D_{\text{ecuatorial}}$ .

Planeta	Masa			
	masa, $M_p$ ( $M_{\oplus}$ )	densidad media ( $\text{g cm}^{-3}$ )	gravedad superf. ecu. ( $\text{m s}^{-2}$ )	constante gravit., $GM_p$ ( $10^{15} \text{m}^3 \text{s}^{-2}$ )
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 ( $I/M_p R_p^2$ )	$J_2$ ( $10^{-6}$ )	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,  $R_p$  y  $M_p$  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

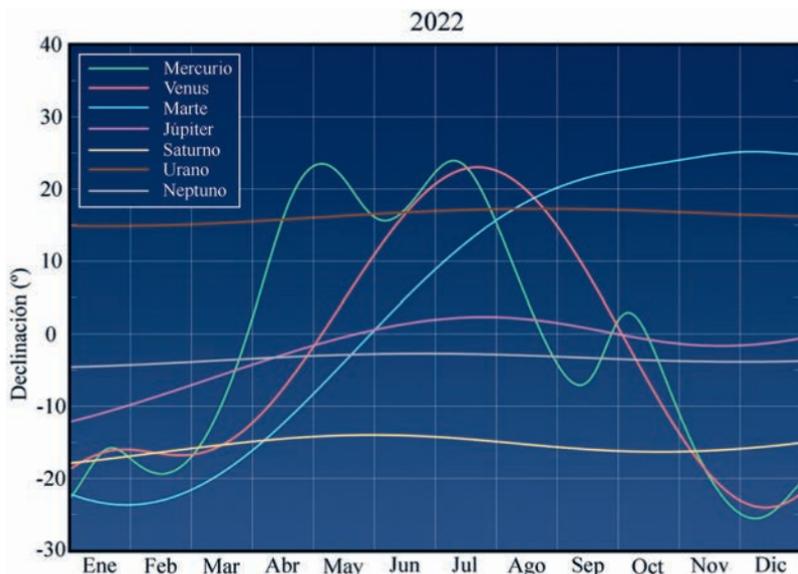
$R_p$  el radio ecuatorial del planeta. Equivalencia: 1 G (gauss) =  $10^{-4}$  T (tesla).

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.



## Efemérides para observaciones físicas

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

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

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

$\tau$  es la distancia planeta–Tierra en tiempo luz, expresada en minutos.

Se relaciona con la distancia expresada en unidades astronómicas mediante:  $distancia$  (en ua) = 0,12024  $distancia$  (en minutos-luz).

$D_{ecu}$  es el diámetro ecuatorial, expresado en segundos de arco. Para un

achatamiento  $f$ , el diámetro polar se calcula mediante:

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

#### BRILLO:

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

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

#### ILUMINACIÓN:

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

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

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

#### ORIENTACIÓN:

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

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

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

## MERCURIO 2022

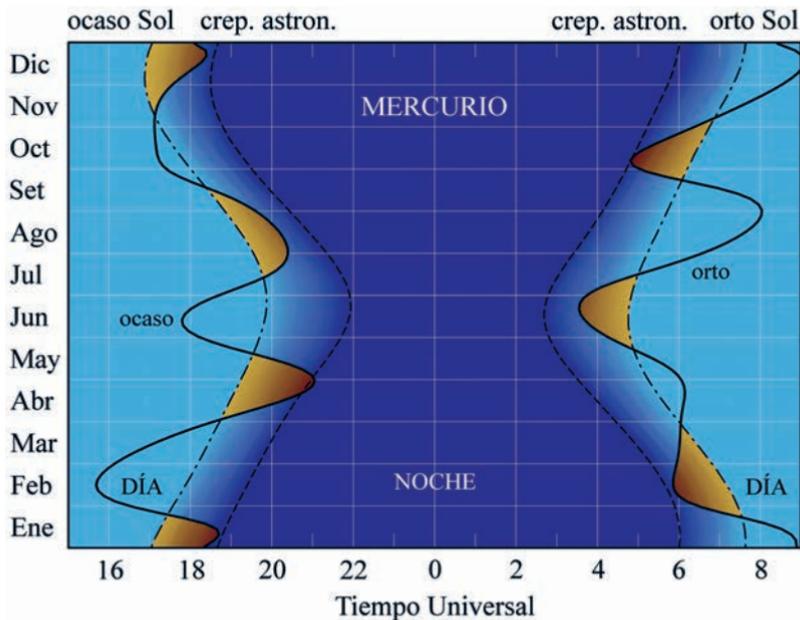
Mes	día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			Distancia ua
		Orto <i>h m</i>	Culm. <i>h m</i>	Ocaso <i>h m</i>	Asc. recta <i>h m s</i>	Declinación <i>° ' "</i>		
Ene.	1	8 53	13 36	18 19	20 2 43	-22 18 26	1,1415	
	11	8 39	13 38	18 38	20 46 49	-18 0 56	0,8910	
	21	7 36	12 41	17 46	20 32 5	-15 56 51	0,6811	
Feb.	31	6 20	11 19	16 17	19 47 34	-17 46 27	0,7034	
	10	5 53	10 46	15 39	19 51 45	-19 23 3	0,8618	
	20	5 51	10 46	15 41	20 30 35	-19 10 30	1,0247	
Mar.	2	5 56	11 0	16 5	21 23 44	-16 50 59	1,1601	
	12	6 0	11 21	16 42	22 23 13	-12 23 42	1,2644	
	22	6 1	11 45	17 30	23 26 56	-5 53 22	1,3334	
Abr.	1	6 2	12 15	18 30	0 35 51	+2 27 1	1,3472	
	11	6 5	12 50	19 38	1 50 28	+11 42 13	1,2606	
	21	6 8	13 22	20 37	3 2 5	+19 18 44	1,0542	
May.	1	6 3	13 32	21 0	3 52 44	+22 59 46	0,8152	
	11	5 42	13 8	20 33	4 10 18	+22 42 35	0,6334	
	21	5 3	12 14	19 24	3 57 4	+19 24 37	0,5524	
Jun.	31	4 20	11 19	18 17	3 40 0	+16 3 31	0,5851	
	10	3 48	10 46	17 45	3 45 39	+15 44 35	0,7085	
	20	3 32	10 41	17 51	4 18 49	+18 17 27	0,8909	
Jul.	30	3 38	11 2	18 28	5 18 19	+21 50 31	1,1018	
	10	4 15	11 48	19 21	6 42 12	+23 45 13	1,2786	
	20	5 17	12 41	20 3	8 14 29	+21 36 57	1,3370	
Ago.	30	6 20	13 20	20 19	9 34 26	+16 6 4	1,2853	
	9	7 9	13 44	20 17	10 38 14	+9 16 13	1,1807	
	19	7 44	13 54	20 4	11 28 46	+2 28 1	1,0519	
Set.	29	8 1	13 52	19 42	12 6 31	-3 22 20	0,9082	
	8	7 52	13 31	19 8	12 25 52	-6 57 47	0,7605	
	18	6 56	12 38	18 20	12 14 13	-5 48 49	0,6531	
Oct.	28	5 24	11 27	17 32	11 42 26	+0 24 54	0,7001	
	8	4 47	10 59	17 10	11 50 27	+2 30 40	0,9402	
	18	5 15	11 11	17 5	12 40 40	-2 13 5	1,1982	
Nov.	28	6 1	11 33	17 3	13 42 2	-9 8 4	1,3603	
	7	6 48	11 56	17 3	14 44 34	-15 37 33	1,4346	
	17	7 32	12 20	17 7	15 48 9	-20 49 39	1,4431	
Dic.	27	8 13	12 46	17 19	16 53 44	-24 18 57	1,3946	
	7	8 47	13 14	17 41	18 0 30	-25 43 4	1,2865	
	17	9 5	13 36	18 9	19 3 13	-24 45 41	1,1087	
	27	8 51	13 35	18 18	19 43 20	-21 54 24	0,8654	

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 2022

Fecha	$\tau$ min	Decu "	V	BS	a.fase °	fase	def.ilu. "	$L_P$ °	$B_P$ °	$P_{PN}$ °
Ene 1	9,49	5,89	-0,7	2,6	55,6	0,782	1,28	227,5	-4,7	350,7
Ene 21	5,66	9,88	3,9	4,8	160,5	0,029	9,59	342,3	-9,7	347,3
Feb 10	7,17	7,81	0,2	3,6	94,4	0,461	4,21	115,2	-8,0	351,9
Mar 2	9,65	5,80	-0,1	3,2	57,5	0,769	1,34	216,0	-5,5	342,1
Mar 22	11,09	5,05	-0,9	2,3	29,0	0,937	0,32	306,6	-3,8	333,1
Abr 11	10,48	5,34	-1,6	1,7	29,4	0,936	0,34	29,5	-2,6	332,7
May 1	6,78	8,25	0,5	3,6	110,0	0,329	5,54	121,1	-1,2	341,0
May 21	4,59	12,18	6,8	4,4	176,5	0,001	12,17	244,1	2,5	341,4
Jun 10	5,89	9,50	1,1	4,2	121,9	0,235	7,26	10,7	5,1	340,3
Jun 30	9,16	6,11	-0,6	2,6	66,7	0,697	1,85	110,6	4,9	349,9
Jul 20	11,12	5,03	-1,8	1,5	12,6	0,988	0,06	192,4	5,0	10,6
Ago 9	9,82	5,70	-0,2	3,0	57,3	0,770	1,31	278,4	6,0	24,2
Ago 29	7,55	7,41	0,3	3,7	88,7	0,511	3,62	15,7	7,5	28,4
Set 18	5,43	10,30	2,9	4,8	149,6	0,069	9,59	135,6	8,7	28,6
Oct 8	7,82	7,16	-0,4	2,9	92,0	0,483	3,70	267,5	4,2	27,8
Oct 28	11,31	4,95	-1,1	2,0	19,5	0,971	0,14	0,3	1,3	27,6
Nov 17	12,00	4,66	-1,0	2,1	10,4	0,992	0,04	90,5	-0,5	19,4
Dic 7	10,70	5,23	-0,6	2,6	37,9	0,894	0,55	182,7	-2,4	5,2
Dic 27	7,20	7,77	-0,1	3,1	101,9	0,397	4,69	281,8	-5,8	353,0



## VENUS 2022

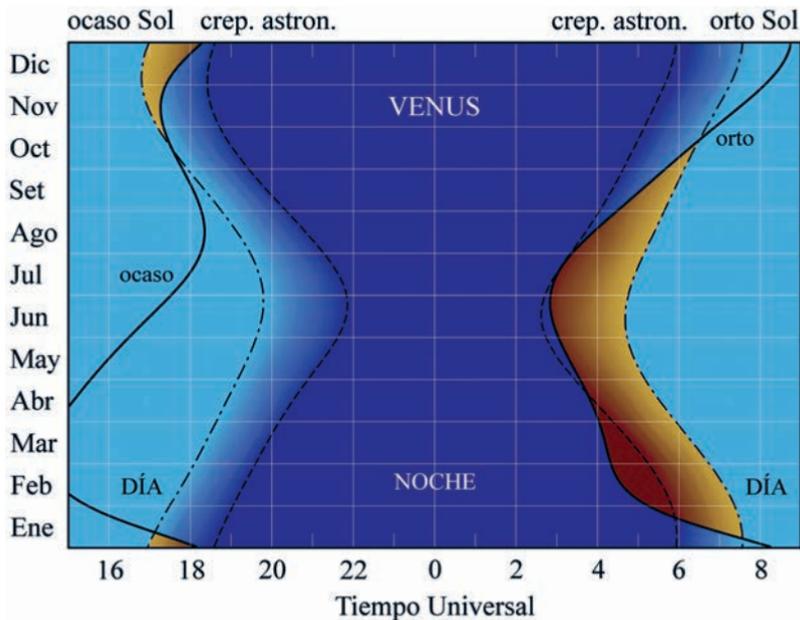
Mes	día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU		
		Orto h m	Culm. h m	Ocaso h m	Asc. recta h m s	Declinación ° ' "	Distancia ua
Ene.	1	8 12	13 7	18 3	19 38 30	-18 35 1	0,2737
	11	7 1	12 3	17 4	19 13 5	-17 4 22	0,2668
	21	5 58	11 3	16 7	18 51 52	-16 16 2	0,2886
Feb.	31	5 13	10 18	15 24	18 46 3	-16 13 23	0,3336
	10	4 46	9 50	14 54	18 56 26	-16 35 53	0,3934
	20	4 31	9 34	14 37	19 19 10	-16 55 54	0,4622
Mar.	2	4 23	9 26	14 29	19 50 24	-16 50 41	0,5361
	12	4 17	9 23	14 30	20 27 0	-16 6 13	0,6126
	22	4 12	9 24	14 36	21 6 46	-14 36 21	0,6905
Abr.	1	4 5	9 26	14 47	21 48 13	-12 20 38	0,7687
	11	3 58	9 28	15 0	22 30 21	-9 23 40	0,8465
	21	3 48	9 31	15 15	23 12 40	-5 52 55	0,9234
May.	1	3 38	9 34	15 32	23 55 5	-1 57 20	0,9990
	11	3 27	9 38	15 49	0 37 43	+2 12 42	1,0726
	21	3 16	9 41	16 8	1 20 56	+6 26 37	1,1440
Jun.	31	3 6	9 46	16 27	2 5 8	+10 33 36	1,2128
	10	2 59	9 52	16 47	2 50 44	+14 22 9	1,2784
	20	2 54	10 0	17 8	3 38 3	+17 40 48	1,3406
Jul.	30	2 53	10 10	17 28	4 27 14	+20 18 16	1,3988
	10	2 57	10 22	17 47	5 18 5	+22 4 3	1,4528
	20	3 7	10 34	18 2	6 10 8	+22 49 58	1,5023
Ago.	30	3 21	10 48	18 14	7 2 40	+22 31 15	1,5470
	9	3 40	11 0	18 20	7 54 49	+21 7 31	1,5865
	19	4 1	11 12	18 22	8 45 53	+18 42 53	1,6209
Set.	29	4 24	11 22	18 19	9 35 29	+15 24 56	1,6500
	8	4 48	11 30	18 12	10 23 32	+11 23 50	1,6737
	18	5 11	11 38	18 3	11 10 16	+6 51 0	1,6922
Oct.	28	5 35	11 44	17 53	11 56 12	+1 58 10	1,7055
	8	5 58	11 51	17 42	12 41 55	-3 2 24	1,7137
	18	6 22	11 57	17 32	13 28 6	-7 58 22	1,7171
Nov.	28	6 46	12 5	17 24	14 15 24	-12 37 6	1,7158
	7	7 11	12 15	17 18	15 4 22	-16 45 21	1,7101
	17	7 36	12 27	17 16	15 55 19	-20 9 50	1,7002
Dic.	27	8 0	12 40	17 20	16 48 14	-22 38 1	1,6862
	7	8 21	12 55	17 30	17 42 37	-23 59 25	1,6683
	17	8 37	13 11	17 45	18 37 36	-24 7 40	1,6467
	27	8 47	13 26	18 5	19 32 9	-23 1 45	1,6215

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 2022

Fecha	$\tau$ min	Decu "	V	BS	a.fase °	fase	def.ilu. "	$L_P$ °	$B_P$ °	$P_{PN}$ °
Ene 1	2,28	60,96	-4,2	0,4	162,0	0,025	59,47	333,7	-2,7	351,7
Ene 21	2,40	57,82	-4,5	0,9	152,8	0,055	54,63	352,5	-6,2	356,0
Feb 10	3,27	42,42	-4,9	1,4	122,2	0,233	32,52	23,2	-5,8	355,6
Mar 2	4,46	31,13	-4,7	1,5	103,1	0,387	19,09	65,7	-4,0	350,6
Mar 22	5,74	24,17	-4,5	1,4	89,5	0,504	11,99	113,8	-2,2	344,4
Abr 11	7,04	19,72	-4,3	1,4	78,7	0,598	7,93	164,4	-0,7	339,4
May 1	8,31	16,71	-4,1	1,3	69,4	0,676	5,41	216,3	0,3	337,2
May 21	9,51	14,59	-4,0	1,2	60,7	0,745	3,73	269,0	0,7	338,3
Jun 10	10,63	13,05	-3,9	1,2	52,5	0,805	2,55	322,1	0,7	342,7
Jun 30	11,63	11,93	-3,9	1,1	44,4	0,857	1,70	15,4	0,4	350,2
Jul 20	12,49	11,11	-3,9	1,0	36,4	0,902	1,09	69,1	0,0	359,9
Ago 9	13,19	10,52	-3,9	0,9	28,5	0,939	0,64	123,0	-0,4	9,8
Ago 29	13,72	10,11	-3,9	0,8	20,7	0,968	0,33	177,2	-0,6	17,6
Set 18	14,07	9,86	-3,9	0,8	13,0	0,987	0,13	231,5	-0,5	22,0
Oct 8	14,25	9,74	-3,9	0,8	5,7	0,998	0,02	286,1	-0,2	22,6
Oct 28	14,27	9,73	-3,9	0,8	2,2	1,000	0,00	340,7	0,3	19,4
Nov 17	14,14	9,82	-3,9	0,8	8,6	0,994	0,06	35,4	0,9	12,5
Dic 7	13,87	10,00	-3,9	0,8	15,3	0,982	0,18	90,2	1,3	2,8
Dic 27	13,49	10,29	-3,9	0,9	21,8	0,964	0,37	144,9	1,5	352,3



## MARTE 2022

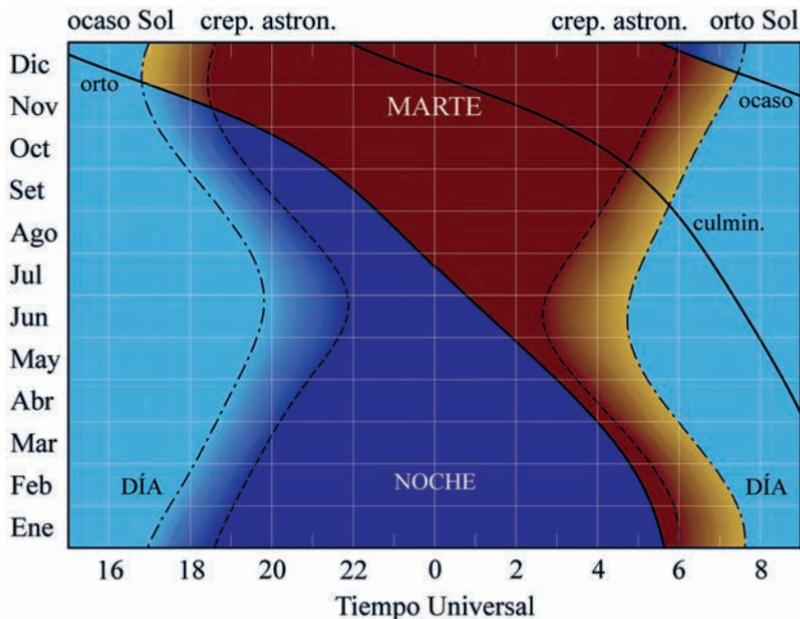
Mes	día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			Distancia ua
		Orto h m	Culm. h m	Ocaso h m	Asc. recta h m s	Declinación ° ' "		
Ene.	1	5 38	10 18	14 59	16 46 38	-22 29 59	2,3412	
	11	5 33	10 10	14 47	17 17 26	-23 19 18	2,2872	
	21	5 27	10 2	14 37	17 48 48	-23 46 19	2,2307	
Feb.	31	5 19	9 54	14 29	18 20 33	-23 49 55	2,1722	
	10	5 10	9 47	14 23	18 52 30	-23 29 29	2,1121	
	20	5 0	9 39	14 19	19 24 24	-22 45 5	2,0510	
Mar.	2	4 47	9 31	14 16	19 56 7	-21 37 24	1,9894	
	12	4 33	9 23	14 14	20 27 27	-20 7 47	1,9276	
Abr.	22	4 17	9 15	14 13	20 58 16	-18 18 7	1,8663	
	1	4 0	9 6	14 12	21 28 33	-16 10 36	1,8055	
	11	3 41	8 56	14 11	21 58 14	-13 47 56	1,7455	
May.	21	3 21	8 46	14 10	22 27 21	-11 12 58	1,6867	
	1	3 1	8 35	14 9	22 55 57	-8 28 32	1,6290	
	11	2 40	8 23	14 7	23 24 4	-5 37 49	1,5724	
Jun.	21	2 18	8 12	14 6	23 51 48	-2 43 48	1,5170	
	31	1 56	8 0	14 4	0 19 14	+0 10 37	1,4625	
	10	1 34	7 47	14 1	0 46 24	+3 2 23	1,4088	
Jul.	20	1 12	7 35	13 58	1 13 23	+5 48 47	1,3557	
	30	0 51	7 22	13 55	1 40 13	+8 27 19	1,3028	
	10	0 29	7 10	13 51	2 6 49	+10 55 25	1,2499	
Ago.	20	0 8	6 57	13 46	2 33 12	+13 11 14	1,1968	
	30	23 45	6 43	13 40	2 59 13	+15 13 9	1,1429	
	9	23 24	6 29	13 33	3 24 41	+16 59 54	1,0883	
Sep.	19	23 3	6 14	13 24	3 49 23	+18 31 9	1,0327	
	29	22 42	5 59	13 13	4 12 58	+19 47 0	0,9759	
	8	22 21	5 41	13 0	4 35 1	+20 48 20	0,9183	
Oct.	18	21 58	5 22	12 44	4 55 3	+21 37 3	0,8600	
	28	21 33	5 0	12 24	5 12 27	+22 15 31	0,8015	
	8	21 5	4 34	12 1	5 26 25	+22 46 54	0,7440	
Nov.	18	20 33	4 4	11 33	5 36 9	+23 14 39	0,6889	
	28	19 56	3 30	11 0	5 40 38	+23 41 32	0,6381	
	7	19 12	2 49	10 21	5 39 0	+24 8 48	0,5950	
Dic.	17	18 22	2 1	9 35	5 31 0	+24 34 30	0,5630	
	27	17 28	1 8	8 43	5 17 23	+24 53 15	0,5461	
	7	16 31	0 12	7 48	5 0 39	+24 59 48	0,5479	
	17	15 37	23 11	6 52	4 44 23	+24 53 46	0,5699	
	27	14 46	22 20	5 59	4 31 48	+24 41 13	0,6112	

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 2022

Fecha	$\tau$ min	$D_{ecu}$ "	V	BS	a.fase °	fase	def.ilu. "	$L_P$ °	$B_P$ °	$P_{PN}$ °
Ene 1	19,47	4,00	1,5	4,3	17,1	0,978	0,09	212,7	4,7	33,6
Ene 21	18,55	4,20	1,5	4,3	21,1	0,967	0,14	17,8	-1,6	27,8
Feb 10	17,57	4,44	1,4	4,3	24,8	0,954	0,21	182,7	-7,9	20,3
Mar 2	16,55	4,71	1,3	4,3	28,4	0,940	0,28	346,9	-13,8	11,5
Mar 22	15,52	5,02	1,1	4,3	31,9	0,925	0,38	150,3	-18,9	2,1
Abr 11	14,52	5,37	1,0	4,3	35,0	0,909	0,49	312,8	-22,7	352,4
May 1	13,55	5,75	0,9	4,3	37,9	0,894	0,61	114,5	-24,9	343,0
May 21	12,62	6,18	0,7	4,3	40,5	0,880	0,74	276,0	-25,2	334,6
Jun 10	11,72	6,65	0,6	4,3	42,6	0,868	0,88	77,9	-23,7	328,0
Jun 30	10,84	7,19	0,4	4,3	44,4	0,857	1,03	240,8	-20,6	323,7
Jul 20	9,95	7,83	0,3	4,3	45,6	0,850	1,17	44,9	-16,4	321,8
Ago 9	9,05	8,61	0,1	4,3	46,1	0,847	1,32	210,5	-11,7	322,1
Ago 29	8,12	9,60	-0,1	4,3	45,6	0,850	1,44	17,6	-7,0	324,2
Set 18	7,15	10,89	-0,4	4,3	43,7	0,862	1,51	186,5	-2,9	327,2
Oct 8	6,19	12,59	-0,7	4,4	39,4	0,886	1,43	357,8	-0,0	330,0
Oct 28	5,31	14,68	-1,1	4,3	31,4	0,927	1,08	172,5	0,8	331,4
Nov 17	4,68	16,64	-1,6	4,2	18,5	0,974	0,43	352,0	-1,1	330,4
Dic 7	4,56	17,10	-1,9	4,0	1,8	1,000	0,00	175,6	-5,0	327,5
Dic 27	5,08	15,33	-1,4	4,3	15,6	0,981	0,28	358,9	-8,4	325,1



## JUPITER 2022

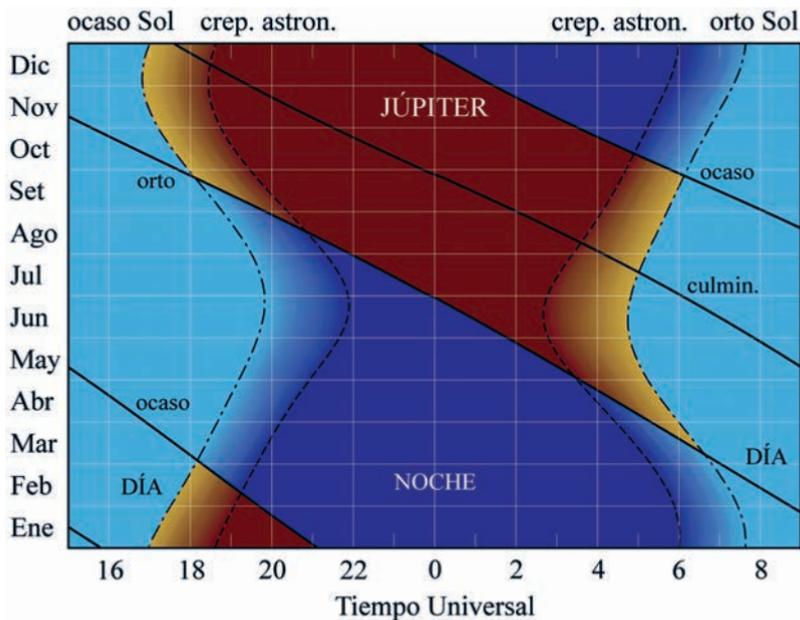
Mes	día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			Distancia ua
		Orto h m	Culm. h m	Ocaso h m	Asc. recta h m s	Declinación ° ' "		
Ene.	1	10 22	15 42	21 2	22 11 52	-12 12 39	5,5673	
	11	9 48	15 10	20 33	22 19 36	-11 28 35	5,6798	
	21	9 14	14 39	20 5	22 27 46	-10 41 13	5,7758	
	31	8 40	14 8	19 37	22 36 16	-9 51 3	5,8540	
Feb.	10	8 6	13 38	19 10	22 45 2	-8 58 38	5,9130	
	20	7 33	13 7	18 42	22 53 57	-8 4 32	5,9519	
Mar.	2	6 59	12 37	18 15	23 2 56	-7 9 17	5,9705	
	12	6 26	12 7	17 48	23 11 56	-6 13 29	5,9683	
	22	5 52	11 36	17 21	23 20 51	-5 17 44	5,9457	
Abr.	1	5 18	11 6	16 53	23 29 37	-4 22 35	5,9032	
	11	4 44	10 35	16 25	23 38 10	-3 28 40	5,8414	
	21	4 10	10 4	15 57	23 46 25	-2 36 35	5,7617	
May.	1	3 36	9 32	15 29	23 54 19	-1 46 54	5,6652	
	11	3 1	9 0	14 59	0 1 45	-1 0 17	5,5535	
	21	2 27	8 28	14 29	0 8 40	-0 17 21	5,4286	
	31	1 51	7 55	13 58	0 14 59	+0 21 17	5,2925	
Jun.	10	1 16	7 21	13 26	0 20 34	+0 54 57	5,1476	
	20	0 40	6 46	12 53	0 25 20	+1 23 3	4,9969	
	30	0 3	6 11	12 19	0 29 11	+1 44 58	4,8431	
Jul.	10	23 22	5 34	11 43	0 32 1	+2 0 4	4,6898	
	20	22 44	4 57	11 6	0 33 44	+2 7 56	4,5408	
	30	22 5	4 18	10 27	0 34 17	+2 8 13	4,3997	
Ago.	9	21 25	3 38	9 47	0 33 37	+2 0 47	4,2711	
	19	20 45	2 57	9 5	0 31 45	+1 46 0	4,1592	
	29	20 4	2 14	8 21	0 28 49	+1 24 31	4,0680	
Set.	8	19 22	1 31	7 36	0 24 56	+0 57 36	4,0015	
	18	18 40	0 47	6 51	0 20 25	+0 27 4	3,9625	
	28	17 57	* 0 3	6 5	0 15 33	-0 4 56	3,9531	
Oct.	8	17 15	23 15	5 19	0 10 43	-0 35 57	3,9741	
	18	16 33	22 31	4 34	0 6 16	-1 3 36	4,0245	
	28	15 51	21 48	3 49	0 2 33	-1 25 54	4,1025	
Nov.	7	15 10	21 6	3 7	23 59 50	-1 41 14	4,2049	
	17	14 30	20 25	2 25	23 58 16	-1 48 39	4,3276	
	27	13 50	19 46	1 46	23 57 56	-1 47 47	4,4663	
Dic.	7	13 11	19 8	1 8	23 58 53	-1 38 35	4,6162	
	17	12 33	18 31	0 32	0 1 3	-1 21 30	4,7727	
	27	11 56	17 55	23 54	0 4 22	-0 57 5	4,9314	

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

1 ua = 149 597 870 700 m

## JUPITER 2022

Fecha	$\tau$ <i>min</i>	$D_{ecu}$ "	V	BS	a.fase °	def.ilu. "	$L_P$ °	$B_P$ °	$P_{PN}$ °
Ene 1	46,30	35,41	-2,1	5,3	8,7	0,20	142,7	0,8	337,0
Ene 21	48,04	34,13	-2,1	5,3	6,3	0,10	268,2	1,0	336,3
Feb 10	49,18	33,34	-2,0	5,2	3,5	0,03	33,7	1,2	335,6
Mar 2	49,65	33,02	-2,0	5,2	0,6	0,00	159,3	1,4	335,1
Mar 22	49,45	33,16	-2,0	5,2	2,5	0,02	285,4	1,6	334,7
Abr 11	48,58	33,75	-2,1	5,2	5,3	0,07	52,0	1,9	334,5
May 1	47,12	34,80	-2,1	5,3	7,9	0,16	179,2	2,1	334,5
May 21	45,15	36,32	-2,2	5,3	10,0	0,27	307,3	2,3	334,5
Jun 10	42,81	38,30	-2,3	5,3	11,3	0,37	76,2	2,5	334,7
Jun 30	40,28	40,71	-2,4	5,3	11,8	0,43	206,2	2,7	334,8
Jul 20	37,76	43,42	-2,6	5,3	11,2	0,41	337,2	2,9	334,9
Ago 9	35,52	46,16	-2,7	5,3	9,3	0,30	109,4	3,0	334,9
Ago 29	33,83	48,46	-2,9	5,2	6,1	0,14	242,5	3,0	334,8
Set 18	32,96	49,75	-2,9	5,2	2,0	0,02	16,1	3,0	334,7
Oct 8	33,05	49,61	-2,9	5,2	2,5	0,02	149,4	2,9	334,6
Oct 28	34,12	48,05	-2,8	5,2	6,5	0,16	281,7	2,7	334,5
Nov 17	35,99	45,56	-2,7	5,3	9,5	0,31	52,4	2,6	334,5
Dic 7	38,39	42,71	-2,5	5,3	11,1	0,40	181,5	2,5	334,5
Dic 27	41,01	39,98	-2,4	5,3	11,4	0,40	309,1	2,5	334,5



## SATURNO 2022

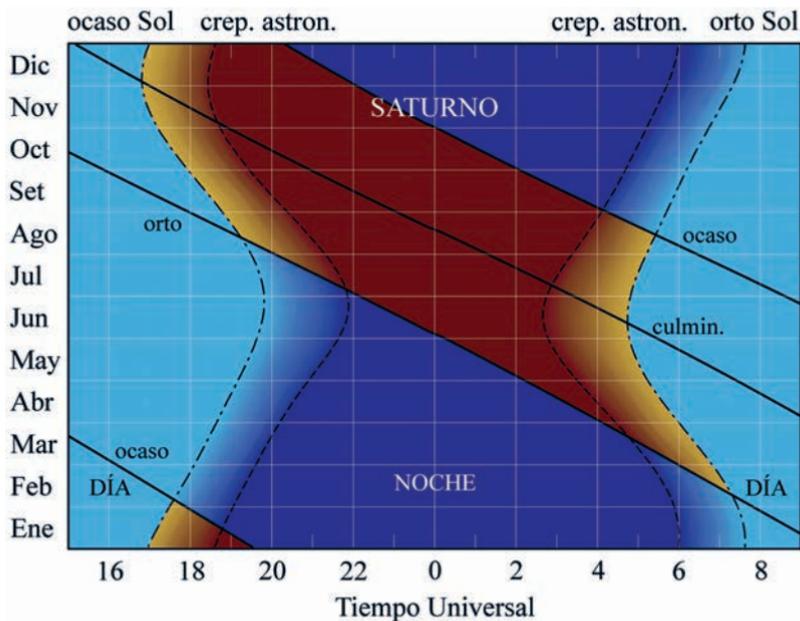
Mes	día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			Distancia ua
		Orto h m	Culm. h m	Ocaso h m	Asc. recta h m s	Declinación ° ' "		
Ene.	1	9 30	14 29	19 27	20 58 25	-18 0 38	10,7461	
	11	8 54	13 54	18 53	21 2 54	-17 42 8	10,8206	
	21	8 18	13 19	18 20	21 7 34	-17 22 32	10,8707	
Feb.	31	7 42	12 44	17 47	21 12 21	-17 2 9	10,8955	
	10	7 7	12 10	17 13	21 17 8	-16 41 18	10,8944	
	20	6 31	11 35	16 40	21 21 53	-16 20 22	10,8675	
Mar.	2	5 55	11 1	16 7	21 26 30	-15 59 42	10,8155	
	12	5 18	10 26	15 33	21 30 55	-15 39 43	10,7396	
	22	4 42	9 50	14 59	21 35 4	-15 20 48	10,6418	
Abr.	1	4 5	9 15	14 24	21 38 52	-15 3 21	10,5242	
	11	3 29	8 39	13 49	21 42 17	-14 47 45	10,3897	
	21	2 51	8 3	13 14	21 45 15	-14 34 24	10,2415	
May.	1	2 14	7 26	12 38	21 47 42	-14 23 36	10,0831	
	11	1 36	6 48	12 1	21 49 35	-14 15 42	9,9184	
	21	0 58	6 10	11 23	21 50 53	-14 10 54	9,7518	
Jun.	31	0 19	5 32	10 44	21 51 34	-14 9 21	9,5874	
	10	23 36	4 52	10 5	21 51 36	-14 11 8	9,4299	
	20	22 56	4 12	9 25	21 51 1	-14 16 9	9,2838	
Jul.	30	22 16	3 32	8 44	21 49 49	-14 24 12	9,1533	
	10	21 36	2 51	8 2	21 48 5	-14 34 56	9,0426	
	20	20 55	2 9	7 19	21 45 52	-14 47 49	8,9554	
Ago.	30	20 14	1 27	6 37	21 43 18	-15 2 17	8,8944	
	9	19 33	0 45	5 54	21 40 29	-15 17 34	8,8620	
	19	18 51	* 0 3	5 10	21 37 34	-15 32 55	8,8593	
Set.	29	18 10	23 17	4 27	21 34 42	-15 47 34	8,8865	
	8	17 29	22 35	3 45	21 32 2	-16 0 48	8,9428	
	18	16 48	21 53	3 2	21 29 42	-16 12 1	9,0261	
Oct.	28	16 8	21 12	2 21	21 27 50	-16 20 43	9,1337	
	8	15 27	20 31	1 40	21 26 32	-16 26 32	9,2619	
	18	14 47	19 51	0 59	21 25 51	-16 29 15	9,4065	
Nov.	28	14 8	19 12	0 20	21 25 49	-16 28 45	9,5631	
	7	13 29	18 34	23 38	21 26 29	-16 25 1	9,7265	
	17	12 51	17 56	23 0	21 27 48	-16 18 7	9,8921	
Dic.	27	12 13	17 18	22 24	21 29 45	-16 8 13	10,0551	
	7	11 35	16 42	21 48	21 32 17	-15 55 29	10,2108	
	17	10 58	16 5	21 13	21 35 20	-15 40 9	10,3552	
	27	10 21	15 29	20 38	21 38 52	-15 22 29	10,4845	

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

1 ua = 149 597 870 700 m

## SATURNO 2022

Fecha	$\tau$ min	Decu "	V	BS	a.fase °	def.ilu. "	$L_P$ °	$B_P$ °	$P_{PN}$ °
Ene 1	89,37	15,47	0,8	6,9	3,0	0,01	197,7	21,3	6,7
Ene 21	90,41	15,29	0,8	6,8	1,3	0,00	210,8	20,2	6,6
Feb 10	90,61	15,26	0,7	6,8	0,5	0,00	224,3	19,1	6,6
Mar 2	89,95	15,37	0,8	6,8	2,2	0,01	238,3	18,0	6,5
Mar 22	88,51	15,62	0,9	6,9	3,7	0,02	253,0	16,9	6,4
Abr 11	86,41	16,00	0,9	6,9	4,9	0,03	268,3	16,0	6,3
May 1	83,86	16,48	0,8	6,9	5,7	0,04	284,4	15,4	6,3
May 21	81,10	17,04	0,8	6,9	5,9	0,04	301,0	15,0	6,3
Jun 10	78,43	17,62	0,7	6,9	5,4	0,04	318,2	15,0	6,3
Jun 30	76,13	18,16	0,6	6,9	4,3	0,03	335,8	15,3	6,3
Jul 20	74,48	18,56	0,5	6,9	2,6	0,01	353,6	15,9	6,3
Ago 9	73,70	18,75	0,4	6,8	0,6	0,00	11,2	16,7	6,4
Ago 29	73,91	18,70	0,4	6,8	1,5	0,00	28,3	17,5	6,4
Set 18	75,07	18,41	0,5	6,9	3,4	0,02	44,7	18,1	6,5
Oct 8	77,03	17,94	0,5	6,9	4,8	0,03	60,2	18,5	6,5
Oct 28	79,53	17,38	0,6	6,9	5,6	0,04	74,9	18,6	6,5
Nov 17	82,27	16,80	0,7	6,9	5,7	0,04	88,7	18,3	6,5
Dic 7	84,92	16,28	0,8	6,9	5,2	0,03	102,1	17,7	6,5
Dic 27	87,20	15,85	0,8	6,9	4,2	0,02	115,1	16,9	6,4



## URANO 2022

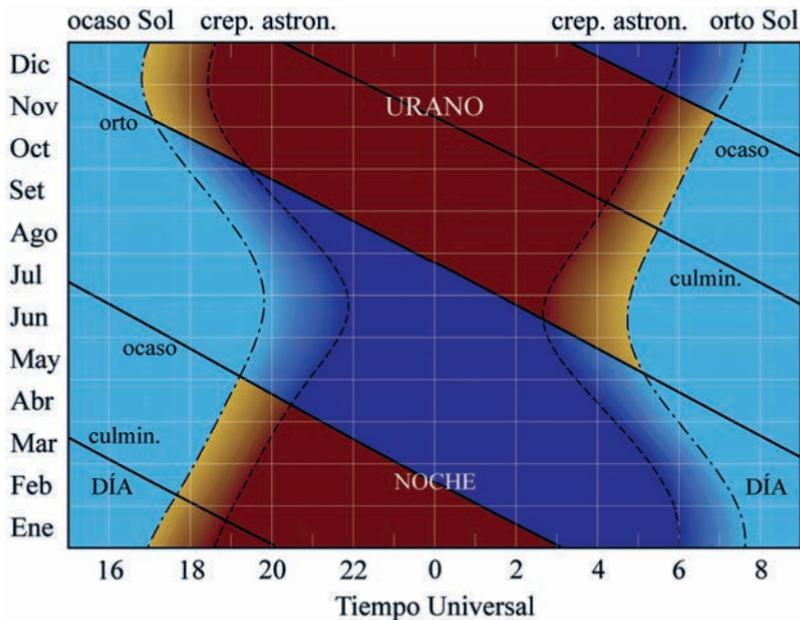
Mes	día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			Distancia ua
		Orto h m	Culm. h m	Ocaso h m	Asc. recta h m s	Declinación ° ' "		
Ene.	1	13 10	20 4	3 1	2 34 37	+14 43 35	19,2067	
	11	12 30	19 24	2 21	2 34 11	+14 41 49	19,3616	
	21	11 51	18 44	1 42	2 34 6	+14 41 39	19,5268	
Feb.	31	11 12	18 5	1 3	2 34 20	+14 43 8	19,6972	
	10	10 33	17 27	0 25	2 34 56	+14 46 13	19,8676	
	20	9 54	16 48	23 43	2 35 51	+14 50 49	20,0327	
Mar.	2	9 16	16 10	23 5	2 37 4	+14 56 49	20,1880	
	12	8 37	15 32	22 28	2 38 33	+15 4 2	20,3289	
	22	7 59	14 55	21 50	2 40 17	+15 12 17	20,4518	
Abr.	1	7 21	14 17	21 14	2 42 13	+15 21 22	20,5536	
	11	6 43	13 40	20 37	2 44 18	+15 31 4	20,6318	
	21	6 6	13 3	20 1	2 46 30	+15 41 9	20,6845	
May.	1	5 28	12 26	19 24	2 48 46	+15 51 25	20,7107	
	11	4 50	11 49	18 48	2 51 4	+16 1 40	20,7098	
	21	4 13	11 12	18 11	2 53 20	+16 11 40	20,6822	
Jun.	31	3 35	10 35	17 35	2 55 33	+16 21 15	20,6285	
	10	2 57	9 58	16 58	2 57 39	+16 30 16	20,5501	
	20	2 19	9 20	16 21	2 59 36	+16 38 31	20,4491	
Jul.	30	1 41	8 43	15 44	3 1 22	+16 45 53	20,3279	
	10	1 3	8 5	15 7	3 2 55	+16 52 13	20,1895	
	20	0 24	7 27	14 29	3 4 11	+16 57 26	20,0374	
Ago.	30	23 42	6 48	13 51	3 5 11	+17 1 25	19,8754	
	9	23 3	6 10	13 12	3 5 52	+17 4 5	19,7077	
	19	22 24	5 31	12 34	3 6 13	+17 5 26	19,5389	
Set.	29	21 45	4 51	11 54	3 6 15	+17 5 25	19,3735	
	8	21 5	4 12	11 15	3 5 56	+17 4 2	19,2165	
	18	20 25	3 32	10 34	3 5 18	+17 1 22	19,0725	
Oct.	28	19 45	2 52	9 54	3 4 22	+16 57 30	18,9459	
	8	19 5	2 11	9 13	3 3 11	+16 52 33	18,8410	
	18	18 25	1 30	8 32	3 1 47	+16 46 44	18,7613	
Nov.	28	17 44	0 50	7 51	3 0 14	+16 40 15	18,7095	
	7	17 4	0 9	7 9	2 58 36	+16 33 24	18,6878	
	17	16 23	23 24	6 28	2 56 57	+16 26 27	18,6970	
Dic.	27	15 43	22 43	5 47	2 55 21	+16 19 44	18,7369	
	7	15 3	22 2	5 5	2 53 53	+16 13 32	18,8063	
	17	14 22	21 21	4 24	2 52 36	+16 8 11	18,9029	
	27	13 42	20 41	3 44	2 51 34	+16 3 53	19,0234	

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 2022

Fecha	$\tau$ <i>min</i>	$D_{ecu}$ "	V	a.fase °	$L_P$ °	$B_P$ °	$P_{PN}$ °
Ene 1	159,74	3,67	5,7	2,5	37,4	53,7	264,1
Ene 21	162,40	3,61	5,8	2,8	339,6	53,5	264,0
Feb 10	165,23	3,55	5,8	2,8	281,9	53,8	264,1
Mar 2	167,90	3,49	5,8	2,5	224,4	54,3	264,4
Mar 22	170,09	3,45	5,9	1,9	167,1	55,1	264,9
Abr 11	171,59	3,42	5,9	1,1	110,2	56,0	265,5
May 1	172,25	3,40	5,9	0,2	53,6	57,1	266,2
May 21	172,01	3,41	5,9	0,7	357,4	58,2	266,9
Jun 10	170,91	3,43	5,9	1,6	301,5	59,2	267,6
Jun 30	169,06	3,47	5,9	2,3	245,8	60,1	268,3
Jul 20	166,65	3,52	5,8	2,8	190,2	60,8	268,8
Ago 9	163,90	3,58	5,8	2,9	134,5	61,2	269,1
Ago 29	161,12	3,64	5,7	2,8	78,7	61,3	269,1
Set 18	158,62	3,70	5,7	2,4	22,7	61,0	268,9
Oct 8	156,70	3,74	5,7	1,6	326,3	60,5	268,5
Oct 28	155,60	3,77	5,7	0,6	269,5	59,8	268,0
Nov 17	155,50	3,77	5,7	0,4	212,4	59,1	267,5
Dic 7	156,41	3,75	5,7	1,4	154,9	58,3	267,0
Dic 27	158,21	3,70	5,7	2,2	97,3	57,8	266,6



## NEPTUNO 2022

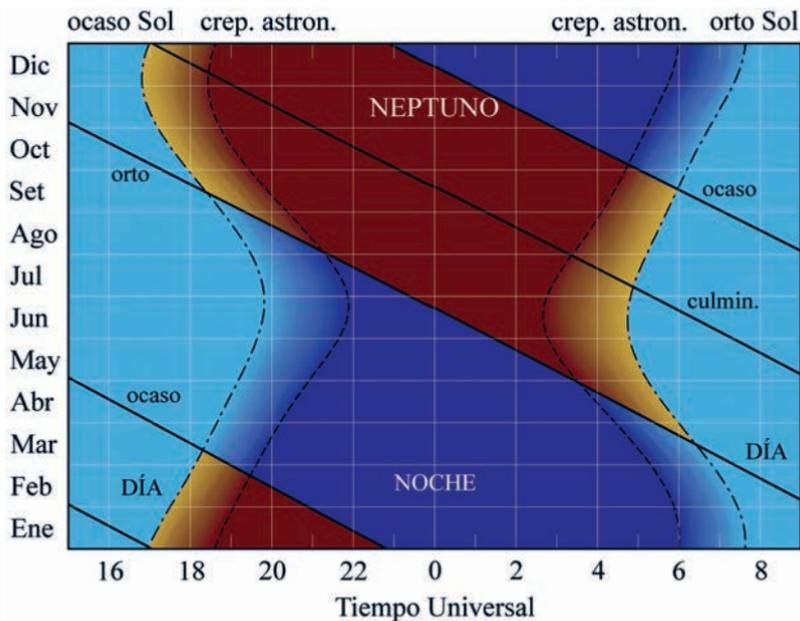
Mes	día	en Madrid (TU)			a 0 <sup>h</sup> de TU			Distancia ua
		Orto h m	Culm. h m	Ocaso h m	Asc. recta h m s	Declinación ° ' "		
Ene.	1	11 11	16 57	22 43	23 27 30	- 4 44 25	30,2400	
	11	10 32	16 18	22 5	23 28 13	- 4 39 30	30,3974	
	21	9 54	15 40	21 27	23 29 7	- 4 33 28	30,5399	
	31	9 15	15 2	20 49	23 30 10	- 4 26 30	30,6637	
Feb.	10	8 36	14 24	20 11	23 31 21	- 4 18 44	30,7651	
	20	7 58	13 46	19 33	23 32 38	- 4 10 24	30,8414	
Mar.	2	7 19	13 8	18 56	23 33 59	- 4 1 39	30,8908	
	12	6 41	12 30	18 19	23 35 23	- 3 52 44	30,9118	
	22	6 2	11 52	17 41	23 36 47	- 3 43 50	30,9042	
Abr.	1	5 24	11 14	17 4	23 38 9	- 3 35 9	30,8686	
	11	4 45	10 36	16 26	23 39 28	- 3 26 52	30,8059	
	21	4 7	9 58	15 48	23 40 42	- 3 19 12	30,7182	
May.	1	3 28	9 19	15 11	23 41 49	- 3 12 18	30,6080	
	11	2 50	8 41	14 33	23 42 49	- 3 6 18	30,4782	
	21	2 11	8 3	13 54	23 43 39	- 3 1 22	30,3326	
	31	1 32	7 24	13 16	23 44 18	- 2 57 34	30,1750	
Jun.	10	0 53	6 45	12 37	23 44 47	- 2 55 1	30,0099	
	20	0 14	6 6	11 58	23 45 3	- 2 53 43	29,8418	
	30	23 31	5 27	11 19	23 45 8	- 2 53 44	29,6752	
Jul.	10	22 51	4 47	10 39	23 45 1	- 2 55 2	29,5150	
	20	22 12	4 8	10 0	23 44 42	- 2 57 32	29,3656	
	30	21 32	3 28	9 20	23 44 13	- 3 1 10	29,2314	
Ago.	9	20 53	2 48	8 39	23 43 34	- 3 5 48	29,1165	
	19	20 13	2 8	7 59	23 42 46	- 3 11 15	29,0244	
	29	19 33	1 28	7 18	23 41 53	- 3 17 20	28,9579	
Set.	8	18 53	0 47	6 38	23 40 54	- 3 23 49	28,9194	
	18	18 13	0 7	5 57	23 39 54	- 3 30 27	28,9102	
	28	17 33	23 23	5 16	23 38 53	- 3 36 59	28,9309	
Oct.	8	16 53	22 42	4 36	23 37 56	- 3 43 10	28,9810	
	18	16 13	22 2	3 55	23 37 2	- 3 48 46	29,0591	
	28	15 33	21 22	3 15	23 36 16	- 3 53 33	29,1630	
Nov.	7	14 54	20 42	2 35	23 35 39	- 3 57 19	29,2896	
	17	14 14	20 2	1 55	23 35 12	- 3 59 55	29,4349	
	27	13 35	19 23	1 15	23 34 56	- 4 1 14	29,5945	
Dic.	7	12 55	18 44	0 36	23 34 53	- 4 1 13	29,7634	
	17	12 16	18 4	23 53	23 35 3	- 3 59 48	29,9364	
	27	11 37	17 26	23 14	23 35 25	- 3 57 2	30,1082	

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 2022

Fecha	$\tau$ <i>min</i>	Decu "	V	a.fase °	L <sub>P</sub> °	B <sub>P</sub> °	P <sub>PN</sub> °
Ene 1	251,50	2,26	7,8	1,8	353,3	-23,7	321,1
Ene 21	253,99	2,24	7,8	1,4	278,1	-23,6	320,9
Feb 10	255,87	2,22	7,8	1,0	203,1	-23,4	320,6
Mar 2	256,91	2,21	7,8	0,4	128,2	-23,2	320,3
Mar 22	257,02	2,21	7,8	0,3	53,6	-23,0	319,9
Abr 11	256,21	2,22	7,8	0,9	339,4	-22,7	319,6
May 1	254,56	2,23	7,8	1,4	265,6	-22,5	319,4
May 21	252,27	2,25	7,8	1,8	192,3	-22,4	319,1
Jun 10	249,58	2,28	7,8	1,9	119,2	-22,3	319,0
Jun 30	246,80	2,30	7,7	1,9	46,4	-22,2	319,0
Jul 20	244,23	2,33	7,7	1,7	333,8	-22,3	319,0
Ago 9	242,15	2,35	7,7	1,2	261,1	-22,3	319,2
Ago 29	240,84	2,36	7,7	0,6	188,3	-22,5	319,4
Set 18	240,44	2,36	7,7	0,1	115,3	-22,6	319,6
Oct 8	241,03	2,36	7,7	0,7	41,9	-22,8	319,8
Oct 28	242,54	2,34	7,7	1,3	328,1	-22,9	320,0
Nov 17	244,80	2,32	7,7	1,7	253,8	-23,0	320,2
Dic 7	247,53	2,29	7,7	1,9	179,1	-23,1	320,2
Dic 27	250,40	2,27	7,8	1,8	104,1	-23,0	320,1



## 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 = 17066 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	262°69 + 4°09234 $d$	77°490
Venus	3°94 + 1°60213 $d$	131°643
Tierra+Luna	99°35 + 0°98561 $d$	102°992
Marte	222°98 + 0°52403 $d$	336°155
Júpiter	281°28 + 0°08305 $d$	13°972
Saturno	294°36 + 0°03367 $d$	91°675 - 0°00421 $d$
Urano	38°72 + 0°01161 $d$	172°907 - 0°00375 $d$
Neptuno	348°30 + 0°00614 $d$	21°339 - 0°01855 $d$

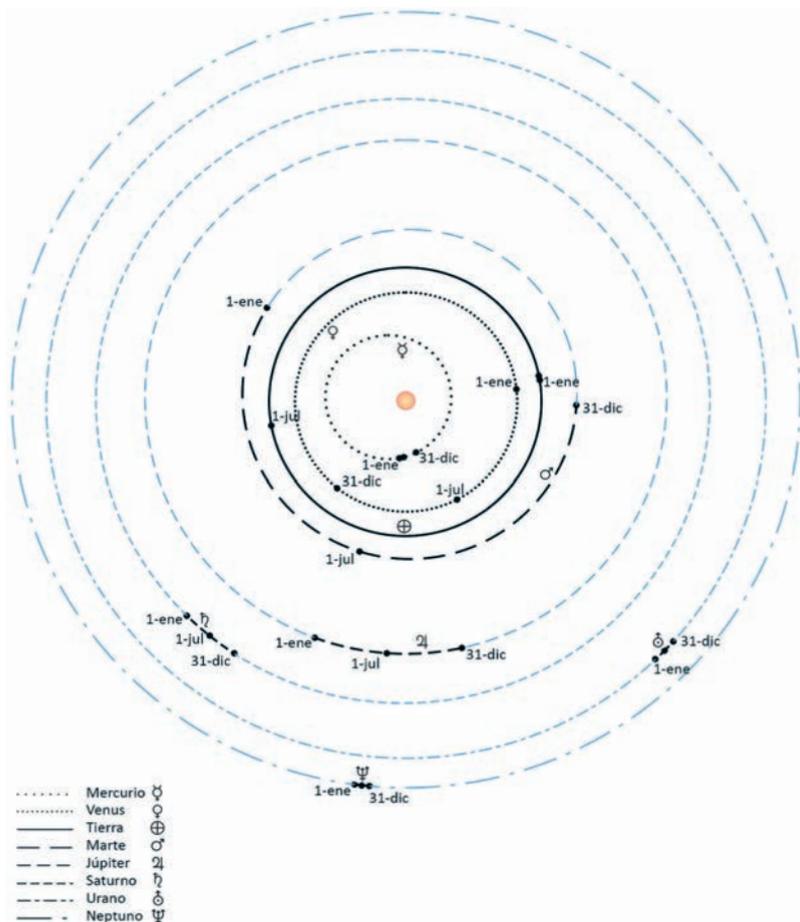
donde  $d$  es el día del año.

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.

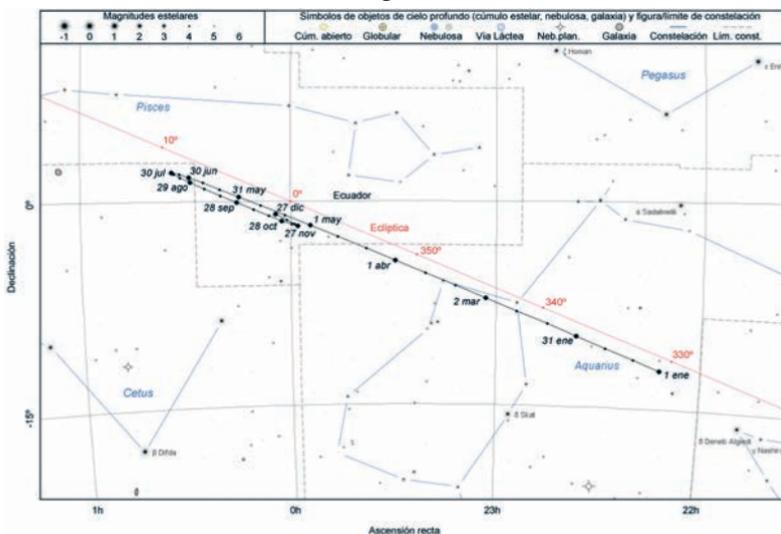




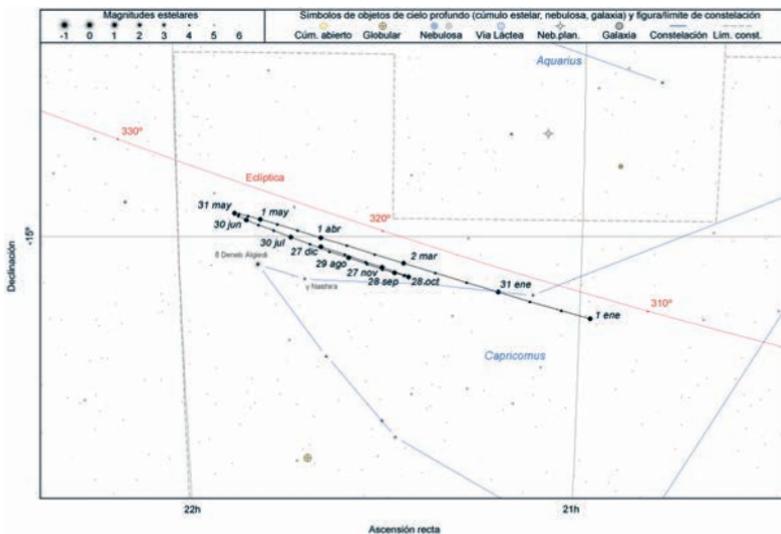
## Trayectorias de los planetas a lo largo del año

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

### Júpiter

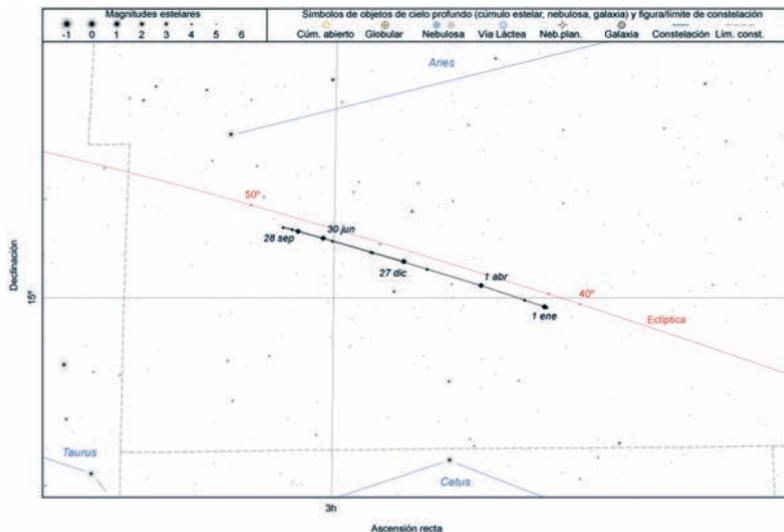


### Saturno

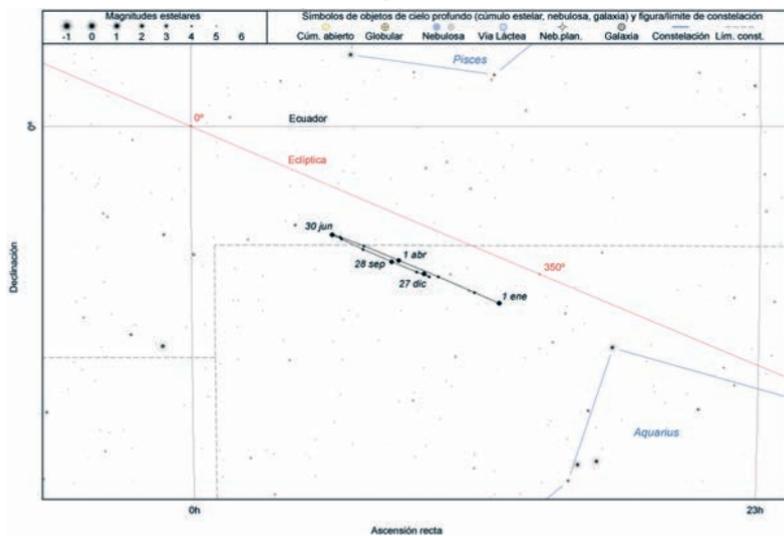


En el caso de Urano y Neptuno la separación en los puntos de la trayectoria es de 10 días con fechas cada 100 días.

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

Planeta	Número de satélites
Mercurio	0
Venus	0
Tierra	1
Marte	2
Júpiter	79
Saturno	82
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 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 Jápeto es, aproximadamente, de 0,6 en su lado brillante y 0,04 en el oscuro. En los satélites más pequeños, descubiertos en los últimos años, no se dispone de una medida del albedo, por lo que se suelen usar valores tentativos que no se han indicado en la tabla. El albedo que se suele considerar para los pequeños satélites es de 0,04 para los de Júpiter, 0,06 para los de Saturno, 0,07 para los de Urano y variables para los de Neptuno.

Elementos orbitales						
planeta	satélite	semieje mayor (10 <sup>3</sup> km)	excentricidad (en R <sub>p</sub> )	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 Pasíteo	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"
LIV	S/2016 J1	20595	288,08	0,1404	139,839	1° 52' 22"
LV	S/2003 J18	20508	286,86	0,0895	146,077	1° 52' 05"
LVI	S/2011 J2	23124	323,45	0,3493	153,597	2° 06' 22"
LVII	Eirene	23495	328,64	0,2476	165,248	2° 08' 23"
LVIII	Filofrósine	22627	316,50	0,1899	146,492	2° 03' 39"
LIX	S/2017 J1	23484	328,49	0,3969	149,196	2° 08' 20"
LX	Eufema	20221	282,84	0,1969	147,547	1° 50' 31"
LXI	S/2003 J19	23533	329,17	0,2552	165,116	2° 08' 36"
LXII	S/2016 J2	18980	264,4	0,222	34,0	1° 43' 44"
LXIII	S/2017 J2	23303	326,0	0,236	166,4	2° 07' 21"
LXIV	S/2017 J3	20694	289,5	0,148	147,9	1° 53' 06"
LXV	Pandía	11525	261,2	0,180	28,15	1° 03' 00"
LXVI	S/2017 J5	23232	325,0	0,284	164,3	2° 06' 57"
LXVII	S/2017 J6	22455	314,1	0,557	155,2	2° 02' 43"
LXVIII	S/2017 J7	20627	288,5	0,215	143,4	1° 52' 44"
LXIX	S/2017 J8	23233	325,0	0,312	164,7	2° 06' 57"
LXX	S/2017 J9	21487	300,6	0,229	152,7	1° 57' 26"
LXXI	Ersa	11483	160,6	0,094	30,61	1° 02' 46"
LXXII	S/2011 J1	23446	327,95	0,2534	165,318	2° 08' 07"
	S/2003 J2	28347	396,51	0,4100	157,291	2° 34' 52"
	S/2003 J4	23929	334,71	0,3624	149,589	2° 10' 45"
	S/2003 J9	23385	327,10	0,2632	165,047	2° 08' 02"
	S/2003 J10	23042	322,30	0,4299	165,073	2° 06' 09"
	S/2003 J12	17830	249,40	0,4904	151,003	1° 37' 27"
	S/2003 J16	21097	295,10	0,2281	148,683	1° 55' 18"
	S/2003 J23	23567	329,65	0,2746	146,424	2° 08' 47"
Saturno:						
I	Mimas	185,539	3,08	0,0196	1,574	30"
II	Encélado	238,042	3,95	0,0000	0,003	38"
III	Tetis	294,672	4,89	0,0001	1,091	48"

Elementos orbitales						
planeta	satélite	semieje mayor (10 <sup>3</sup> km)	excentricidad (en R <sub>p</sub> )	excentricidad	inclinación (°)	máxima elongac.
IV	Dione	377,415	6,26	0,0022	0,028	1' 01"
V	Rea	527,068	8,75	0,0002	0,333	1' 25"
VI	Titán	1221,865	20,27	0,0288	0,306	3' 17"
VII	Hiperión	1500,933	24,90	0,0232	0,615	4' 02"
VIII	Jápeto	3560,854	59,08	0,0293	8,298	9' 35"
IX	Febe	12947,918	214,84	0,1634	175,243	34' 51"
X	Jano	151,45	2,51	0,0098	0,165	24"
XI	Epimeteo	151,450	2,51	0,0161	0,353	24"
XII	Helena	377,444	6,26	~0	0,213	1' 01"
XIII	Telesto	294,71	4,89	0,0002	1,180	48"
XIV	Calipso	294,721	4,89	0,0005	1,500	48"
XV	Atlas	137,774	2,29	0,0011	0,003	22"
XVI	Prometeo	139,429	2,31	0,0022	0,007	23"
XVII	Pandora	141,810	2,35	0,0042	0,050	23"
XVIII	Pan	133,585	2,22	~0	~0	22"
XIX	Ymir	23128	383,75	0,3338	173,496	1° 02' 15"
XX	Paaliaq	15204	252,27	0,3325	46,230	40' 55"
XXI	Tarvos	18243	302,70	0,5382	33,725	49' 06"
XXII	Ijiraq	11408	189,29	0,2721	47,483	30' 42"
XXIII	Suttungr	19468	323,02	0,1139	175,815	52' 24"
XXIV	Kiviuq	11384	188,89	0,3325	46,766	30' 39"
XXV	Mundilfari	18654	309,52	0,2098	167,446	50' 12"
XXVI	Albiorix	16393	272,00	0,4797	34,059	44' 07"
XXVII	Skadi	15635	259,42	0,2718	152,633	42' 05"
XXVIII	Erriapo	17602	292,06	0,4723	34,481	47' 23"
XXIX	Siarnaq	18182	301,69	0,2801	45,809	48' 56"
XXX	Thrymr	20419	338,80	0,4661	177,665	54' 57"
XXXI	Narvi	19349	321,05	0,4295	145,735	52' 05"
XXXII	Metone	194,402	3,23	~0	0,013	31"
XXXIII	Palene	212,282	3,52	0,0040	0,001	34"
XXXIV	Pólux	377,222	6,26	0,0191	0,175	1' 01"
XXXV	Dafnis	136,504	2,26	~0	~0,003	22"
XXXVI	Ægir	20751	344,31	0,2524	166,668	55' 51"
XXXVII	Bébhionn	17116	284,00	0,4682	35,101	46' 04"
XXXVIII	Bergelmir	19336	320,83	0,1420	158,557	52' 03"
XXXIX	Bestla	20145	334,26	0,5196	145,156	54' 13"
XL	Fárbauti	20390	338,32	0,2414	156,520	54' 53"
XLI	Fenrir	22454	372,57	0,1347	164,963	1° 00' 26"
XLII	Fornjót	25146	417,24	0,2077	170,372	1° 07' 41"
XLIII	Hati	19868	329,66	0,3710	165,808	53' 29"
XLIV	Hyrokkin	18440	305,97	0,3359	151,536	49' 38"
XLV	Kári	22093	366,58	0,4756	156,067	59' 28"
XLVI	Loge	23059	382,61	0,1862	167,689	1° 02' 04"
XLVII	Skoll	17667	293,14	0,4635	161,008	47' 33"
XLVIII	Surtur	22941	380,65	0,4459	169,688	1° 01' 45"

## Elementos orbitales

planeta	satélite	semieje mayor (10 <sup>3</sup> km)	excentricidad (en R <sub>P</sub> )	excentricidad	inclinación (°)	máxima elongac.
XLIX	Antea	196,8	3,27	0,0011	0,015	32"
L	Járn saxa	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/2004 S20	19211	318,76	0,204	163,1	51' 42"
	S/2004 S21	23810	395,07	0,312	154,6	1° 04' 05"
	S/2004 S22	20380	338,16	0,257	177,4	54' 51"
	S/2004 S23	21427	355,53	0,399	177,7	57' 40"
	S/2004 S24	23231	385,46	0,049	36,78	1° 02' 32"
	S/2004 S25	20545	340,89	0,457	173,3	55' 18"
	S/2004 S26	26738	443,65	0,148	171,3	1° 11' 58"
	S/2004 S27	19777	328,15	0,120	167,1	53' 14"
	S/2004 S28	21791	361,57	0,133	171,0	58' 39"
	S/2004 S29	17471	289,89	0,472	44,43	47' 01"
	S/2004 S30	20424	338,89	0,113	156,3	54' 58"
	S/2004 S31	17403	288,76	0,242	48,11	46' 51"
	S/2004 S32	21564	357,80	0,262	158,5	58' 02"
	S/2004 S33	23765	394,32	0,417	161,5	1° 03' 58"
	S/2004 S34	24359	404,18	0,267	165,7	1° 05' 34"
	S/2004 S35	21953	364,26	0,182	176,4	59' 05"
	S/2004 S36	23699	393,23	0,667	147,6	1° 03' 47"
	S/2004 S37	16003	265,53	0,506	164,0	43' 04"
	S/2004 S38	23006	381,73	0,381	155,0	1° 01' 55"
	S/2004 S39	22790	378,14	0,081	167,6	1° 01' 20"
	S/2006 S1	18780	311,61	0,1412	156,180	50' 33"
	S/2006 S3	22428	372,14	0,3792	158,631	1° 00' 22"
	S/2007 S2	16718	277,39	0,1791	174,057	45' 00"
	S/2007 S3	18938	314,23	0,1853	177,595	50' 58"
	S/2009 S1	117	1,94			19"
Urano:						
I	Ariel	190,9	7,47	0,0012	0,041	14"
II	Umbriel	266	10,41	0,0039	0,128	20"
III	Titania	436,3	17,07	0,0011	0,079	33"
IV	Oberón	583,5	22,83	0,0014	0,068	44"
V	Miranda	129,9	5,08	0,0013	4,338	10"
VI	Cordelia	49,8	1,95	0,0003	0,085	4"
VII	Ofelia	53,8	2,10	0,0099	0,104	4"
VIII	Bianca	59,2	2,32	0,0009	0,193	4"
IX	Cresida	61,8	2,42	0,0004	0,006	5"
X	Desdémona	62,7	2,45	0,0001	0,113	5"

Elementos orbitales						
planeta	satélite	semieje mayor (10 <sup>3</sup> km)	(en R <sub>p</sub> )	excentricidad	inclinación (°)	máxima elongac.
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	Laomedeia	23613	953,52	0,4339	34,049	18' 40''
XIII	Neso	50258	2029,48	0,4243	131,265	39' 44''
XIV	Hipocampo	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	Carne	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	Calífrroe	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
LIV	Valetudo	R 602,7		2016 S.S.Sheppard
LV	S/2003 J18	R 606,3		2003 B.Gladman
LVI	S/2011 J2	R 726,8		2011 S.S.Sheppard
LVII	S/2003 J5	R 759,7		2003 S.S.Sheppard
LVIII	S/2003 J15	R 668,4		2003 S.S.Sheppard
LIX	S/2017 J1	R 734,2		2017 S.S.Sheppard
LX	S/2003 J3	R 504,0		2003 S.S.Sheppard
LXI	S/2003 J19	R 701,3		2003 B.Gladman
LXII	S/2016 J2	533,3		2016 S.S.Sheppard
LXIII	S/2017 J2	R 723,1		2017 S.S.Sheppard
LXIV	S/2017 J3	R 606,3		2017 S.S.Sheppard
LXV	S/2017 J4	252,1		2017 S.S.Sheppard
LXVI	S/2017 J5	R 719,5		2017 S.S.Sheppard
LXVII	S/2017 J6	R 683,0		2017 S.S.Sheppard
LXVIII	S/2017 J7	R 602,6		2017 S.S.Sheppard
LXIX	S/2017 J8	R 719,6		2017 S.S.Sheppard
LXX	S/2017 J9	R 639,2		2017 S.S.Sheppard
LXXI	S/2018 J1	252,0		2018 S.S.Sheppard
LXXXII	S/2011 J1	R 580,7		2011 S.S.Sheppard
	S/2003 J2	R 982,5		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J4	R 723,2		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J9	R 683,0		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J10	R 767,0		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J12	R 533,3		2003 S.S.Sheppard
	S/2003 J16	R 595,4		2003 B.Gladman
	S/2003 J23	R 759,7		2003 S.S.Sheppard
Saturno:				
I	Mimas	0,942422	sincr.	1789 W.Herschel
II	Encélado	1,370218	sincr.	1789 W.Herschel
III	Tetis	1,887802	sincr.	1684 G.Cassini

## Períodos y descubrimiento

planeta	satélite	periodo orbital (d)	periodo de rotación (d)	descubrimiento
IV	Dione	2,736915	sincr.	1684 G.Cassini
V	Rea	4,517500	sincr.	1672 G.Cassini
VI	Titán	15,945421	sincr.	1655 C.Huygens
VII	Hiperión	21,276609		1848 Bond et al
VIII	Jápeto	79,330182	sincr.	1671 G.Cassini
IX	Febe	R 548	0,4	1898 W.Pickering
X	Jano	0,6945	sincr.	1966 A.Dollfus
XI	Epimeteo	0,6942	sincr.	1978 Fountain et al
XII	Helena	2,7369		1980 Laques et al
XIII	Telesto	1,8878		1980 Smith et al
XIV	Calipso	1,8878		1980 Pascu et al
XV	Atlas	0,6019		1980 Voyager 1
XVI	Prometeo	0,6130		1980 Voyager 1
XVII	Pandora	0,6285		1980 Voyager 1
XVIII	Pan	0,5750		1990 M.Showalter
XIX	Ymir	R 1315,13		2000 B.Gladman
XX	Paaliaq	686,95		2000 B.Gladman
XXI	Tarvos	926,35		2000 KG
XXII	Ijiraq	451,42		2000 KG
XXIII	Suttungr	R 1016,68		2000 GK
XXIV	Kiviuq	449,22		2000 B.Gladman
XXV	Mundilfari	R 952,80		2000 GK
XXVI	Albiorix	783,46		2000 Holman et al
XXVII	Skadi	R 728,10		2000 KG
XXVIII	Erriapo	871,14		2000 KG
XXIX	Siarnaq	895,51		2000 Gladman et al
XXX	Thrymr	R 1092,01		2000 GK
XXXI	Narvi	R 1003,94		2003 S.S.Sheppard
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 S.S. Sheppard et al
XLV	Kári	R 1231,18		2006 S.S. Sheppard et al
XLVI	Loge	R 1311,37		2006 S.S. Sheppard et al
XLVII	Skoll	R 878,24		2006 S.S. Sheppard et al
XLVIII	Surtur	R 1297,12		2006 S.S. Sheppard et al

---

**Periodos y descubrimiento**


---

planeta	satélite	periodo orbital (d)	periodo de rotación (d)	descubrimiento
XLIX	Antea	1,036		2007 Cassini Team
L	Járn saxa	R 1006,94		2006 S.S. Sheppard et al
LI	Greip	R 937,14		2006 S.S. Sheppard et al
LII	Tarqeq	885,15		2007 S.S. Sheppard 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/2004 S20	R 990		2004 S.S. Sheppard et al
	S/2004 S21	R 1365		2004 S.S. Sheppard et al
	S/2004 S22	R 1080		2004 S.S. Sheppard et al
	S/2004 S23	R 1164		2004 S.S. Sheppard et al
	S/2004 S24	1318		2004 S.S. Sheppard et al
	S/2004 S25	R 1095		2004 S.S. Sheppard et al
	S/2004 S26	R 1624		2004 S.S. Sheppard et al
	S/2004 S27	R 1413		2004 S.S. Sheppard et al
	S/2004 S28	R 1197		2004 S.S. Sheppard et al
	S/2004 S29	859		2004 S.S. Sheppard et al
	S/2004 S30	R 1084		2004 S.S. Sheppard et al
	S/2004 S31	854		2004 S.S. Sheppard et al
	S/2004 S32	R 1175		2004 S.S. Sheppard et al
	S/2004 S33	R 1362		2004 S.S. Sheppard et al
	S/2004 S34	R 1413		2004 S.S. Sheppard et al
	S/2004 S35	R 1208		2004 S.S. Sheppard et al
	S/2004 S36	R 1354		2004 S.S. Sheppard et al
	S/2004 S37	R 753		2004 S.S. Sheppard et al
	S/2004 S38	R 1296		2004 S.S. Sheppard et al
	S/2004 S39	R 1278		2004 S.S. Sheppard et al
	S/2006 S1	R 962,23		2006 S.S. Sheppard et al
	S/2006 S3	R 1255,15		2006 S.S. Sheppard et al
	S/2007 S2	R 808,15		2007 S.S. Sheppard et al
	S/2007 S3	R 977,78		2007 S.S. Sheppard et al
	S/2009 S1			2009 Cassini Team
Urano:				
I	Ariel	2,520379	sincr.	1851 W.Lassell
II	Umbriel	4,144177	sincr.	1851 W.Lassell
III	Titania	8,705872	sincr.	1787 W.Herschel
IV	Oberón	13,463239	sincr.	1787 W.Herschel
V	Miranda	1,413479	sincr.	1948 G.Kuiper
VI	Cordelia	0,335033		1986 Voyager 2
VII	Ofelia	0,376409		1986 Voyager 2
VIII	Bianca	0,434577		1986 Voyager 2
IX	Cresida	0,463570		1986 Voyager 2
X	Desdémona	0,473651		1986 Voyager 2

---

## Períodos y descubrimiento

planeta	satélite	periodo orbital (d)	periodo de rotación (d)	descubrimiento
XI	Julieta	0,493066		1986 Voyager 2
XII	Porcia	0,513196		1986 Voyager 2
XIII	Rosalinda	0,558459		1986 Voyager 2
XIV	Belinda	0,623525		1986 Voyager 2
XV	Puck	0,761832		1985 Voyager 2
XVI	Calibán	R 580		1997 Gladman et al
XVII	Sícorax	R 1288		1997 Gladman et al
XVIII	Próspero	R 1978		1999 Holman et al
XIX	Setebos	R 2225		1999 Kavelaars et al
XX	Esteban	R 677		1999 Gladman et al
XXI	Trínculo	R 749		2001 Holman et al
XXII	Francisco	R 267		2001 HG
XXIII	Margarita	1695		2003 Holman et al
XXIV	Fernando	R 2823		2001 HG
XXV	Perdita	0,638		1999 Voyager 2
XXVI	Mab	0,923		2003 SL
XXVII	Cupido	0,613		2003 SL
Neptuno:				
I	Tritón	R 5,876854	sincr.	1846 W.Lassell
II	Nereida	360,13619		1949 G.Kuiper
III	Náyade	0,294396		1989 Voyager 2
IV	Talasa	0,311485		1989 Voyager 2
V	Despina	0,334655		1989 Voyager 2
VI	Galatea	0,428745		1989 Voyager 2
VII	Larisa	0,554654		1989 Voyager 2
VIII	Proteo	1,122315		1989 Voyager 2
IX	Halimede	R 1879,33		2002 Holman et al
X	Psámate	R 9128,74		2003 JKS
XI	Sao	2919,16		2002 Holman et al
XII	Laomedeia	3175,62		2002 Holman et al
XIII	Neso	R 9880,63		2002 HG
XIV	Hipocampo	0,950		2013 Showalter et al

**Datos físicos y fotométricos**

planeta	satélite	diámetro (km)	masa ( $10^{20}$ kg)	densidad ( $\text{g cm}^{-3}$ )	magn. oposic.	albedo geom.
Tierra:	Luna	3475	735	3,344	-12,74	0,12
Marte:						
I	Fobos	27×22×18	$1,1 \cdot 10^{-4}$	1,872	11,4	0,07
II	Deimos	15×12×10	$1,5 \cdot 10^{-5}$	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	~170	0,067	2,6	14,2 R	0,04
VII	Elara	~86	0,009	2,6	16,0 R	0,04
VIII	Pasífae	~60	0,003	2,6	16,8 R	0,10
IX	Sinope	~38	0,001	2,6	18,2 R	0,05
X	Lisitea	~36	0,001	2,6	18,1 R	0,04
XI	Carme	~46	0,001	2,6	18,1 R	0,06
XII	Ananké	~28	$3 \cdot 10^{-4}$	2,6	19,1 R	0,06
XIII	Leda	~20	$10^{-4}$	2,6	19,2 R	0,04
XIV	Tebe	99	0,015	3,0	16,0	0,05
XV	Adrastea	25×20×15	$7 \cdot 10^{-5}$	3,0	18,7	~0,1
XVI	Metis	43	0,001	3,0	17,5	0,06
XVII	Calíroo	9	$10^{-5}$	2,6	20,8 R	0,04
XVIII	Temisto	8	$10^{-5}$	2,6	21,0 R	0,04
XIX	Megaclite	5			21,7 R	0,04
XX	Táigete	5			21,9 R	0,04
XXI	Caldona	4			22,5 R	0,04
XXII	Harpálice	4			22,2 R	0,04
XXIII	Cálice	5			21,8 R	0,04
XXIV	Yocasta	5			21,8 R	0,04
XXV	Erínome	3			22,8 R	0,04
XXVI	Isonoe	4			22,5 R	0,04
XXVII	Praxídice	7			21,2 R	0,04
XXVIII	Autónoe	4			22,0 R	
XXIX	Tione	4			22,3 R	0,04
XXX	Hermipé	4			22,1 R	
XXXI	Aitné	3			22,7 R	
XXXII	Eurídome	3			22,7 R	
XXXIII	Euante	3			22,8 R	
XXXIV	Euporia	2			23,1 R	
XXXV	Ortosia	2			23,1 R	
XXXVI	Sponde	2			23,0 R	
XXXVII	Cale	2			23,0 R	

## Datos físicos y fotométricos

planeta	satélite	diámetro (km)	masa ( $10^{20}$ kg)	densidad ( $\text{g cm}^{-3}$ )	magn. oposic.	albedo geom.
XXXVIII	Pasítea	2			23,2 R	
XXXIX	Hegémone	3			22,8 R	
XL	Mneme	2			23,3 R	
XLI	Aoede	4			22,5 R	
XLII	Telxínoe	2			23,5 R	
XLIII	Arque	3			22,8 R	
XLIV	Calicore	2			23,7 R	
XLV	Hélice	4			22,6 R	
XLVI	Carpo	3			23,0 R	
XLVII	Eucelade	4			22,6 R	
XLVIII	Cilene	2			23,2 R	
XLIX	Core	2			23,6 R	
L	Herse	2			23,4 R	
LI	S/2010 J1	2			23,2 R	
LII	S/2010 J2	1			24,0 R	
LIII	Día	4			22,4	0,04
LIV	S/2016 J1	1			24,0 R	
LV	S/2003 J18	2			23,4 R	
LVI	S/2011 J2	1			23,5 R	
LVII	Eirene	2			22,4 R	
LVIII	Filofrósine	2			23,5 R	
LIX	S/2017 J1	2			23,8 R	
LX	Eufema	2			23,4 R	
LXI	S/2003 J19	2			23,7 R	
LXII	S/2016 J2	1			24,0	
LXIII	S/2017 J2	2			23,5 R	
LXIV	S/2017 J3	2			23,4 R	
LXV	Pandía	3			23,0	
LXVI	S/2017 J5	2			23,5 R	
LXVII	S/2017 J6	2			23,5 R	
LXVIII	S/2017 J7	2			23,6 R	
LXIX	S/2017 J8	1			24,0 R	
LXX	S/2017 J9	3			22,8 R	
LXXI	Ersa	3			22,9	
LXXII	S/2011 J1	2			23,7 R	
	S/2003 J2	2			23,2 R	
	S/2003 J4	2			23,0 R	
	S/2003 J9	1			23,7 R	
	S/2003 J10	2			23,6 R	
	S/2003 J12	1			23,9 R	
	S/2003 J16	2			23,3 R	
	S/2003 J23	2			23,6 R	
Saturno:						
I	Mimas	396	0,375	1,150	12,8	0,96
II	Encélado	504	1,079	1,608	11,8	1,38

## Datos físicos y fotométricos

planeta	satélite	diámetro (km)	masa ( $10^{20}$ kg)	densidad ( $\text{g cm}^{-3}$ )	magn. oposic.	albedo geom.
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
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	~18	$5 \cdot 10^{-5}$	2,3	21,9 R	0,06
XX	Paaliaq	~22	$8 \cdot 10^{-5}$	2,3	21,1 R	0,06
XXI	Tarvos	~15	$3 \cdot 10^{-5}$	2,3	22,7 R	0,06
XXII	Ijiraq	~12	$10^{-5}$	2,3	22,6 R	0,06
XXIII	Suttungr	~7		2,3	23,9 R	0,06
XXIV	Kiviuq	~16	$3 \cdot 10^{-5}$	2,3	22,1 R	0,06
XXV	Mundilfari	~7		2,3	23,8 R	0,06
XXVI	Albiorix	~32	$2 \cdot 10^{-4}$	2,3	20,5 R	0,06
XXVII	Skadi	~8		2,3	23,6 R	0,06
XXVIII	Erriapo	~10	$10^{-5}$	2,3	23,4 R	0,06
XXIX	Siarnaq	~40	$4 \cdot 10^{-4}$	2,3	19,9 R	0,06
XXX	Thrymr	~7		2,3	23,9 R	0,06
XXXI	Narvi	~7		2,3	23,8 R	0,06
XXXII	Metone	3		0,5		
XXXIII	Palene	5		0,5		
XXXIV	Pólux	3		0,5		
XXXV	Dafnis	8		0,340		
XXXVI	Ægir	~6		2,3	24,4 R	0,04
XXXVII	Bébhionn	~6		2,3	24,1 R	0,04
XXXVIII	Bergelmir	~6		2,3	24,2 R	0,04
XXXIX	Bestla	~7		2,3	23,8 R	0,04
XL	Fárbaui	~5		2,3	24,7 R	0,04
XLI	Fenrir	~4		2,3	25,0 R	0,04
XLII	Fornjót	~6		2,3	24,6 R	0,04
XLIII	Hati	~6		2,3	24,4 R	0,04
XLIV	Hyrokkin	~6		2,3	23,5 R	0,04
XLV	Kári	~6		2,3	23,9 R	0,04

## Datos físicos y fotométricos

planeta	satélite	diámetro (km)	masa ( $10^{20}$ kg)	densidad ( $\text{g cm}^{-3}$ )	magn. oposic.	albedo geom.
XLVI	Loge	~6		2,3	24,6 R	0,04
XLVII	Skoll	~6		2,3	24,5 R	0,04
XLVIII	Surtur	~6		2,3	24,8 R	0,04
XLIX	Antea	~2		0,5		
L	Járnsaxa	~6		2,3	24,7 R	0,04
LI	Greip	~6		2,3	24,4 R	0,04
LII	Tarqeq	~6		2,3	23,9 R	0,04
LIII	Ægeon	~1		0,5		
	S/2004 S07	~6		2,3	24,5 R	0,04
	S/2004 S12	~5		2,3	24,8 R	0,04
	S/2004 S13	~6		2,3	24,5 R	0,04
	S/2004 S17	~4		2,3	25,2 R	0,04
	S/2004 S20	~8			25,0 R	
	S/2004 S21	~6			25,4 R	
	S/2004 S22	~6			25,3 R	
	S/2004 S23	~8			24,8 R	
	S/2004 S24	~6			25,2 R	
	S/2004 S25	~6			25,2 R	
	S/2004 S26	~8			25,0 R	
	S/2004 S27	~8			24,5 R	
	S/2004 S28	~8			24,9 R	
	S/2004 S29	~8			24,9 R	
	S/2004 S30	~6			25,4 R	
	S/2004 S31	~8			24,9 R	
	S/2004 S32	~8			25,0 R	
	S/2004 S33	~8			25,0 R	
	S/2004 S34	~6			25,3 R	
	S/2004 S35	~8			24,6 R	
	S/2004 S36	~6			25,3 R	
	S/2004 S37	~8			25,1 R	
	S/2004 S38	~8			25,1 R	
	S/2004 S39	~4			25,5 R	
	S/2006 S1	~6		2,3	24,6 R	0,04
	S/2006 S3	~5		2,3	24,6 R	0,04
	S/2007 S2	~6		2,3	24,4 R	0,04
	S/2007 S3	~4		2,3	24,9 R	0,04
	S/2009 S1	~0,3				
Urano:						
I	Ariel	1158	12,945	1,592	13,70	0,39
II	Umbriel	1169	12,211	1,459	14,47	0,21
III	Titania	1578	34,191	1,662	13,49	0,27
IV	Oberón	1523	28,827	1,559	13,70	0,23
V	Miranda	472	0,659	1,214	15,79	0,32
VI	Cordelia	40	$4 \cdot 10^{-4}$	1,3	23,62	0,07

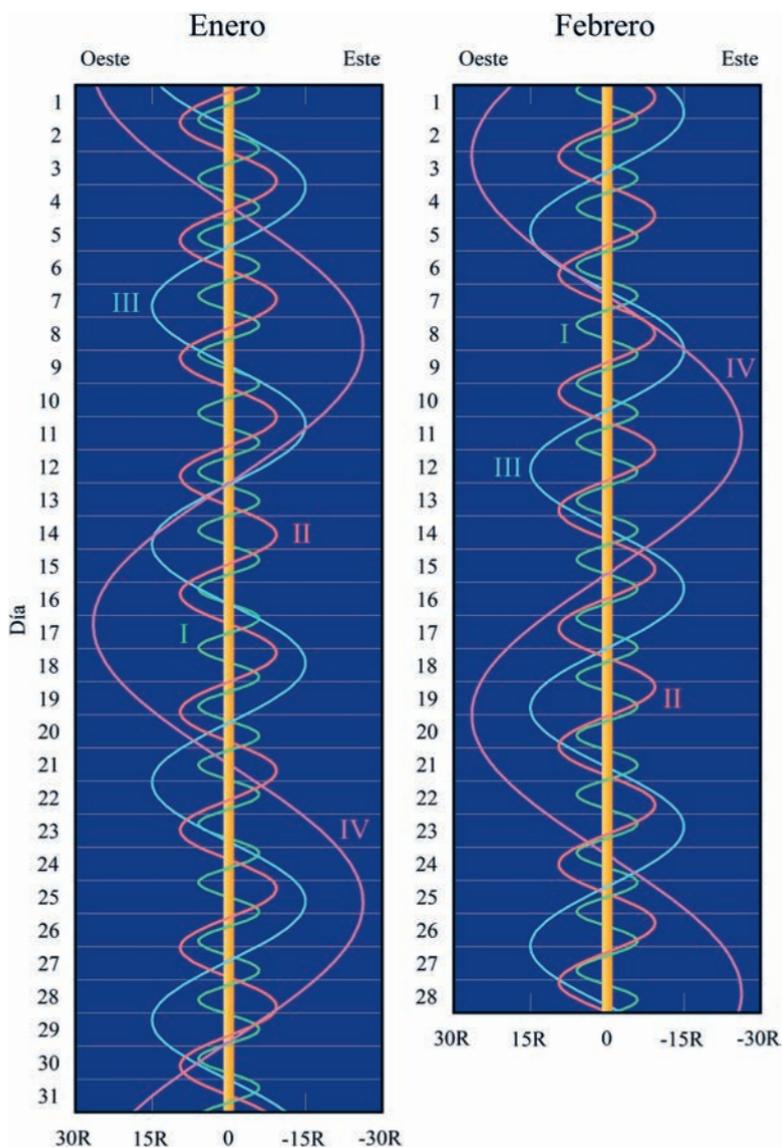
## Datos físicos y fotométricos

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



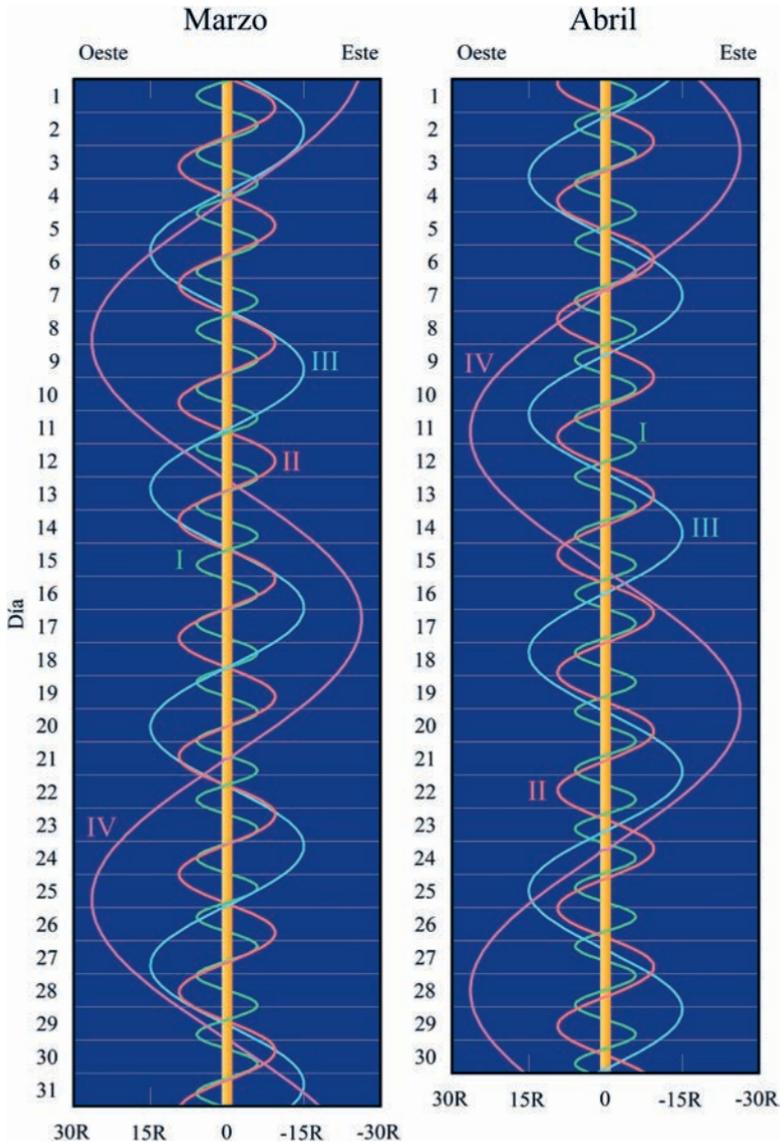
## Posiciones relativas de los satélites galileanos de Júpiter

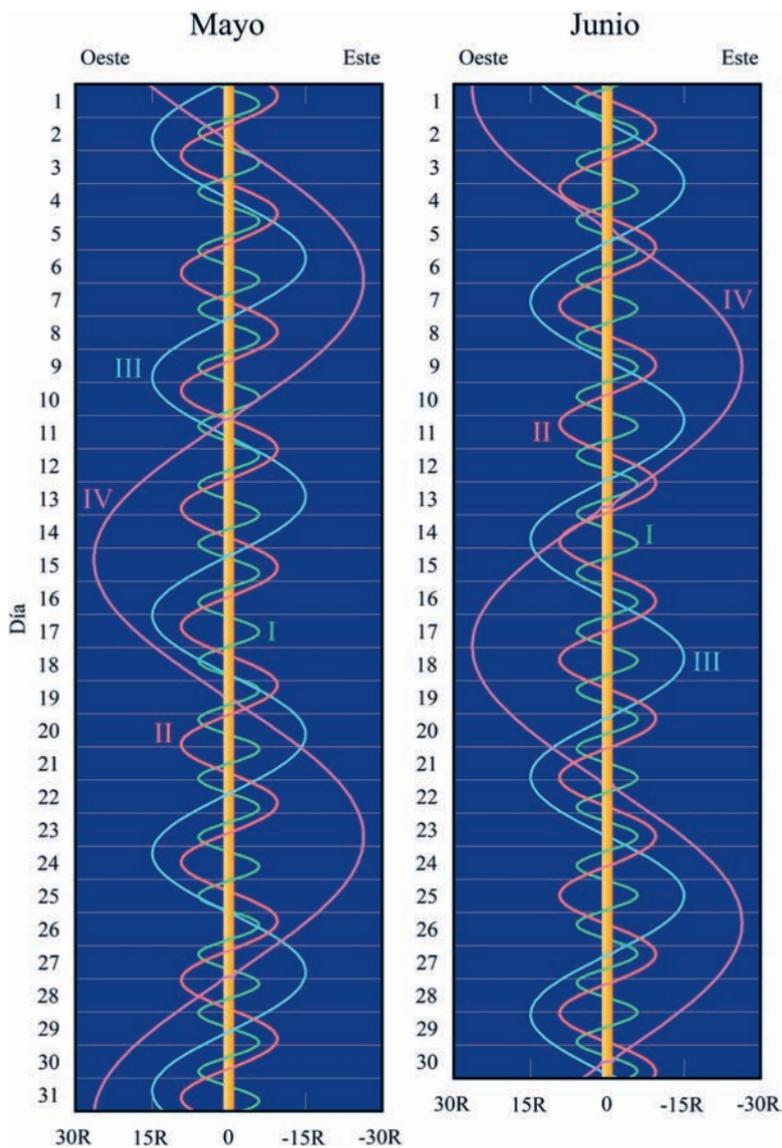
De menor a mayor amplitud, las posiciones dibujadas corresponden a Io (I), Europa (II), Ganimedes (III) y Calisto (IV).

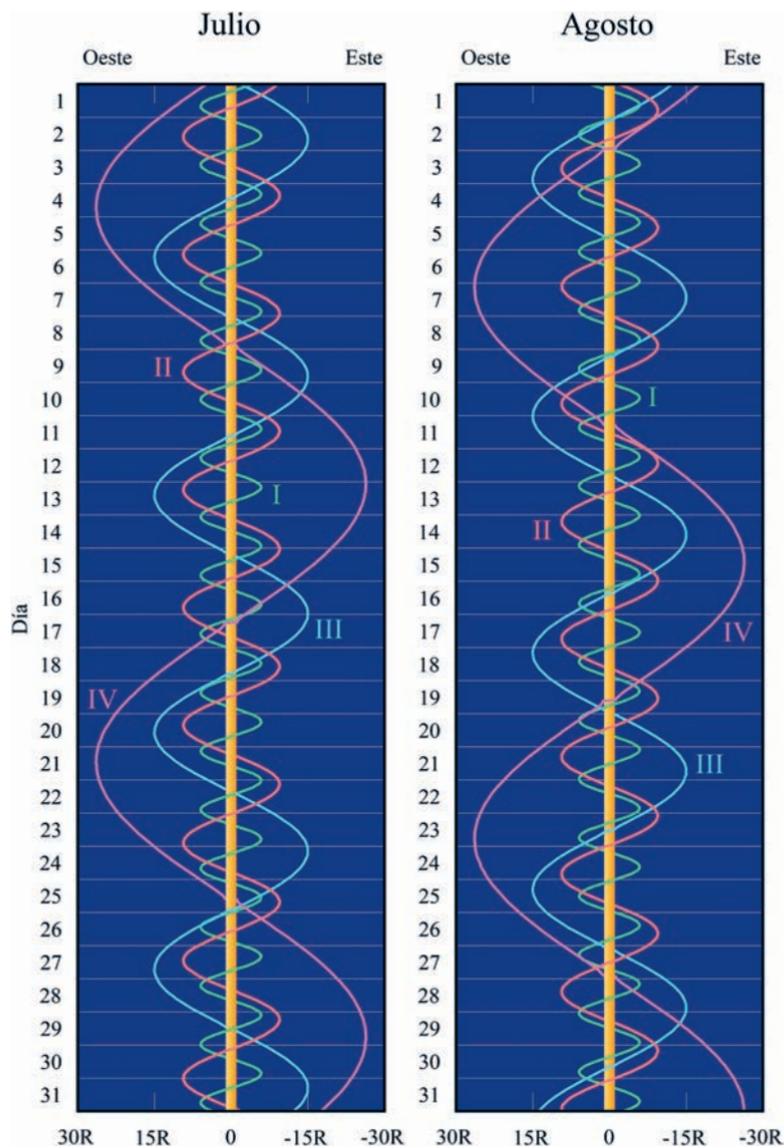


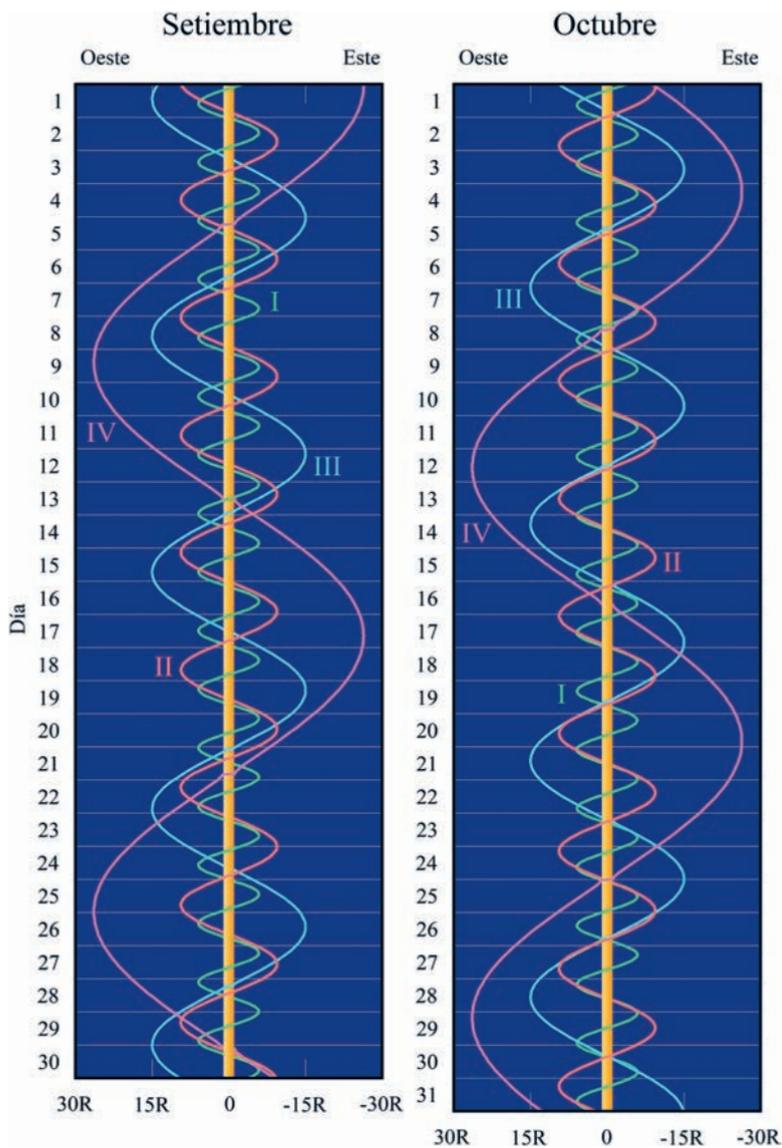
Obsérvese que Oeste y Este están colocados como se ven en un telescopio y al revés de como se ven con unos prismáticos.

Las línea vertical central indica el tamaño del planeta. La separación respecto del centro del planeta viene dada en radios planetarios (R).









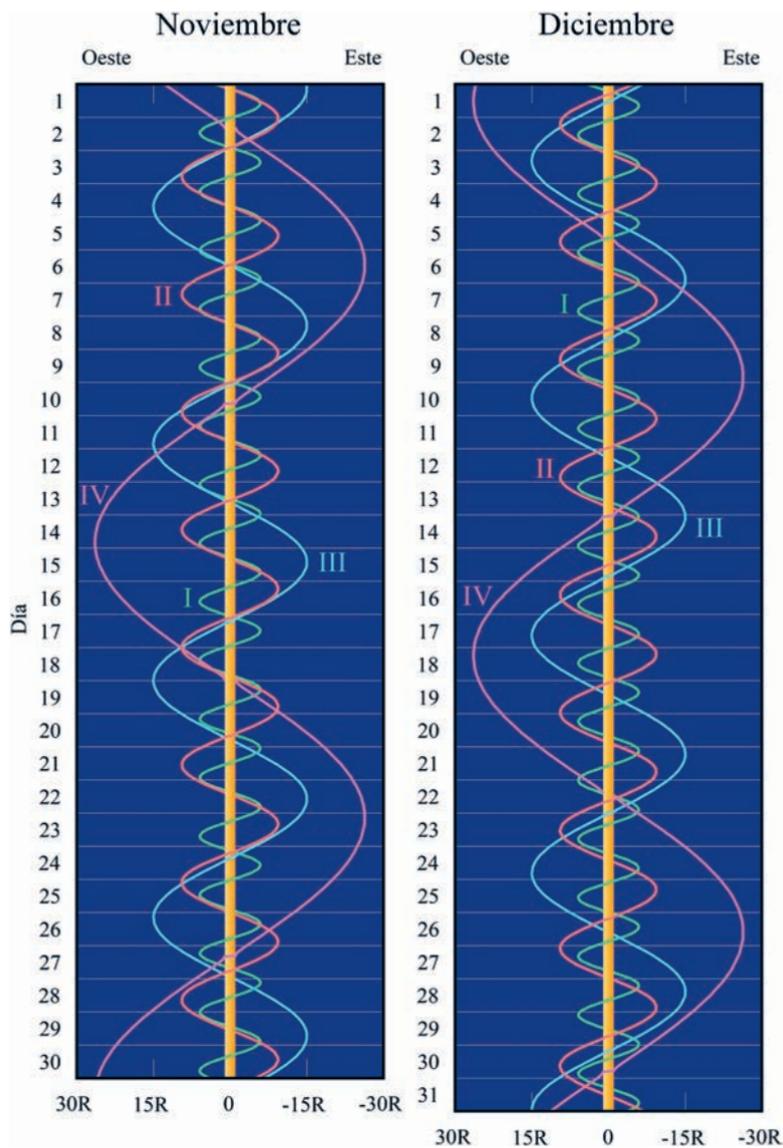


Tabla de equivalencias para distancias en el sistema solar

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 agosto de 2021:

Planetas enanos:	5
Satélites de los planetas enanos:	9
Asteroides descubiertos:	~1 112 000
Asteroides numerados:	~585 000
Asteroides nombrados:	~22 700
Ritmo anual de descubrimiento de asteroides:	~11 000
Asteroides potencialmente peligrosos:	2 203
Objetos Atenas ( $Q > 0,983$ ua, $a < 1$ ua):	2 066
Objetos Apolo ( $q < 1,017$ ua, $a > 1$ ua):	14 639
Objetos Amor ( $1,017 < q < 1,3$ ua):	9 821
Objetos Centauro (entre Júpiter y Neptuno):	34
Objetos transneptunianos:	2 777
Cometas con denominación IAU:	~ 4210
Cometas de corto periodo numerados:	425
Ritmo de descubrimiento de cometas:	~ 70 por año
Masa total de los asteroides:	$0,0005 \mathcal{M}_{\oplus}$
Masa del cinturón de Kuiper:	$0,03-0,1 \mathcal{M}_{\oplus}$
Masa de la nube exterior de Oort:	$\sim 5 \mathcal{M}_{\oplus}$

Donde son:

- $a$  semieje mayor de la órbita.
- $q$  distancia mínima al Sol.
- $Q$  distancia máxima al Sol.

Véase una descripción de distintos tipos de asteroides en la sección dedicada a los asteroides cercanos a la Tierra.

## Planetas enanos

En la Asamblea General de la Unión Astronómica Internacional (IAU) celebrada en Praga en agosto de 2006 se resolvió añadir un nuevo término de objeto celeste, el de "planeta enano". Este es un cuerpo celeste que:

- (a) está en órbita alrededor del Sol,

- (b) tiene suficiente masa para que su propia gravedad haya superado la fuerza de cuerpo rígido, de manera que ha adquirido equilibrio hidrostático (forma casi esférica),
- (c) no ha limpiado de otros cuerpos similares la vecindad de su órbita y
- (d) no es un satélite.

Según tal definición, Plutón deja de ser un planeta en el sentido clásico y pasa a ser catalogado como planeta enano. Además, es el prototipo de una nueva categoría de objetos transneptunianos que la IAU, en la reunión de su 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:  $\varpi = \omega - \Omega$ .

**Distancias orbitales (J2000.0)**

Planeta	semieje mayor, $a$		excentri- cidad, $e$	distancias (ua)	
	en ua	10 <sup>6</sup> km		q,mínima	Q,máxima
Ceres	2,7655	413,71	0,0800	2,544	2,987
Plutón	39,4817	5906,38	0,2488	28,641	50,322
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	~0,6	~0,5	15,1	0,85	0,0007
Haumea	0,7		16,5		0,0005
Makemake	0,8		16,0		0,0005
Eris	0,9		17,1		0,0002

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

**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	~0,157	$1920 \times 1540 \times 990$	~0,4	~2"7	~0,002
Makemake	~0,118	$1434 \times 1434 \times 1422$	0,008	~2"1	~0,002
Eris	0,185	2326	~0	3"3	0,0064

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

**Masa**

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

---

**Descubrimiento de los planetas enanos**


---

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

---



---

**Satélites de los planetas enanos**


---

planeta satélite	dimensiones (km)	mag.	periodo orbital (d)	descubrimiento
Plutón:				
I Caronte	1208	16,8	6,387	1978 Christy
II Nix	50×35×33	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.

**Efemérides**

Coordenadas astrométricas, incluyendo perturbaciones planetarias.

<b>CERES 2022</b>							
(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	03 46 17,0	+17 43 35	1,906	2,718	14	7,9
Ene	11	03 43 09,3	+18 13 37	1,999	2,710	17	8,1
Ene	21	03 42 53,4	+18 49 52	2,107	2,702	19	8,3
Ene	31	03 45 22,9	+19 31 32	2,226	2,694	20	8,5
Feb	10	03 50 26,2	+20 17 34	2,350	2,687	21	8,6
Feb	20	03 57 46,8	+21 06 28	2,478	2,679	22	8,7
Mar	2	04 07 08,1	+21 56 42	2,606	2,671	22	8,8
Mar	12	04 18 15,7	+22 46 48	2,731	2,664	21	8,9
Mar	22	04 30 55,2	+23 35 13	2,852	2,656	20	9,0
Abr	1	04 44 54,5	+24 20 36	2,967	2,649	19	9,0
Abr	11	05 00 03,4	+25 01 44	3,074	2,642	18	9,1
Abr	21	05 16 11,3	+25 37 28	3,173	2,635	17	9,1
May	1	05 33 09,9	+26 06 51	3,262	2,628	15	9,1
May	11	05 50 51,4	+26 29 04	3,342	2,622	14	9,1
May	21	06 09 07,4	+26 43 29	3,411	2,616	12	9,0
May	31	06 27 51,2	+26 49 36	3,470	2,610	10	9,0
Jun	10	06 46 56,0	+26 47 08	3,517	2,604	8	8,9
Jun	20	07 06 14,8	+26 35 57	3,554	2,598	7	8,9
Jun	30	07 25 42,4	+26 16 04	3,578	2,593	5	8,8
Jul	10	07 45 12,8	+25 47 42	3,592	2,588	3	8,7
Jul	20	08 04 40,8	+25 11 14	3,594	2,583	2	8,6
Jul	30	08 24 02,7	+24 27 10	3,585	2,578	3	8,6
Ago	9	08 43 14,0	+23 36 08	3,564	2,574	4	8,7
Ago	19	09 02 11,3	+22 38 57	3,533	2,570	6	8,8
Ago	29	09 20 52,4	+21 36 27	3,490	2,567	8	8,9
Set	8	09 39 13,9	+20 29 42	3,437	2,563	10	8,9
Set	18	09 57 13,8	+19 19 46	3,373	2,560	12	8,9
Set	28	10 14 50,2	+18 07 49	3,300	2,558	13	9,0
Oct	8	10 31 60,0	+16 55 12	3,216	2,555	15	9,0
Oct	18	10 48 40,8	+15 43 15	3,124	2,554	17	9,0
Oct	28	11 04 49,5	+14 33 25	3,023	2,552	18	8,9
Nov	7	11 20 21,1	+13 27 20	2,915	2,551	19	8,9
Nov	17	11 35 11,1	+12 26 34	2,800	2,550	21	8,9
Nov	27	11 49 12,5	+11 32 53	2,680	2,549	22	8,8
Dic	7	12 02 16,2	+10 48 09	2,555	2,549	22	8,7
Dic	17	12 14 12,3	+10 14 05	2,428	2,549	23	8,6
Dic	27	12 24 47,4	+09 52 34	2,300	2,550	23	8,5

**PLUTON 2022**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta		declinación		distancia (ua)		Ángulo	mag.
	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> <sup>s</sup> )		$\delta_{2000}$ ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> <sup>"</sup> )		a Tierra $\Delta$	al Sol $r$	de fase $\beta$ (°)	
Ene 1	19 51 49,8	-22 42 39	35,380	34,434	0	14,4		
Ene 11	19 53 13,5	-22 39 45	35,419	34,440	0	14,4		
Ene 21	19 54 38,4	-22 36 50	35,428	34,447	0	14,4		
Ene 31	19 56 02,3	-22 34 01	35,408	34,454	0	14,4		
Feb 10	19 57 23,4	-22 31 22	35,359	34,460	1	14,5		
Feb 20	19 58 39,6	-22 28 59	35,284	34,467	1	14,5		
Mar 2	19 59 49,4	-22 26 58	35,184	34,474	1	14,5		
Mar 12	20 00 50,9	-22 25 22	35,064	34,480	1	14,5		
Mar 22	20 01 43,0	-22 24 16	34,926	34,487	1	14,5		
Abr 1	20 02 24,4	-22 23 42	34,775	34,494	2	14,5		
Abr 11	20 02 54,3	-22 23 44	34,615	34,500	2	14,5		
Abr 21	20 03 12,1	-22 24 22	34,452	34,507	2	14,4		
May 1	20 03 17,8	-22 25 35	34,290	34,514	2	14,4		
May 11	20 03 11,3	-22 27 24	34,134	34,520	2	14,4		
May 21	20 02 53,2	-22 29 43	33,988	34,527	1	14,4		
May 31	20 02 24,3	-22 32 32	33,858	34,534	1	14,4		
Jun 10	20 01 45,7	-22 35 43	33,747	34,540	1	14,4		
Jun 20	20 00 59,0	-22 39 13	33,658	34,547	1	14,4		
Jun 30	20 00 05,9	-22 42 55	33,595	34,554	1	14,3		
Jul 10	19 59 08,3	-22 46 41	33,559	34,560	0	14,3		
Jul 20	19 58 08,4	-22 50 27	33,551	34,567	0	14,3		
Jul 30	19 57 08,3	-22 54 04	33,573	34,574	0	14,3		
Ago 9	19 56 10,3	-22 57 28	33,624	34,580	1	14,4		
Ago 19	19 55 16,7	-23 00 32	33,702	34,587	1	14,4		
Ago 29	19 54 29,2	-23 03 11	33,805	34,594	1	14,4		
Set 8	19 53 50,0	-23 05 23	33,932	34,600	1	14,4		
Set 18	19 53 20,4	-23 07 04	34,077	34,607	1	14,4		
Set 28	19 53 01,7	-23 08 11	34,238	34,614	2	14,4		
Oct 8	19 52 54,9	-23 08 45	34,409	34,620	2	14,4		
Oct 18	19 53 00,4	-23 08 44	34,586	34,627	2	14,5		
Oct 28	19 53 18,4	-23 08 10	34,764	34,634	2	14,5		
Nov 7	19 53 48,7	-23 07 04	34,938	34,641	2	14,5		
Nov 17	19 54 30,7	-23 05 28	35,102	34,647	1	14,5		
Nov 27	19 55 23,3	-23 03 26	35,252	34,654	1	14,5		
Dic 7	19 56 25,5	-23 01 01	35,385	34,661	1	14,5		
Dic 17	19 57 35,6	-22 58 17	35,495	34,667	1	14,5		
Dic 27	19 58 52,2	-22 55 20	35,581	34,674	1	14,5		

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

**HAUMEA 2022**  
(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 29 20,0	+14 55 15	50,469	50,191	1	17,4
Ene 11	14 29 45,3	+14 58 45	50,318	50,189	1	17,4
Ene 21	14 30 03,0	+15 03 10	50,162	50,186	1	17,4
Ene 31	14 30 12,7	+15 08 20	50,007	50,184	1	17,4
Feb 10	14 30 14,2	+15 14 06	49,858	50,181	1	17,4
Feb 20	14 30 07,6	+15 20 15	49,718	50,179	1	17,4
Mar 2	14 29 53,3	+15 26 36	49,592	50,177	1	17,4
Mar 12	14 29 31,8	+15 32 55	49,484	50,174	1	17,4
Mar 22	14 29 04,1	+15 39 00	49,397	50,172	1	17,4
Abr 1	14 28 31,2	+15 44 37	49,333	50,169	1	17,3
Abr 11	14 27 54,3	+15 49 36	49,294	50,167	1	17,3
Abr 21	14 27 14,7	+15 53 46	49,281	50,164	1	17,3
May 1	14 26 33,9	+15 57 00	49,295	50,162	1	17,3
May 11	14 25 53,4	+15 59 11	49,333	50,160	1	17,3
May 21	14 25 14,4	+16 00 14	49,396	50,157	1	17,4
May 31	14 24 38,3	+16 00 08	49,481	50,155	1	17,4
Jun 10	14 24 06,4	+15 58 53	49,585	50,152	1	17,4
Jun 20	14 23 39,7	+15 56 31	49,704	50,150	1	17,4
Jun 30	14 23 19,1	+15 53 07	49,837	50,147	1	17,4
Jul 10	14 23 05,4	+15 48 44	49,977	50,145	1	17,4
Jul 20	14 22 58,9	+15 43 32	50,123	50,142	1	17,4
Jul 30	14 22 60,0	+15 37 38	50,269	50,140	1	17,4
Ago 9	14 23 08,8	+15 31 12	50,411	50,138	1	17,4
Ago 19	14 23 25,1	+15 24 24	50,545	50,135	1	17,4
Ago 29	14 23 48,6	+15 17 23	50,668	50,133	1	17,4
Set 8	14 24 18,8	+15 10 21	50,775	50,130	1	17,4
Set 18	14 24 55,1	+15 03 29	50,864	50,128	1	17,4
Set 28	14 25 36,6	+14 56 56	50,932	50,125	1	17,4
Oct 8	14 26 22,3	+14 50 54	50,977	50,123	1	17,4
Oct 18	14 27 11,2	+14 45 31	50,998	50,120	1	17,4
Oct 28	14 28 02,0	+14 40 55	50,993	50,118	1	17,4
Nov 7	14 28 53,6	+14 37 15	50,962	50,116	1	17,4
Nov 17	14 29 44,5	+14 34 35	50,906	50,113	1	17,4
Nov 27	14 30 33,7	+14 33 01	50,827	50,111	1	17,4
Dic 7	14 31 19,6	+14 32 35	50,726	50,108	1	17,4
Dic 17	14 32 01,2	+14 33 18	50,606	50,106	1	17,4
Dic 27	14 32 37,3	+14 35 08	50,471	50,103	1	17,4

**MAKEMAKE 2022**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta		declinación	distancia (ua)		Ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> <sup>s</sup> )			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
Ene 1	13 17 06,2		+22 06 55	52,590	52,625	1	17,3
Ene 11	13 17 15,7		+22 11 30	52,438	52,626	1	17,2
Ene 21	13 17 17,3		+22 16 46	52,291	52,627	1	17,2
Ene 31	13 17 10,9		+22 22 31	52,155	52,627	1	17,2
Feb 10	13 16 56,9		+22 28 35	52,033	52,628	1	17,2
Feb 20	13 16 35,9		+22 34 43	51,930	52,629	1	17,2
Mar 2	13 16 08,6		+22 40 42	51,848	52,629	1	17,2
Mar 12	13 15 36,0		+22 46 19	51,790	52,630	1	17,2
Mar 22	13 14 59,5		+22 51 22	51,757	52,631	1	17,2
Abr 1	13 14 20,3		+22 55 40	51,751	52,632	1	17,2
Abr 11	13 13 39,8		+22 59 03	51,772	52,632	1	17,2
Abr 21	13 12 59,4		+23 01 26	51,818	52,633	1	17,2
May 1	13 12 20,6		+23 02 42	51,888	52,634	1	17,2
May 11	13 11 44,6		+23 02 49	51,980	52,634	1	17,2
May 21	13 11 12,7		+23 01 46	52,090	52,635	1	17,2
May 31	13 10 45,8		+22 59 35	52,216	52,636	1	17,2
Jun 10	13 10 24,9		+22 56 19	52,354	52,636	1	17,2
Jun 20	13 10 10,7		+22 52 04	52,500	52,637	1	17,3
Jun 30	13 10 03,6		+22 46 55	52,650	52,638	1	17,3
Jul 10	13 10 03,9		+22 41 02	52,799	52,638	1	17,3
Jul 20	13 10 11,5		+22 34 33	52,943	52,639	1	17,3
Jul 30	13 10 26,5		+22 27 37	53,079	52,640	1	17,3
Ago 9	13 10 48,5		+22 20 25	53,203	52,641	1	17,3
Ago 19	13 11 16,9		+22 13 07	53,310	52,641	1	17,3
Ago 29	13 11 51,1		+22 05 54	53,399	52,642	1	17,3
Set 8	13 12 30,3		+21 58 55	53,467	52,643	1	17,2
Set 18	13 13 13,6		+21 52 22	53,512	52,643	1	17,2
Set 28	13 14 00,0		+21 46 23	53,532	52,644	1	17,2
Oct 8	13 14 48,3		+21 41 08	53,526	52,645	1	17,2
Oct 18	13 15 37,4		+21 36 43	53,495	52,645	1	17,2
Oct 28	13 16 26,0		+21 33 16	53,439	52,646	1	17,2
Nov 7	13 17 12,8		+21 30 53	53,360	52,647	1	17,3
Nov 17	13 17 56,8		+21 29 35	53,260	52,647	1	17,3
Nov 27	13 18 36,7		+21 29 27	53,141	52,648	1	17,3
Dic 7	13 19 11,4		+21 30 27	53,007	52,649	1	17,3
Dic 17	13 19 40,0		+21 32 32	52,862	52,649	1	17,3
Dic 27	13 20 01,7		+21 35 40	52,710	52,650	1	17,3

**ERIS 2022**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		Ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Ene 1	01 43 18,8	-01 29 56	95,635	95,859	1	18,8
Ene 11	01 43 14,5	-01 28 41	95,802	95,857	1	18,8
Ene 21	01 43 14,3	-01 27 02	95,971	95,855	1	18,8
Ene 31	01 43 18,2	-01 25 01	96,136	95,853	1	18,8
Feb 10	01 43 26,1	-01 22 41	96,293	95,851	1	18,8
Feb 20	01 43 37,6	-01 20 07	96,435	95,849	0	18,8
Mar 2	01 43 52,5	-01 17 21	96,560	95,847	0	18,8
Mar 12	01 44 10,2	-01 14 28	96,664	95,844	0	18,8
Mar 22	01 44 30,3	-01 11 33	96,743	95,842	0	18,8
Abr 1	01 44 52,1	-01 08 39	96,795	95,840	0	18,8
Abr 11	01 45 15,2	-01 05 52	96,819	95,838	0	18,8
Abr 21	01 45 38,7	-01 03 15	96,815	95,836	0	18,8
May 1	01 46 02,0	-01 00 51	96,783	95,834	0	18,8
May 11	01 46 24,7	+00 58 44	96,723	95,832	0	18,8
May 21	01 46 45,9	+00 56 57	96,639	95,829	0	18,8
May 31	01 47 05,2	+00 55 31	96,531	95,827	0	18,8
Jun 10	01 47 22,1	+00 54 29	96,403	95,825	0	18,8
Jun 20	01 47 36,1	+00 53 52	96,260	95,823	1	18,8
Jun 30	01 47 46,8	+00 53 38	96,103	95,821	1	18,8
Jul 10	01 47 54,0	+00 53 50	95,939	95,819	1	18,8
Jul 20	01 47 57,5	+00 54 25	95,772	95,817	1	18,8
Jul 30	01 47 57,1	+00 55 21	95,605	95,814	1	18,8
Ago 9	01 47 53,0	+00 56 38	95,444	95,812	1	18,8
Ago 19	01 47 45,1	+00 58 11	95,294	95,810	1	18,8
Ago 29	01 47 33,7	+00 59 59	95,158	95,808	0	18,8
Set 8	01 47 19,1	-01 01 56	95,041	95,806	0	18,8
Set 18	01 47 01,7	-01 03 59	94,946	95,804	0	18,8
Set 28	01 46 42,1	-01 06 04	94,876	95,801	0	18,7
Oct 8	01 46 20,9	-01 08 06	94,833	95,799	0	18,7
Oct 18	01 45 58,7	-01 10 00	94,820	95,797	0	18,7
Oct 28	01 45 36,1	-01 11 42	94,835	95,795	0	18,7
Nov 7	01 45 14,0	-01 13 08	94,880	95,793	0	18,7
Nov 17	01 44 53,0	-01 14 15	94,953	95,791	0	18,8
Nov 27	01 44 33,9	-01 15 00	95,051	95,788	0	18,8
Dic 7	01 44 17,2	-01 15 19	95,172	95,786	0	18,8
Dic 17	01 44 03,6	-01 15 12	95,312	95,784	1	18,8
Dic 27	01 43 53,4	-01 14 39	95,467	95,782	1	18,8

## Asteroides

En agosto de 2021 se llevan descubiertos unos 1 112 000 asteroides, de los cuales unos 585 000 han sido numerados y unos 22 700 han recibido un nombre. Por su órbita y su tamaño, unos 2 203 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	2018,42	2,7658	0,0783	73,737	80,269	10,588
2 Palas	2018,59	2,7744	0,2297	310,348	172,938	34,875
3 Juno	2018,92	2,6680	0,2570	248,016	169,853	12,992
4 Vesta	2018,42	2,3618	0,0884	150,972	103,808	7,142
5 Astrea	2020,25	2,5736	0,1907	358,632	141,572	5,368
6 Hebe	2018,42	2,4249	0,2033	239,669	138,642	14,740
7 Iris	2017,92	2,3865	0,2295	145,290	259,530	5,518
8 Flora	2020,84	2,2016	0,1559	285,518	110,876	5,889
9 Metis	2020,25	2,3859	0,1234	6,252	68,902	5,576
10 Hygiea	2017,00	3,1426	0,1119	312,438	283,197	3,831
11 Partenope	2020,25	2,4526	0,0997	195,458	125,528	4,632
12 Victoria	2018,01	2,3336	0,2206	69,733	235,397	8,373
13 Egeria	2017,17	2,5768	0,0854	80,258	43,216	16,533
14 Irene	2017,42	2,5867	0,1661	97,744	86,122	9,121
15 Eunomia	2020,26	2,6443	0,1864	98,620	292,935	11,753
16 Psyche	2020,34	2,9239	0,1338	229,120	150,034	3,097
18 Melpomene	2020,25	2,2961	0,2177	228,107	150,362	10,132
19 Fortuna	2021,09	2,4422	0,1569	182,381	211,059	1,573
20 Masalia	2018,17	2,4082	0,1428	257,559	205,988	0,709
27 Euterpe	2019,59	2,3464	0,1729	356,347	94,787	1,584
29 Amphitrite	2020,25	2,5549	0,0731	63,211	356,329	6,082
39 Laetitia	2020,09	2,7698	0,1116	209,439	156,942	10,370
40 Harmonia	2018,34	2,2680	0,0470	268,823	94,186	4,256
44 Nysa	2018,50	2,4227	0,1487	344,158	131,498	3,712
51 Nemausa	2018,42	2,3656	0,0677	2,052	175,959	9,978
89 Julia	2017,83	2,5507	0,1851	45,187	311,552	16,131
192 Nausikaa	2019,42	2,4028	0,2455	30,660	343,100	6,799
230 Atamantis	2019,09	2,3816	0,0620	139,960	239,842	9,451
349 Dembowska	2017,34	2,9256	0,0912	345,006	32,301	8,242
354 Eleonora	2019,67	2,7991	0,1134	5,785	140,349	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 Cibeles (Cybele) y 15 Eunomia, todos ellos mayores de 260 km.

Se ha podido determinar la masa de muy pocos asteroides. Los cinco de mayor masa conocida, ordenados de mayor a menor, son: 1 Ceres, 4 Vesta, 2 Palas (Pallas), 10 Hygiea y 31 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:

$$\log_e \Phi_1 = -3,33 \left[ \tan\left(\frac{\beta}{2}\right) \right]^{0,63}$$

$$\log_e \Phi_2 = -1,87 \left[ \tan\left(\frac{\beta}{2}\right) \right]^{1,22}$$

Cuando no está tabulado, el ángulo de fase  $\beta$  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 2022 de los primeros asteroides

	nombre	oposición en longitud	magnitud V	oposición en asc. recta
3	Juno	Set 07, 15 <sup>h</sup>	7,8	Set 06, 21 <sup>h</sup>
4	Vesta	Ago 22, 18 <sup>h</sup>	6,0	Ago 25, 16 <sup>h</sup>
5	Astrea	Set 08, 11 <sup>h</sup>	11,0	Set 09, 15 <sup>h</sup>
7	Iris	Ene 13, 19 <sup>h</sup>	7,7	Ene 13, 2 <sup>h</sup>
8	Flora	Abr 12, 11 <sup>h</sup>	9,8	Abr 15, 12 <sup>h</sup>
9	Metis	Jul 20, 13 <sup>h</sup>	9,7	Jul 21, 18 <sup>h</sup>
10	Hygiea	Abr 29, 3 <sup>h</sup>	9,3	Abr 27, 12 <sup>h</sup>
11	Partenope	Feb 10, 18 <sup>h</sup>	10,0	Feb 11, 7 <sup>h</sup>
13	Egeria	May 04, 20 <sup>h</sup>	10,0	May 04, 17 <sup>h</sup>
14	Irene	Jul 06, 13 <sup>h</sup>	9,8	Jul 06, 23 <sup>h</sup>
15	Eunomia	Abr 16, 10 <sup>h</sup>	9,8	Abr 10, 11 <sup>h</sup>
16	Psyche	Mar 03, 9 <sup>h</sup>	10,4	Mar 03, 17 <sup>h</sup>
18	Melpomene	May 06, 1 <sup>h</sup>	10,3	May 09, 17 <sup>h</sup>
19	Fortuna	Feb 22, 11 <sup>h</sup>	10,6	Feb 21, 19 <sup>h</sup>
20	Masalia	Feb 05, 7 <sup>h</sup>	8,5	Feb 05, 0 <sup>h</sup>
27	Euterpe	Nov 12, 20 <sup>h</sup>	8,8	Nov 13, 8 <sup>h</sup>
29	Amphitrite	Jun 06, 19 <sup>h</sup>	9,7	Jun 05, 21 <sup>h</sup>
39	Laetitia	Mar 16, 8 <sup>h</sup>	10,3	Mar 18, 3 <sup>h</sup>

La oposición en longitud corresponde al instante de fase mínima.

### Asteroides cercanos a la Tierra

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

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

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

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

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

## Efemérides

A continuación figuran las efemérides de los primeros asteroides para cada diez días en el intervalo en que su elongación solar es mayor de  $90^\circ$ . 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.

### 3 JUNO 2022 (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)	$\delta_{2000}$ ( $^\circ$ ' ")				
Jun 10	22 54 32,8	+00 32 49	2,296	2,569	23	10,2
Jun 20	23 02 52,9	+01 15 08	2,144	2,541	23	10,0
Jun 30	23 09 43,1	+01 45 14	1,996	2,513	23	9,8
Jul 10	23 14 47,4	+01 59 55	1,854	2,485	21	9,6
Jul 20	23 17 51,0	+01 55 58	1,722	2,457	20	9,4
Jul 30	23 18 38,6	+01 30 01	1,601	2,429	17	9,1
Ago 9	23 17 02,1	+00 39 28	1,497	2,402	14	8,8
Ago 19	23 13 06,7	-00 36 13	1,412	2,374	10	8,5
Ago 29	23 07 12,7	-02 14 45	1,349	2,347	5	8,2
Set 8	23 00 05,1	-04 09 32	1,312	2,320	1	7,8
Set 18	22 52 46,1	-06 10 19	1,302	2,293	6	8,1
Set 28	22 46 23,0	-08 05 38	1,317	2,267	11	8,3
Oct 8	22 41 58,7	-09 45 04	1,355	2,241	15	8,5
Oct 18	22 40 13,9	-11 01 59	1,413	2,217	19	8,7
Oct 28	22 41 27,1	-11 53 26	1,486	2,192	22	8,9
Nov 7	22 45 39,9	-12 19 07	1,569	2,169	25	9,1
Nov 17	22 52 38,3	-12 20 47	1,661	2,147	26	9,2
Nov 27	23 02 03,9	-12 00 38	1,757	2,125	27	9,3
Dic 7	23 13 37,0	-11 21 09	1,854	2,105	28	9,5

**4 VESTA 2022**  
(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	22 06 51,4	-14 14 19	1,948	2,210	27	7,7
May 31	22 18 19,7	-13 48 47	1,839	2,217	27	7,6
Jun 10	22 27 53,6	-13 36 22	1,733	2,225	26	7,4
Jun 20	22 35 17,4	-13 39 36	1,631	2,233	25	7,2
Jun 30	22 40 12,0	-14 00 51	1,536	2,241	23	7,1
Jul 10	22 42 19,2	-14 41 26	1,451	2,250	20	6,9
Jul 20	22 41 28,0	-15 40 47	1,380	2,259	17	6,6
Jul 30	22 37 36,8	-16 55 54	1,326	2,268	13	6,4
Ago 9	22 31 05,8	-18 20 15	1,293	2,277	8	6,2
Ago 19	22 22 41,7	-19 44 33	1,283	2,287	4	6,0
Ago 29	22 13 31,5	-20 58 57	1,299	2,296	5	6,1
Set 8	22 04 56,2	-21 55 02	1,339	2,306	9	6,4
Set 18	21 58 07,2	-22 28 28	1,402	2,316	13	6,6
Set 28	21 53 52,4	-22 38 39	1,486	2,326	17	6,9
Oct 8	21 52 36,0	-22 27 22	1,587	2,335	20	7,1
Oct 18	21 54 16,8	-21 57 41	1,700	2,345	22	7,4
Oct 28	21 58 40,3	-21 12 31	1,823	2,355	23	7,6
Nov 7	22 05 26,9	-20 14 20	1,953	2,365	24	7,7
Nov 17	22 14 12,4	-19 05 18	2,087	2,375	25	7,9

**5 ASTREA 2022**  
(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 23 19,9	-04 52 56	2,895	3,053	19	12,7
Jun 20	23 29 23,4	-04 28 08	2,751	3,049	19	12,6
Jun 30	23 33 53,5	-04 14 34	2,610	3,045	19	12,5
Jul 10	23 36 37,2	-04 13 47	2,474	3,040	18	12,3
Jul 20	23 37 24,1	-04 26 56	2,348	3,034	16	12,1
Jul 30	23 36 05,1	-04 54 43	2,234	3,028	14	11,9
Ago 9	23 32 38,4	-05 36 49	2,137	3,021	11	11,7
Ago 19	23 27 13,1	-06 31 17	2,062	3,013	8	11,5
Ago 29	23 20 10,5	-07 34 38	2,012	3,005	4	11,3
Set 8	23 12 07,7	-08 41 35	1,990	2,997	1	11,0
Set 18	23 03 52,6	-09 46 00	1,997	2,988	4	11,2
Set 28	22 56 15,2	-10 42 13	2,032	2,978	8	11,5
Oct 8	22 50 02,2	-11 25 41	2,093	2,968	11	11,6
Oct 18	22 45 45,8	-11 53 59	2,176	2,957	14	11,8
Oct 28	22 43 43,5	-12 06 22	2,278	2,945	16	12,0
Nov 7	22 44 00,8	-12 03 12	2,392	2,933	18	12,2
Nov 17	22 46 31,3	-11 45 46	2,515	2,921	19	12,3
Nov 27	22 51 04,2	-11 15 25	2,644	2,908	20	12,4

**7 IRIS 2022**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Ene 1	07 50 48,0	+15 49 02	1,095	2,055	8	7,9
Ene 11	07 39 44,9	+15 42 17	1,100	2,079	3	7,7
Ene 21	07 28 47,6	+15 42 36	1,130	2,104	5	7,9
Ene 31	07 19 33,6	+15 47 32	1,185	2,129	10	8,2
Feb 10	07 13 15,0	+15 54 49	1,263	2,154	15	8,6
Feb 20	07 10 25,6	+16 02 24	1,361	2,180	18	8,9
Mar 2	07 11 05,1	+16 08 32	1,475	2,206	21	9,2
Mar 12	07 14 57,4	+16 11 33	1,601	2,232	23	9,5
Mar 22	07 21 35,1	+16 09 59	1,735	2,259	25	9,7
Abr 1	07 30 29,0	+16 02 42	1,876	2,285	25	9,9
Abr 11	07 41 14,0	+15 48 43	2,021	2,311	26	10,1

**8 FLORA 2022**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Ene 21	13 48 55,7	-04 28 51	2,205	2,471	23	11,3
Ene 31	13 56 20,2	-04 39 47	2,082	2,481	23	11,2
Feb 10	14 01 33,7	-04 35 49	1,962	2,490	22	11,0
Feb 20	14 04 17,7	-04 16 31	1,850	2,498	20	10,8
Mar 2	14 04 16,0	-03 41 57	1,748	2,506	18	10,6
Mar 12	14 01 19,9	-02 53 27	1,662	2,513	14	10,4
Mar 22	13 55 37,6	-01 54 14	1,596	2,519	11	10,2
Abr 1	13 47 35,5	-00 49 18	1,553	2,525	7	10,0
Abr 11	13 38 03,0	+00 14 22	1,537	2,530	4	9,8
Abr 21	13 28 07,0	+01 09 15	1,548	2,534	6	9,9
May 1	13 18 54,7	+01 49 12	1,587	2,538	10	10,2
May 11	13 11 24,6	+02 10 16	1,649	2,541	13	10,4
May 21	13 06 14,3	+02 11 22	1,732	2,543	17	10,6
May 31	13 03 38,9	+01 53 38	1,831	2,544	19	10,8
Jun 10	13 03 39,7	+01 19 08	1,942	2,545	21	11,0
Jun 20	13 06 05,6	+00 30 38	2,062	2,545	23	11,2
Jun 30	13 10 41,5	-00 29 17	2,186	2,544	23	11,3
Jul 10	13 17 12,5	-01 38 20	2,313	2,543	24	11,5

**9 METIS 2022**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Abr 21	20 11 02,9	-23 00 58	2,442	2,652	22	11,5
May 1	20 19 55,8	-22 56 13	2,305	2,646	22	11,3
May 11	20 26 52,3	-22 58 48	2,169	2,640	22	11,2
May 21	20 31 36,6	-23 10 28	2,040	2,634	20	11,0
May 31	20 33 51,4	-23 32 40	1,919	2,627	19	10,8
Jun 10	20 33 20,8	-24 05 52	1,811	2,619	16	10,6
Jun 20	20 29 58,2	-24 49 05	1,718	2,611	13	10,4
Jun 30	20 23 47,1	-25 39 34	1,646	2,603	9	10,1
Jul 10	20 15 12,4	-26 32 30	1,597	2,594	6	9,9
Jul 20	20 05 04,0	-27 21 58	1,573	2,585	3	9,7
Jul 30	19 54 29,0	-28 02 29	1,577	2,576	5	9,8
Ago 9	19 44 45,3	-28 30 22	1,607	2,566	9	10,0
Ago 19	19 37 00,6	-28 44 39	1,660	2,555	13	10,2
Ago 29	19 32 00,4	-28 46 25	1,733	2,545	16	10,4

**9 METIS (cont.) 2022**  
(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	19 30 08,3	-28 37 40	1,823	2,534	19	10,6
Set 18	19 31 24,7	-28 20 24	1,925	2,522	21	10,8
Set 28	19 35 37,7	-27 55 57	2,035	2,511	23	11,0
Oct 8	19 42 29,4	-27 25 01	2,151	2,499	23	11,1
Oct 18	19 51 37,2	-26 47 50	2,269	2,486	24	11,2

**10 HYGIEA 2022**  
(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 31	14 23 05,2	-18 32 40	2,650	2,847	20	10,9
Feb 10	14 30 36,0	-19 21 30	2,507	2,841	20	10,8
Feb 20	14 36 17,9	-20 01 34	2,369	2,835	19	10,6
Mar 2	14 39 54,1	-20 31 51	2,237	2,829	18	10,5
Mar 12	14 41 09,6	-20 51 08	2,116	2,824	16	10,3
Mar 22	14 39 57,8	-20 58 16	2,010	2,819	14	10,1
Abr 1	14 36 21,4	-20 52 11	1,921	2,814	11	9,9
Abr 11	14 30 38,8	-20 32 27	1,855	2,810	8	9,7
Abr 21	14 23 27,7	-20 00 11	1,813	2,806	4	9,4
May 1	14 15 37,4	-19 18 05	1,799	2,803	2	9,3
May 11	14 08 05,9	-18 30 43	1,812	2,800	5	9,5
May 21	14 01 46,4	-17 43 41	1,851	2,797	9	9,7
May 31	13 57 17,2	-17 02 04	1,913	2,795	12	9,9
Jun 10	13 55 02,6	-16 29 59	1,996	2,794	15	10,1
Jun 20	13 55 10,0	-16 09 43	2,094	2,792	18	10,3
Jun 30	13 57 35,6	-16 01 58	2,206	2,791	19	10,5
Jul 10	14 02 11,0	-16 06 24	2,326	2,791	20	10,6
Jul 20	14 08 42,9	-16 21 45	2,452	2,791	21	10,7
Jul 30	14 16 58,3	-16 46 25	2,582	2,791	21	10,9

**11 PARTENOPE 2022**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Ene 1	10 05 54,5	+12 36 07	1,943	2,694	16	11,0
Ene 11	10 02 39,4	+13 12 17	1,849	2,696	13	10,8
Ene 21	09 56 51,5	+14 02 32	1,777	2,697	9	10,6
Ene 31	09 48 56,6	+15 02 54	1,730	2,697	5	10,3
Feb 10	09 39 42,0	+16 07 19	1,711	2,697	1	10,0
Feb 20	09 30 13,1	+17 08 51	1,722	2,697	4	10,3
Mar 2	09 21 36,1	+18 01 36	1,761	2,696	9	10,5
Mar 12	09 14 49,2	+18 41 31	1,825	2,695	12	10,8
Mar 22	09 10 30,3	+19 06 57	1,911	2,693	16	11,0
Abr 1	09 08 54,2	+19 18 03	2,014	2,692	18	11,2
Abr 11	09 10 00,9	+19 15 41	2,130	2,689	20	11,3
Abr 21	09 13 37,2	+19 01 11	2,253	2,686	21	11,5
May 1	09 19 25,0	+18 35 47	2,381	2,683	22	11,6
May 11	09 27 05,9	+18 00 27	2,510	2,680	22	11,8

**13 EGERIA 2022**  
(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 08 01,6	-11 21 06	2,268	2,522	23	11,7
Feb 20	15 14 55,3	-12 15 36	2,144	2,531	23	11,6
Mar 2	15 19 33,9	-13 04 36	2,024	2,540	22	11,4
Mar 12	15 21 36,1	-13 48 33	1,911	2,550	20	11,3
Mar 22	15 20 46,0	-14 27 54	1,808	2,559	18	11,1
Abr 1	15 16 54,7	-15 02 44	1,721	2,568	14	10,9
Abr 11	15 10 08,3	-15 32 54	1,653	2,577	11	10,7
Abr 21	15 00 56,6	-15 58 20	1,608	2,586	6	10,4
May 1	14 50 10,0	-16 19 11	1,590	2,595	2	10,1
May 11	14 38 58,5	-16 36 35	1,600	2,604	3	10,2
May 21	14 28 36,3	-16 52 45	1,637	2,613	7	10,5
May 31	14 20 03,2	-17 10 18	1,700	2,622	11	10,8
Jun 10	14 14 00,6	-17 31 55	1,786	2,631	15	11,0
Jun 20	14 10 45,9	-17 59 32	1,889	2,640	18	11,2
Jun 30	14 10 18,4	-18 34 02	2,006	2,648	20	11,4
Jul 10	14 12 29,1	-19 15 38	2,133	2,656	21	11,6
Jul 20	14 17 01,7	-20 03 46	2,267	2,665	22	11,8
Jul 30	14 23 40,0	-20 57 30	2,404	2,673	22	11,9

**14 IRENE 2022**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Abr 11	19 14 25,7	-21 46 14	2,162	2,439	24	11,2
Abr 21	19 23 16,9	-21 57 27	2,053	2,457	24	11,1
May 1	19 29 47,4	-22 15 06	1,947	2,474	23	11,0
May 11	19 33 38,9	-22 41 08	1,847	2,492	21	10,8
May 21	19 34 38,1	-23 16 39	1,758	2,510	19	10,7
May 31	19 32 35,2	-24 01 38	1,681	2,528	16	10,5
Jun 10	19 27 33,3	-24 54 16	1,623	2,546	12	10,3
Jun 20	19 19 56,1	-25 50 54	1,586	2,564	8	10,1
Jun 30	19 10 26,7	-26 46 37	1,573	2,582	3	9,9
Jul 10	19 00 11,4	-27 36 22	1,587	2,600	2	9,8
Jul 20	18 50 25,4	-28 16 35	1,628	2,618	6	10,1
Jul 30	18 42 15,3	-28 46 00	1,694	2,635	10	10,4
Ago 9	18 36 32,1	-29 05 14	1,782	2,652	14	10,7
Ago 19	18 33 41,2	-29 16 03	1,890	2,669	17	10,9
Ago 29	18 33 47,3	-29 20 14	2,012	2,686	19	11,1
Set 8	18 36 43,0	-29 19 07	2,146	2,703	20	11,3
Set 18	18 42 10,8	-29 13 28	2,289	2,719	21	11,5
Set 28	18 49 51,6	-29 03 29	2,436	2,735	21	11,7
Oct 8	18 59 26,2	-28 49 01	2,585	2,750	21	11,8

**15 EUNOMIA 2022**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Ene 21	13 36 46,6	-23 08 32	2,942	3,097	19	10,9
Ene 31	13 41 23,6	-24 18 24	2,806	3,104	18	10,8
Feb 10	13 44 01,1	-25 19 57	2,673	3,109	18	10,7
Feb 20	13 44 25,7	-26 11 08	2,547	3,115	17	10,6
Mar 2	13 42 28,1	-26 49 29	2,432	3,119	15	10,4
Mar 12	13 38 07,2	-27 12 03	2,332	3,124	13	10,3
Mar 22	13 31 37,8	-27 16 15	2,252	3,127	10	10,1
Abr 1	13 23 28,8	-27 00 23	2,196	3,130	8	9,9
Abr 11	13 14 26,0	-26 24 40	2,166	3,133	6	9,8
Abr 21	13 05 24,6	-25 32 09	2,164	3,135	6	9,8
May 1	12 57 17,1	-24 28 05	2,189	3,136	8	9,9
May 11	12 50 47,7	-23 19 12	2,242	3,137	10	10,1
May 21	12 46 23,8	-22 12 14	2,317	3,137	13	10,3
May 31	12 44 16,5	-21 12 28	2,412	3,137	15	10,4
Jun 10	12 44 26,3	-20 23 38	2,522	3,136	17	10,6
Jun 20	12 46 44,5	-19 47 40	2,644	3,135	18	10,7
Jun 30	12 50 58,7	-19 24 58	2,773	3,133	19	10,8
Jul 10	12 56 56,5	-19 15 15	2,906	3,130	19	11,0

**16 PSYCHE 2022**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Ene 1	11 20 57,3	+04 22 15	2,674	3,161	17	11,6
Ene 11	11 21 53,7	+04 24 03	2,552	3,171	15	11,4
Ene 21	11 20 43,6	+04 39 54	2,442	3,181	13	11,3
Ene 31	11 17 27,6	+05 09 35	2,351	3,190	11	11,1
Feb 10	11 12 16,2	+05 51 33	2,282	3,199	8	10,9
Feb 20	11 05 35,1	+06 42 32	2,239	3,207	4	10,7
Mar 2	10 58 00,6	+07 38 05	2,225	3,216	1	10,4
Mar 12	10 50 18,3	+08 32 53	2,242	3,224	3	10,7
Mar 22	10 43 15,4	+09 21 55	2,288	3,231	7	10,9
Abr 1	10 37 30,3	+10 01 24	2,360	3,239	10	11,1

**16 PSYCHE (cont.) 2022**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$		
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")				
Abr 11	10 33 31,2	+10 28 54	2,456	3,246	13	11,3
Abr 21	10 31 31,9	+10 43 32	2,571	3,253	15	11,5
May 1	10 31 34,0	+10 45 30	2,699	3,259	16	11,6
May 11	10 33 32,8	+10 35 30	2,838	3,265	17	11,8
May 21	10 37 17,2	+10 14 39	2,982	3,271	18	11,9
May 31	10 42 34,6	+09 44 05	3,129	3,276	18	12,0

**18 MELPOMENE 2022**  
(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 19 05,7	-08 39 29	2,581	2,783	21	11,8
Feb 20	15 26 21,0	-08 22 41	2,438	2,778	21	11,7
Mar 2	15 31 41,8	-07 53 57	2,298	2,772	20	11,5
Mar 12	15 34 49,9	-07 13 28	2,165	2,765	19	11,3
Mar 22	15 35 31,2	-06 22 09	2,042	2,758	17	11,1
Abr 1	15 33 35,9	-05 21 40	1,934	2,749	14	10,9
Abr 11	15 29 04,1	-04 15 01	1,845	2,740	12	10,7
Abr 21	15 22 13,3	-03 06 44	1,779	2,730	8	10,5
May 1	15 13 36,6	-02 02 21	1,739	2,720	6	10,3
May 11	15 04 05,3	-01 08 04	1,725	2,708	6	10,3
May 21	14 54 40,5	-00 29 12	1,739	2,696	9	10,4
May 31	14 46 18,9	-00 09 03	1,777	2,683	12	10,6
Jun 10	14 39 47,5	-00 08 51	1,838	2,669	15	10,8
Jun 20	14 35 34,5	-00 27 29	1,916	2,655	18	11,0
Jun 30	14 33 51,0	-01 02 39	2,009	2,639	20	11,1
Jul 10	14 34 37,5	-01 51 32	2,110	2,623	22	11,3
Jul 20	14 37 44,9	-02 51 08	2,218	2,607	23	11,4
Jul 30	14 43 01,0	-03 58 48	2,329	2,589	23	11,5

**19 FORTUNA 2022**  
(coordenadas J2000 a 0<sup>h</sup> de TU)

Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		ángulo de fase $\beta$ (°)	mag. V	
			a Tierra $\Delta$	al Sol $r$			
	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ (° ' ")					
Ene	1	10 47 55,1	+05 30 30	1,873	2,501	20	11,7
Ene	11	10 47 25,3	+05 28 02	1,778	2,518	18	11,6
Ene	21	10 44 07,7	+05 43 26	1,698	2,534	14	11,4
Ene	31	10 38 12,0	+06 16 05	1,638	2,550	10	11,2
Feb	10	10 30 08,6	+07 03 02	1,603	2,566	6	10,9
Feb	20	10 20 51,4	+07 58 51	1,594	2,581	1	10,6
Mar	2	10 11 26,0	+08 56 51	1,614	2,596	4	10,8
Mar	12	10 03 00,7	+09 50 15	1,663	2,611	8	11,1
Mar	22	09 56 31,0	+10 33 44	1,736	2,625	12	11,4
Abr	1	09 52 28,5	+11 04 22	1,832	2,639	15	11,6
Abr	11	09 51 06,2	+11 20 52	1,945	2,653	18	11,9
Abr	21	09 52 19,2	+11 23 26	2,071	2,666	20	12,1
May	1	09 55 52,7	+11 13 00	2,206	2,678	21	12,3
May	11	10 01 29,5	+10 50 34	2,347	2,691	22	12,4
May	21	10 08 49,7	+10 17 23	2,490	2,702	22	12,6

**20 MASALIA 2022**  
(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 37 49,2	+12 54 25	1,245	2,081	19	9,6
Ene	11	09 34 03,9	+13 09 41	1,182	2,087	14	9,3
Ene	21	09 27 13,8	+13 40 53	1,139	2,094	9	9,0
Ene	31	09 18 12,2	+14 23 07	1,120	2,101	3	8,7
Feb	10	09 08 23,9	+15 09 11	1,126	2,110	3	8,7
Feb	20	08 59 27,2	+15 51 26	1,158	2,119	8	9,1
Mar	2	08 52 43,1	+16 24 24	1,213	2,129	13	9,4
Mar	12	08 49 05,0	+16 44 50	1,289	2,140	18	9,7
Mar	22	08 48 51,3	+16 51 44	1,381	2,152	21	9,9
Abr	1	08 51 53,1	+16 45 25	1,486	2,164	24	10,2
Abr	11	08 57 50,1	+16 26 28	1,601	2,176	25	10,4
Abr	21	09 06 14,1	+15 55 43	1,722	2,190	26	10,6
May	1	09 16 37,4	+15 13 59	1,848	2,203	27	10,8
May	11	09 28 36,4	+14 21 58	1,976	2,217	27	11,0

**27 EUTERPE 2022**  
(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	02 53 06,7	+14 42 29	1,904	2,171	28	11,4
Ago 19	03 05 43,0	+15 30 47	1,775	2,152	28	11,2
Ago 29	03 16 48,9	+16 09 33	1,648	2,134	27	11,0
Set 8	03 25 58,6	+16 38 24	1,526	2,116	26	10,8
Set 18	03 32 45,6	+16 57 07	1,410	2,099	25	10,6
Set 28	03 36 39,3	+17 05 23	1,304	2,082	22	10,3
Oct 8	03 37 13,8	+17 03 05	1,210	2,065	19	10,0
Oct 18	03 34 17,2	+16 50 24	1,131	2,050	15	9,7
Oct 28	03 27 58,0	+16 28 07	1,072	2,035	9	9,4
Nov 7	03 19 03,9	+15 58 45	1,035	2,021	4	9,0
Nov 17	03 08 57,8	+15 26 48	1,022	2,008	3	8,9
Nov 27	02 59 21,0	+14 58 25	1,034	1,996	9	9,2
Dic 7	02 51 52,5	+14 40 09	1,068	1,985	14	9,5
Dic 17	02 47 37,3	+14 36 32	1,123	1,975	19	9,8
Dic 27	02 47 04,7	+14 49 26	1,193	1,967	23	10,0

**29 AMPHITRITE 2022**  
(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	12	17 09 15,3	-28 45 30	2,517	2,742	21	11,2
Mar	22	17 17 18,2	-29 21 08	2,382	2,742	21	11,1
Abr	1	17 23 09,1	-29 55 31	2,251	2,742	20	11,0
Abr	11	17 26 27,2	-30 28 50	2,126	2,741	19	10,8
Abr	21	17 26 56,3	-31 00 36	2,012	2,740	17	10,6
May	1	17 24 24,8	-31 29 27	1,912	2,739	14	10,4
May	11	17 18 54,3	-31 52 52	1,831	2,738	11	10,2
May	21	17 10 47,9	-32 07 49	1,771	2,736	8	10,0
May	31	17 00 49,0	-32 11 27	1,736	2,735	5	9,8
Jun	10	16 50 04,0	-32 02 25	1,727	2,732	4	9,7
Jun	20	16 39 48,3	-31 41 53	1,746	2,730	7	9,9
Jun	30	16 31 08,7	-31 13 15	1,790	2,727	10	10,1
Jul	10	16 24 55,7	-30 41 06	1,857	2,724	14	10,3
Jul	20	16 21 35,0	-30 09 51	1,943	2,721	16	10,5
Jul	30	16 21 11,8	-29 42 32	2,044	2,717	19	10,7
Ago	9	16 23 40,4	-29 20 51	2,157	2,714	20	10,9
Ago	19	16 28 45,3	-29 05 03	2,277	2,710	21	11,0
Ago	29	16 36 09,3	-28 54 27	2,403	2,705	22	11,1
Set	8	16 45 36,4	-28 47 51	2,530	2,701	22	11,2

**39 LAETITIA 2022**  
(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 06 33,2	+00 33 54	2,735	3,047	19	11,6
Ene	11	12 10 47,2	+00 34 36	2,598	3,051	18	11,5
Ene	21	12 13 05,2	+00 50 31	2,469	3,056	17	11,3
Ene	31	12 13 17,0	+01 22 33	2,350	3,059	15	11,2
Feb	10	12 11 17,8	+02 10 38	2,248	3,063	12	11,0
Feb	20	12 07 14,2	+03 13 02	2,167	3,066	9	10,8
Mar	2	12 01 24,0	+04 26 16	2,111	3,069	6	10,6
Mar	12	11 54 19,4	+05 44 57	2,083	3,071	2	10,4
Mar	22	11 46 45,6	+07 02 24	2,085	3,074	3	10,4
Abr	1	11 39 30,0	+08 12 14	2,116	3,075	6	10,6
Abr	11	11 33 18,0	+09 09 10	2,174	3,077	10	10,8
Abr	21	11 28 43,8	+09 50 06	2,257	3,078	13	11,0
May	1	11 26 06,4	+10 14 01	2,358	3,079	15	11,2
May	11	11 25 34,0	+10 21 14	2,475	3,079	17	11,4
May	21	11 27 03,2	+10 13 12	2,602	3,079	18	11,5
May	31	11 30 24,8	+09 51 42	2,736	3,079	19	11,7
Jun	10	11 35 27,7	+09 18 29	2,873	3,078	19	11,8

## 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 agosto de 2021 el número de cometas de corto periodo numerados ascendió a 425. 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 425P/Kowalski y su primera aparición tuvo lugar en el año 2005.

### 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 2022**

Nombre del cometa	mes	día	distancia a		elongación (°)
			Sol (ua)	Tierra (ua)	
67P/Churyumov-Gerasimenko	Ene	22	1,24	1,13	72
9P/Tempel 1	Mar	2	1,54	1,78	60
39P/Oterma	Mar	6	5,45	6,22	37
19P/Borrelly	Abr	1	1,35	2,07	34
22P/Kopff	Abr	1	1,58	1,89	57
45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova	Abr	6	0,53	1,45	13
44P/Reinmuth 2	Abr	28	2,12	2,83	37
18D/Perrine-Mrkos	Jul	24	1,27	1,83	42
73P/Schwassmann-Wachmann 3	Ago	23	0,97	1,01	57
41P/Tuttle-Giacobini-Kresak	Set	12	1,05	1,96	17
43P/Wolf-Harrington	Oct	7	1,36	1,34	69
51P/Harrington	Oct	9	1,70	0,88	129
61P/Shajn-Schaldach	Oct	23	2,11	1,13	167

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	$\omega$ (°)	$\Omega$ (°)	i (°)	Prim. apar.
1P/Halley	75,3	1986,10	0,586	0,967	111,3	58,4	162,3	-239
2P/Encke	3,30	2010,60	0,336	0,848	186,5	334,6	11,8	1786
3D/Biela	6,65	1832,91	0,879	0,751	221,7	250,7	13,2	1772
4P/Faye	7,54	2006,88	1,667	0,567	205,0	199,3	9,0	1843
5D/Brorsen	5,46	1879,25	0,590	0,810	14,9	103,0	29,4	1846
6P/d'Arrest	6,53	2008,62	1,354	0,613	178,1	138,9	19,5	1678
7P/Pons-Winnecke	6,36	2008,74	1,253	0,635	172,3	93,4	22,3	1819
8P/Tuttle	13,6	2008,07	1,027	0,820	207,5	270,3	55,0	1790
9P/Tempel 1	5,52	2011,03	1,509	0,517	178,9	68,9	10,5	1867
10P/Tempel 2	5,38	2005,13	1,427	0,535	195,6	117,8	12,0	1873
11P/Tempel-Swift-LINEAR	6,37	2002,00	1,584	0,539	163,6	240,7	13,5	1869
12P/Pons-Brooks	70,8	1954,39	0,774	0,955	199,0	255,9	74,2	1812
13P/Olbers	69,5	1956,47	1,178	0,930	64,6	86,1	44,6	1815
14P/Wolf	8,74	2009,16	2,725	0,358	159,0	202,1	27,9	1884
15P/Finlay	6,50	2008,48	0,970	0,721	347,5	13,8	6,8	1886
16P/Brooks 2	6,14	2008,28	1,467	0,563	219,5	159,4	4,3	1889
17P/Holmes	6,88	2007,34	2,053	0,432	24,3	326,9	19,1	1892
18D/Perrine-Mrkos	6,72	1968,84	1,272	0,643	166,1	240,9	17,8	1896
19P/Borrelly	6,85	2008,56	1,354	0,625	353,4	75,4	30,3	1904
20D/Westphal	61,9	1913,91	1,254	0,920	57,1	348,0	40,9	1852
21P/Giacobini-Zinner	6,62	2005,51	1,038	0,706	172,5	195,4	31,8	1900
22P/Kopff	6,43	2009,40	1,577	0,544	162,7	120,9	4,7	1906
23P/Brorsen-Metcalf	70,5	1989,70	0,479	0,972	129,6	311,6	19,3	1847
24P/Schaumasse	8,25	2001,34	1,205	0,705	57,9	79,8	11,8	1911
25D/Neujmin 2	5,43	1927,05	1,338	0,567	193,7	328,7	10,6	1916
26P/Grigg-Skjellerup	5,31	2008,23	1,117	0,633	1,7	211,7	22,4	1808
27P/Crommelin	27,9	2011,59	0,748	0,919	196,0	250,6	29,0	1818
28P/Neujmin 1	18,2	2002,99	1,552	0,775	346,9	347,0	14,2	1913
29P/Schwassmann-Wachmann 1	14,6	2004,50	5,722	0,044	48,2	312,7	9,4	1902
30P/Reinmuth 1	7,34	2010,30	1,883	0,501	13,2	119,7	8,1	1928
31P/Schwassmann-Wachmann 2	8,74	2010,75	3,424	0,193	17,9	114,2	4,5	1929
32P/Comas Sola	8,80	2005,25	1,834	0,570	45,9	60,8	12,9	1926
33P/Daniel	8,10	2008,55	2,170	0,462	19,0	66,6	22,4	1909

## 75 primeros cometas de corto periodo

Nombre	P (años)	T	q (ua)	e	$\omega$ ( $^{\circ}$ )	$\Omega$ ( $^{\circ}$ )	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
6,73	49P/Arend-Rigaux	7,48	4P/Faye
8,34	47P/Ashbrook-Jackson	6,51	15P/Finlay
6,65	3D/Biela	6,42	37P/Forbes
6,85	19P/Borrelly	10,99	34D/Gale
6,16	16P/Brooks 2	6,55	21P/Giacobini-Zinner
5,46	5D/Brorsen	5,31	26P/Grigg-Skjellerup
70,52	23P/Brorsen-Metcalf	7,65	65P/Gunn
6,45	67P/Churyumov-Gerasimenko	75,31	1P/Halley
5,56	71P/Clark	7,16	51P/Harrington
9,58	32P/Comas Sola	7,58	52P/Harrington-Abell
28,07	27P/Crommelin	154,91	35P/Herschel-Rigollet
8,09	33P/Daniel	6,89	17P/Holmes
6,56	6P/d'Arrest	5,26	45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova
9,03	72P/Denning-Fujikawa	8,25	58P/Jackson-Neujmin
7,38	54P/de Vico-Swift-NEAT	6,95	48P/Johnson
14,78	66P/du Toit	9,52	59P/Kearns-Kwee
6,41	57P/du Toit-Neujmin-Delporte	10,84	68P/Klemola

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

P	Nombre	P	Nombre
6,67	75D/Kohoutek	37,93	38P/Stephan-Oterma
7,05	70P/Kojima	9,41	64P/Swift-Gehrels
6,43	22P/Kopff	7,67	69P/Taylor
18,22	28P/Neujmin 1	5,58	9P/Tempel 1
5,43	25D/Neujmin 2	5,37	10P/Tempel 2
10,77	42P/Neujmin 3	5,96	11P/Tempel-Swift-LINEAR
69,52	13P/Olbers	33,24	55P/Tempel-Tuttle
19,36	39P/Oterma	6,39	62P/Tsuchinshan 1
6,72	18D/Perrine-Mrkos	6,57	60P/Tsuchinshan 2
70,06	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
7,10	44P/Reinmuth 2	12,56	53P/Van Biesbroeck
8,26	24P/Schaumasse	61,86	20D/Westphal
14,69	29P/Schwassmann-Wachmann 1	8,50	36P/Whipple
8,74	31P/Schwassmann-Wachmann 2	13,21	63P/Wild 1
5,44	73P/Schwassmann-Wachmann 3	5,44	46P/Wirtanen
7,06	61P/Shajin-Schaldach	8,75	14P/Wolf
11,47	56P/Slaughter-Burnham	6,13	43P/Wolf-Harrington
8,50	74P/Smirnova-Chernykh		

## Meteoros y lluvias de meteoros

Se llama **meteorito** al fenómeno resultante de la penetración de una partícula de materia (*meteoroides*) en la atmósfera a gran velocidad (mayor que  $11 \text{ km s}^{-1}$ ). La vaporización de la partícula por su colisión con las moléculas del aire produce una luminosidad que hace observable este fenómeno. Su duración suele ser de una fracción de segundo. La altura a la que el meteorito se hace visible es del orden de 100 km, aunque depende un poco de la velocidad de penetración, evaporándose a mayor altura las partículas que inciden a mayor velocidad. Las partículas de tamaño entre una décima de milímetro y algunos centímetros se consumen totalmente por encima de los 50 km, aunque el gran brillo y velocidad transversal de alguno de ellos los haga aparecer próximos al observador. Sólo algunos meteoroides, de masa inicial suficientemente grande ( $> 1 \text{ kg}$ ) y de consistencia muy sólida (rocosa, metálica), llegan al suelo cada día, pasando a denominarse *meteoritos*.

En ciertas épocas del año se aprecia un ritmo de aparición de meteoros mayor que la media procedentes de una región dada del cielo (*radiante*), lo que indica un origen común. Se habla de *lluvia de meteoros* y se las asocia a los restos que cometas que cruzan la órbita terrestre van dejando en sus sucesivos pasos cerca del Sol.

*Máximo* indica la fecha aproximada en que se da el máximo ritmo de lluvia de meteoros. Puede variar en un día de un año a otro.

*Visibilidad* es el periodo en que se suele observar la lluvia de meteoros con un ritmo significativamente superior al ritmo medio habitual.

*Radiante* es la dirección de la cual parece provenir la lluvia de meteoros en el instante del máximo.

*Velocidad* es la velocidad de choque de los meteoros con la parte alta de la atmósfera.

*Ritmo* es el ritmo máximo de caída de meteoros (expresado en meteoros por hora) que se observaría a simple vista en un lugar en el que el radiante se encontrara en el cenit y las condiciones de visibilidad fuesen óptimas. En la tabla, cuando el ritmo máximo es variable de un año a otro, se indican tanto el valor habitual como los valores extremos.

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

### Principales lluvias de meteoros

nombre	máximo	visibilidad	radiante		velocidad (km s <sup>-1</sup> )	ritmo cenital (h <sup>-1</sup> )	
			$\alpha$	$\delta$			
Cuadrántidas	3 Ene	28 Dic - 12 Ene	230°	49°	41	120	[60-200]
Líridas	22 Abr	16 Abr - 25 Abr	271°	34°	49	18	[14-90]
$\eta$ Acuáridas	6 May	19 Abr - 28 May	338°	-1°	66	50	[40-85]
$\delta$ Acuáridas	30 Jul	12 Jul - 23 Ago	340°	-16°	41	25	[16-40]
Perseidas	12 Ago	17 Jul - 24 Ago	48°	58°	59	100	[80-200]
Dracónidas	8 Oct	6 Oct - 10 Oct	262°	54°	20	>20	[20-500+]
Oriónidas	21 Oct	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 2022  
en su culminación superior en Greenwich**

día	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio	
	$\alpha$	$p$										
	2 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 38'		2 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 38'		2 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 38'		2 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 38'		2 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 38'		2 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 38'	
1	86:92 22'7		93:64 17''7		100:36 18''6		55:69 24''8		42:48 33''7		2:70 42''3	
2	85:76 22'4		91:42 17''6		98:29 18''7		54:69 25''2		42:80 34''0		3:95 42''5	
3	84:39 22'1		89:17 17''5		96:24 18''8		53:85 25''5		43:19 34''3		5:14 42''7	
4	82:81 21'8		86:96 17''5		94:29 19''0		53:14 25''8		43:61 34''6		6:26 42''9	
5	81:06 21'5		84:84 17''5		92:47 19''2		52:52 26''1		44:00 34''9		7:30 43''1	
6	79:22 21'3		82:85 17''5		90:81 19''4		51:94 26''3		44:35 35''2		8:31 43''3	
7	77:37 21'1		80:96 17''6		89:26 19''6		51:37 26''6		44:64 35''4		9:30 43''5	
8	75:57 20'9		79:17 17''6		87:82 19''8		50:77 26''9		44:86 35''7		10:33 43''7	
9	73:85 20'7		77:44 17''6		86:43 20''0		50:11 27''1		45:02 36''0		11:45 44''0	
10	72:22 20'6		75:73 17''6		85:07 20''1		49:39 27''4		45:15 36''2		12:72 44''2	
11	70:68 20'4		74:01 17''6		83:68 20''3		48:59 27''6		45:30 36''5		14:17 44''5	
12	69:19 20'3		72:24 17''6		82:24 20''4		47:75 27''9		45:52 36''8		15:81 44''7	
13	67:73 20'1		70:38 17''6		80:72 20''6		46:90 28''2		45:88 37''2		17:60 44''9	
14	66:27 20'0		68:43 17''6		79:12 20''7		46:08 28''5		46:41 37''5		19:44 45''1	
15	64:75 19'8		66:38 17''6		77:45 20''9		45:37 28''8		47:16 37''8		21:22 45''3	
16	63:16 19'6		64:24 17''6		75:74 21''1		44:82 29''1		48:08 38''1		22:86 45''4	
17	61:45 19'4		62:05 17''6		74:02 21''3		44:48 29''5		49:10 38''4		24:34 45''5	
18	59:62 19'2		59:87 17''7		72:36 21''5		44:33 29''8		50:13 38''7		25:67 45''6	
19	57:68 19'0		57:75 17''8		70:82 21''8		44:32 30''1		51:06 38''9		26:92 45''8	
20	55:64 18'9		55:75 17''9		69:46 22''0		44:36 30''4		51:85 39''1		28:18 45''9	
21	53:55 18'7		53:91 18''0		68:28 22''3		44:37 30''7		52:50 39''3		29:51 46''1	
22	51:47 18'6		52:22 18''1		67:26 22''5		44:28 30''9		53:05 39''5		30:97 46''3	
23	49:44 18'5		50:66 18''2		66:34 22''8		44:05 31''2		53:57 39''8		32:57 46''5	
24	47:51 18'5		49:16 18''3		65:44 23''0		43:70 31''4		54:13 40''1		34:30 46''7	
25	45:73 18'4		47:65 18''4		64:48 23''2		43:28 31''7		54:79 40''3		36:14 46''9	
26	44:08 18'3		46:04 18''4		63:40 23''4		42:86 32''0		55:58 40''7		38:05 47''0	
27	42:53 18'3		44:29 18''5		62:19 23''6		42:51 32''3		56:53 41''0		40:00 47''2	
28	41:00 18'2		42:39 18''5		60:87 23''8		42:27 32''6		57:62 41''3		41:94 47''3	
29	39:41 18'0				59:49 24''0		42:19 33''0		58:82 41''5		43:84 47''4	
30	37:67 17'9				58:12 24''3		42:26 33''3		60:09 41''8		45:67 47''5	
31	35:75 17'8				56:84 24''5				61:40 42''1			

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 2022  
en su culminación superior en Greenwich**

día	Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	$\alpha$	$p$										
	2 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 38'		2 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 38'		3 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 38'		3 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup> 38'		3 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup> 38'		3 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup> 38'	
1	47:41 47:6		47:70 48:7		50:74 45:1		43:54 37:6		17:59 26:9		80:53 15:3	
2	49:07 47:7		49:53 48:6		52:87 45:0		45:33 37:3		18:03 26:5		79:89 15:0	
3	50:67 47:8		51:45 48:6		55:10 44:8		46:99 37:0		18:33 26:0		79:33 14:7	
4	52:24 47:8		53:48 48:6		57:36 44:6		48:50 36:6		18:56 25:7		78:87 14:4	
5	53:81 48:0		55:66 48:6		59:58 44:3		49:81 36:2		18:81 25:3		78:49 14:1	
6	55:44 48:1		57:98 48:6		61:69 44:1		50:95 35:9		19:12 25:0		78:16 13:8	
7	57:19 48:2		60:39 48:5		63:61 43:8		51:98 35:5		20:04 24:3		77:82 13:5	
8	59:08 48:3		62:84 48:4		65:36 43:5		52:97 35:2		20:63 24:0		77:43 13:1	
9	61:14 48:5		65:22 48:3		66:94 43:3		54:01 34:9		21:24 23:7		76:94 12:8	
10	63:35 48:5		67:45 48:2		68:46 43:0		55:15 34:6		21:84 23:3		76:33 12:4	
11	65:66 48:6		69:50 48:0		69:99 42:8		56:40 34:3		22:36 22:9		75:58 12:0	
12	67:96 48:7		71:37 47:8		71:60 42:6		57:75 34:0		22:77 22:5		74:70 11:7	
13	70:15 48:7		73:13 47:7		73:34 42:4		59:17 33:7		23:06 22:1		73:69 11:3	
14	72:18 48:6		74:88 47:6		75:20 42:2		60:60 33:4		23:20 21:7		72:60 11:0	
15	74:02 48:6		76:69 47:5		77:15 42:0		61:99 33:1		23:21 21:3		71:45 10:7	
16	75:72 48:6		78:62 47:5		79:15 41:8		63:30 32:7		23:11 20:9		70:31 10:4	
17	77:38 48:6		80:68 47:4		81:14 41:5		64:50 32:3		22:93 20:5		69:20 10:1	
18	79:08 48:7		82:85 47:3		83:09 41:3		65:57 32:0		22:72 20:1		68:19 9:8	
19	80:88 48:8		85:10 47:2		84:96 41:0		66:51 31:6		22:52 19:8		67:30 9:6	
20	82:81 48:8		87:39 47:1		86:71 40:7		67:33 31:2		22:40 19:5		66:53 9:3	
21	84:87 48:9		89:67 47:0		88:35 40:4		68:05 30:8		22:39 19:1		65:83 9:0	
22	87:04 48:9		91:90 46:8		89:87 40:1		68:72 30:5		22:50 18:8		65:13 8:7	
23	89:28 49:0		94:05 46:6		91:29 39:8		69:39 30:1		22:71 18:5		64:32 8:4	
24	91:56 49:0		96:10 46:5		92:63 39:5		70:10 29:8		22:95 18:1		63:32 8:0	
25	93:83 49:0		98:04 46:3		93:95 39:2		70:92 29:5		23:12 17:7		62:08 7:7	
26	96:05 49:0		99:88 46:1		95:31 39:0		71:86 29:2		23:13 17:3		60:65 7:3	
27	98:19 48:9		101:64 45:9		96:74 38:7		72:91 28:9		22:92 16:9		59:08 7:0	
28	100:25 48:9		103:35 45:7		98:28 38:5		74:03 28:5		22:50 16:4		57:49 6:8	
29	102:21 48:8		105:07 45:5		99:96 38:2		75:14 28:1		21:91 16:0		55:93 6:5	
30	104:08 48:7		106:85 45:4		101:73 37:9		76:14 27:7		21:23 15:7		54:47 6:3	
31	105:90 48:7		108:73 45:3				76:96 27:3				53:12 6:1	

El día 6 de noviembre la Polar culmina dos veces en Greenwich, siendo las coordenadas en su segundo paso:  $\alpha = 3^{\text{h}}2^{\text{m}}19^{\text{s}}53$  y  $p = 38^{\circ}24'7''$ .

Distancia polar:

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

Declinación de la Polar:

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

**Mínimos de  $\beta$  Persei ( Algol ) en 2022**

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

**Mínimos de  $\beta$  Lyrae ( Sheliak ) en 2022**

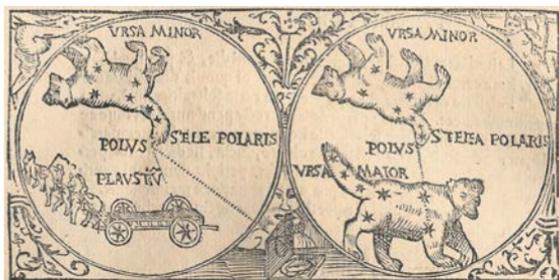
fecha y hora							
Ene 9	21 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup>	Abr 10	11 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	Jul 10	01 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup>	Oct 8	16 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup>
Ene 22	19 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup>	Abr 23	10 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup>	Jul 23	00 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup>	Oct 21	14 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup>
Feb 4	18 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup>	May 6	08 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup>	Ago 4	22 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup>	Nov 3	13 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup>
Feb 17	17 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup>	May 19	07 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>	Ago 17	21 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup>	Nov 16	11 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup>
Mar 2	15 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	Jun 1	05 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup>	Ago 30	20 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup>	Nov 29	10 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup>
Mar 15	14 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup>	Jun 14	04 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup>	Set 12	18 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup>	Dic 12	09 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup>
Mar 28	12 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup>	Jun 27	03 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup>	Set 25	17 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup>	Dic 25	07 <sup>h</sup> 42 <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 Dra	16	33	+66	45	6,7	13,0	245	Ene 02
R Tri	02	37	+34	16	5,4	12,6	266	Ene 04
S Peg	23	21	+08	55	7,1	13,8	319	Ene 17
RT Cyg	19	44	+48	47	6,4	12,7	190	Ene 27
V Mon	06	23	-02	12	6,0	13,7	333	Feb 02
SS Vir	12	25	+00	48	6,0	9,6	354	Feb 04
R Lep	05	00	-14	48	5,5	11,7	432	Feb 09
W Cet	00	02	-14	41	7,1	14,8	351	Feb 14
T Cas	00	23	+55	48	6,9	13,0	444	Feb 14
T Her	18	09	+31	01	6,8	13,9	165	Feb 16
R Crv	12	20	-19	15	6,7	14,4	317	Feb 25
V Oph	16	27	-12	26	7,3	11,6	297	Mar 13
R Gem	07	07	+22	42	6,0	14,0	369	Mar 14
R Vul	21	04	+23	49	7,0	14,3	136	Mar 24
$\chi$ Cyg	19	51	+32	55	3,3	14,2	406	Abr 11
R Ser	15	51	+15	08	5,2	14,4	356	May 08
R Vir	12	38	+06	59	6,0	12,1	145	May 10
V Cas	23	12	+59	42	6,9	13,4	228	May 11
T UMa	12	36	+59	29	6,6	13,4	256	May 15
U Ori	05	56	+20	10	4,8	12,6	372	May 19
R LMi	09	46	+34	31	6,3	13,2	371	May 28
R UMa	10	45	+68	47	6,7	13,4	301	Jun 00
R Sgr	19	17	-19	18	6,7	12,8	268	Jun 06
R Boo	14	37	+26	44	6,2	12,1	223	Jun 06
U Cet	02	34	-13	09	6,8	13,4	234	Jun 10
S Vir	13	33	-07	12	6,3	13,2	377	Jun 16
R Aql	19	06	+08	14	5,5	12,0	284	Jun 19
S Her	16	52	+14	56	6,4	13,8	307	Jun 20
R Peg	23	07	+10	33	6,9	13,8	378	Jul 00
R Leo	09	48	+11	26	4,4	11,3	312	Jul 03
R Cnc	08	17	+11	44	6,1	11,8	361	Jul 07
W And	02	18	+44	18	6,7	14,6	395	Jul 10
S CrB	15	21	+31	22	5,8	14,1	360	Jul 28
$\circ$ Cet	02	19	-02	59	2,0	10,0	331	Jul 30
S UMa	12	44	+61	06	7,0	12,4	226	Ago 05
R Aqr	23	44	-15	17	5,8	12,4	386	Set 03
T Hya	08	56	-09	08	6,7	13,2	289	Set 05
T Cep	21	10	+68	29	5,2	11,3	388	Set 06
V CrB	15	50	+39	34	6,9	12,6	357	Set 08
X Oph	18	38	+08	50	5,9	9,2	334	Oct 05
S CMi	07	33	+08	19	6,6	13,2	332	Oct 17
U Cyg	20	20	+47	54	5,9	12,1	462	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

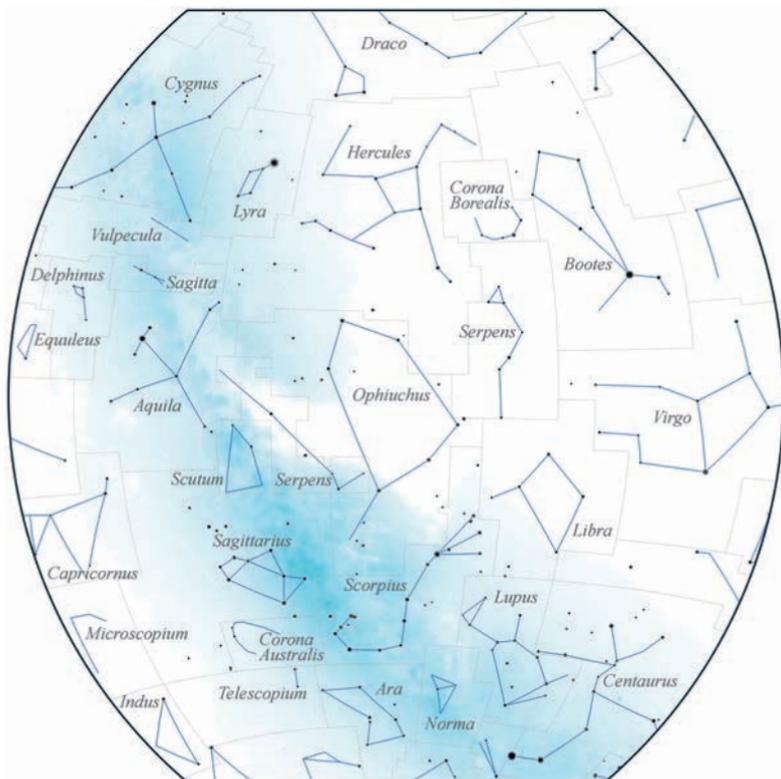
Algunas efemérides relativas a estrellas figuran en la primera parte del ANUARIO. En páginas anteriores se encuentran las efemérides de la Polar, los instantes de mínimo de  $\beta$  Persei (Algol) y  $\beta$  Lyrae y los instantes de máximo de las variables de largo periodo tipo Mira.

Constelaciones						
nombre latino	abr.	$\alpha$ (h)	$\delta$ ( $^{\circ}$ )	área ( $^{\circ}2$ )	$N_*$	traducción
Andromeda	And	1	40	722	100	Andrómeda
Antlia	Ant	10	-35	239	20	Máquina Neumática
Apus	Aps	16	-75	206	20	Ave del Paraíso
Aquarius	Aqr	23	-15	980	90	Acuario
Aquila	Aql	20	5	652	70	Aguila
Ara	Ara	17	-55	237	30	Altar
Aries	Ari	3	20	441	50	Carnero
Auriga	Aur	6	40	657	90	Cochero
Bootes	Boo	15	30	907	90	Boyero
Caelum	Cae	5	-40	125	10	Buril
Camelopardalis	Cam	6	70	757	50	Jirafa
Cancer	Cnc	9	20	506	60	Cangrejo
Canes Venatici	CVn	13	40	465	30	Perros de Caza
Canis Major	CMa	7	-20	380	80	Can Mayor
Canis Minor	CMi	8	5	183	20	Can Menor
Capricornus	Cap	21	-20	414	50	Capricornio
Carina	Car	9	-60	494	110	Quilla
Cassiopeia	Cas	1	60	598	90	Casiopea
Centaurus	Cen	13	-50	1060	150	Centauro
Cepheus	Cep	22	70	588	60	Cefeo
Cetus	Cet	2	-10	1231	100	Ballena
Chamaeleon	Cha	11	-80	132	20	Camaleón
Circinus	Cir	15	-60	93	20	Compás
Columba	Col	6	-35	270	40	Paloma
Coma Berenices	Com	13	20	386	50	Cabellera de Berenice
Corona Australis	CrA	19	-40	128	25	Corona Austral
Corona Borealis	CrB	16	30	179	20	Corona Boreal
Corvus	Crv	12	-20	184	15	Cuervo
Crater	Crt	11	-15	282	20	Copa
CruX	Cru	12	-60	68	30	Cruz del Sur
Cygnus	Cyg	21	40	804	150	Cisne (Cruz del Norte)
Delphinus	Del	21	10	189	30	Delfín
Dorado	Dor	5	-65	179	20	Dorada
Draco	Dra	17	65	1083	80	Dragón
Equuleus	Equ	21	10	72	10	Caballo Menor
Eridanus	Eri	3	-20	1138	100	Erídano
Fornax	For	3	-30	398	35	Horno químico
Gemini	Gem	7	20	514	70	Gemelos
Grus	Gru	22	-45	366	30	Grulla
Hercules	Her	17	30	1225	140	Hércules
Horologium	Hor	3	-60	249	20	Reloj
Hydra	Hya	10	-20	1303	130	Hidra Hembra
Hydrus	Hyi	2	-75	243	20	Hidra Macho
Indus	Ind	21	-55	294	20	Indio
Lacerta	Lac	22	45	201	35	Lagarto

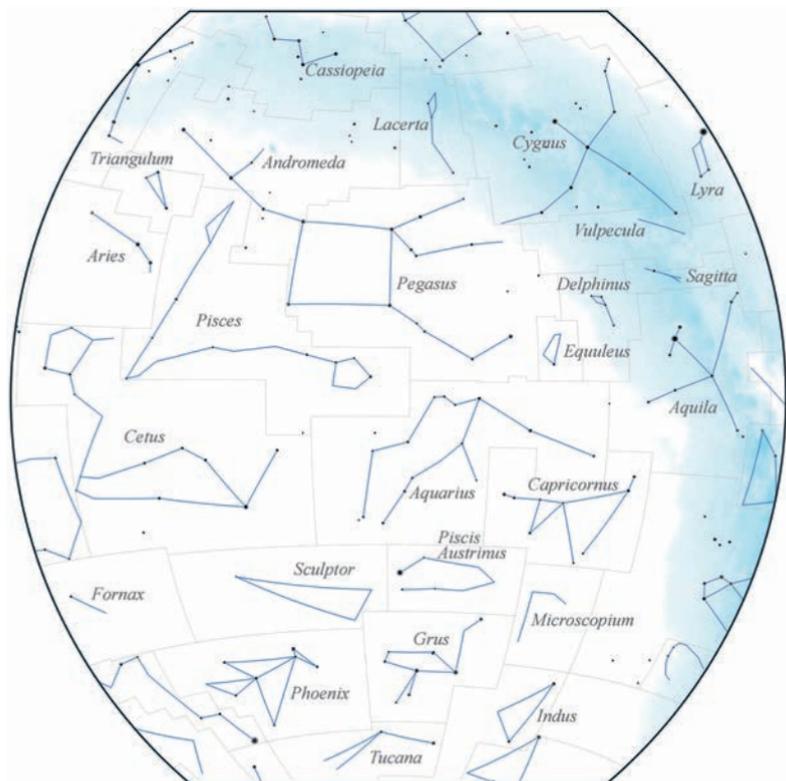
## Constelaciones (cont.)

nombre latino	abr.	$\alpha$ (h)	$\delta$ ( $^{\circ}$ )	área ( $^{\circ}2$ )	$N_*$	traducción
Leo	Leo	11	15	947	70	León
Leo Minor	LMi	10	35	232	20	León Menor
Lepus	Lep	6	-20	290	40	Liebre
Libra	Lib	15	-15	538	50	Balanza
Lupus	Lup	15	-45	334	70	Lobo
Lynx	Lyn	8	45	545	60	Lince
Lyra	Lyr	19	40	286	45	Lira
Mensa	Men	5	-80	153	15	Mesa
Microscopium	Mic	21	-35	210	20	Microscopio
Monoceros	Mon	7	-5	482	85	Unicornio
Musca	Mus	12	-70	138	30	Mosca
Norma	Nor	16	-50	165	20	Escuadra
Octans	Oct	22	-85	291	35	Octante
Ophiuchus	Oph	17	0	948	100	Ofiuco
Orion	Ori	5	5	594	120	Orión
Pavo	Pav	20	-65	378	45	Pavo
Pegasus	Peg	22	20	1121	100	Pegaso
Perseus	Per	3	45	615	90	Perseo
Phoenix	Phe	1	-50	469	40	Fénix
Pictor	Pic	6	-55	247	30	Caballete del Pintor
Pisces	Psc	1	15	889	75	Peces
Piscis Austrinus	PsA	22	-30	245	25	Pez Austral
Puppis	Pup	8	-40	673	140	Popa
Pyxis	Pyx	9	-30	221	25	Brújula
Reticulum	Ret	4	-60	114	15	Retículo
Sagitta	Sge	20	10	80	20	Flecha
Sagittarius	Sgr	19	-25	867	115	Sagitario
Scorpius	Sco	17	-40	497	100	Escorpión
Sculptor	Scl	0	-30	475	30	[Taller del] Escultor
Scutum	Sct	19	-10	109	20	Escudo
Serpens	Ser	17	0	637	60	Serpiente
Sextans	Sex	10	0	314	25	Sextante
Taurus	Tau	4	15	797	125	Toro
Telescopium	Tel	19	-50	252	30	Telescopio
Triangulum	Tri	2	30	132	15	Triángulo
Triangulum Australe	TrA	16	-65	110	20	Triángulo Austral
Tucana	Tuc	0	-65	295	25	Tucán
Ursa Major	UMa	11	50	1280	125	Osa Mayor
Ursa Minor	UMi	15	70	256	20	Osa Menor
Vela	Vel	9	-50	500	110	Vela
Virgo	Vir	13	0	1294	95	Virgen
Volans	Vol	8	-70	141	20	Pez Volador
Vulpecula	Vul	20	25	268	45	Raposilla

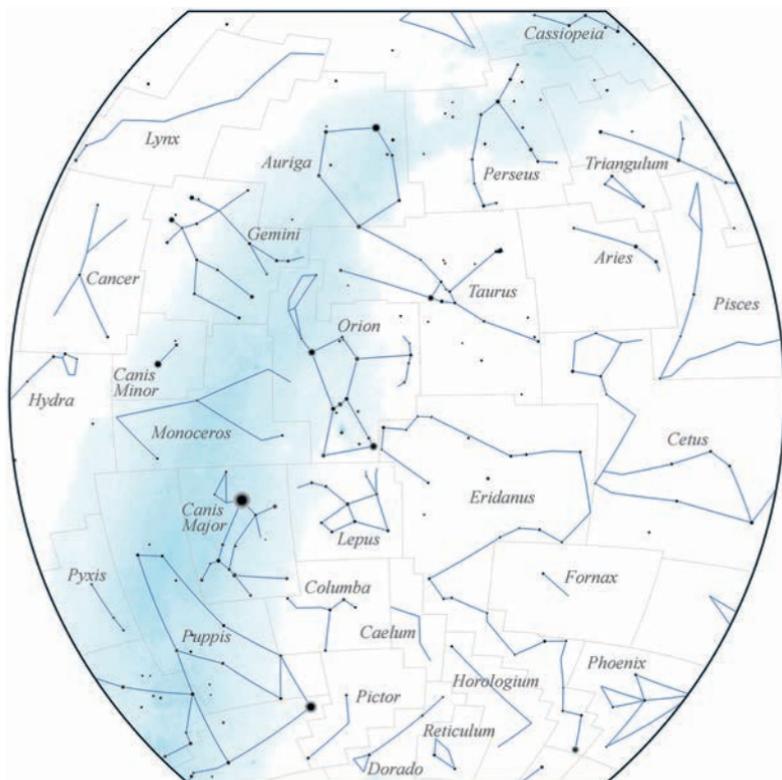
$N_*$  es el número aproximado de estrellas más brillantes que la magnitud 6.



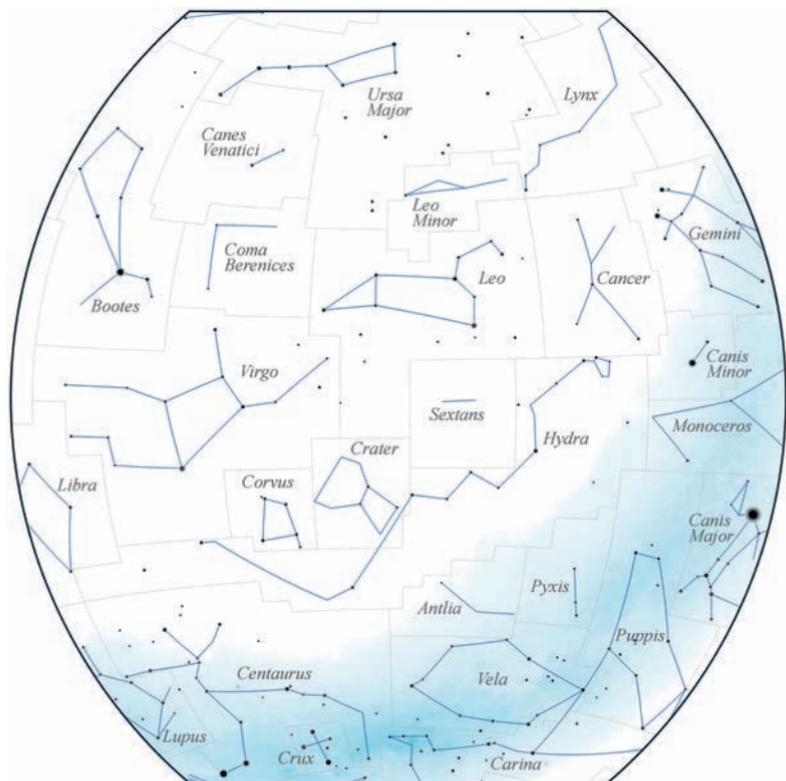
Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de  $-65^{\circ}$  y  $+65^{\circ}$ , y con ascensiones rectas desde 13 a 21 horas, que corresponden a los bordes derecho e izquierdo de la figura, respectivamente.



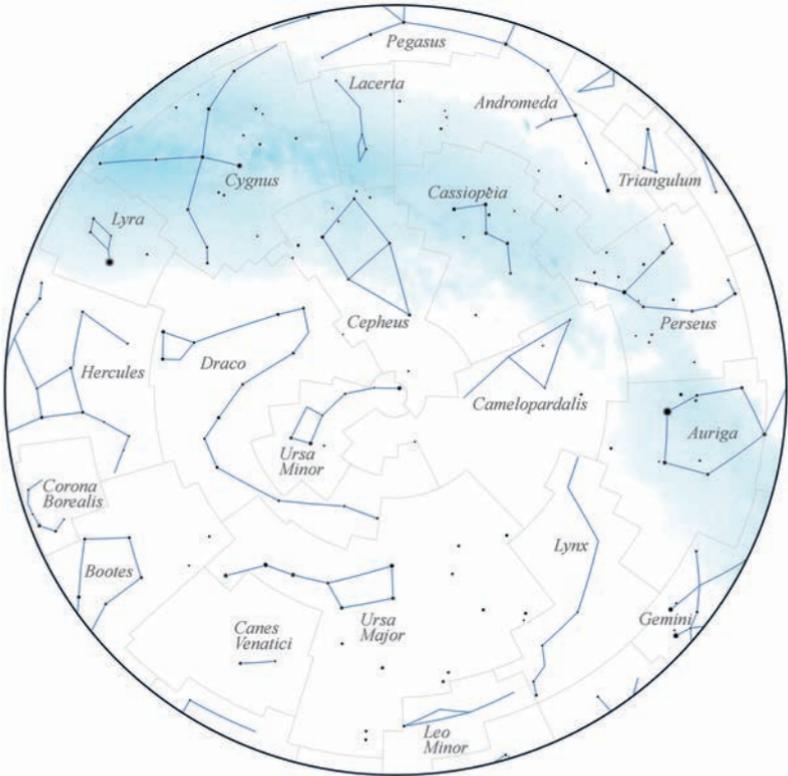
Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de  $-65^\circ$  y  $+65^\circ$ , y con ascensiones rectas desde 19 a 3 horas, que corresponden a los bordes derecho e izquierdo de la figura, respectivamente.



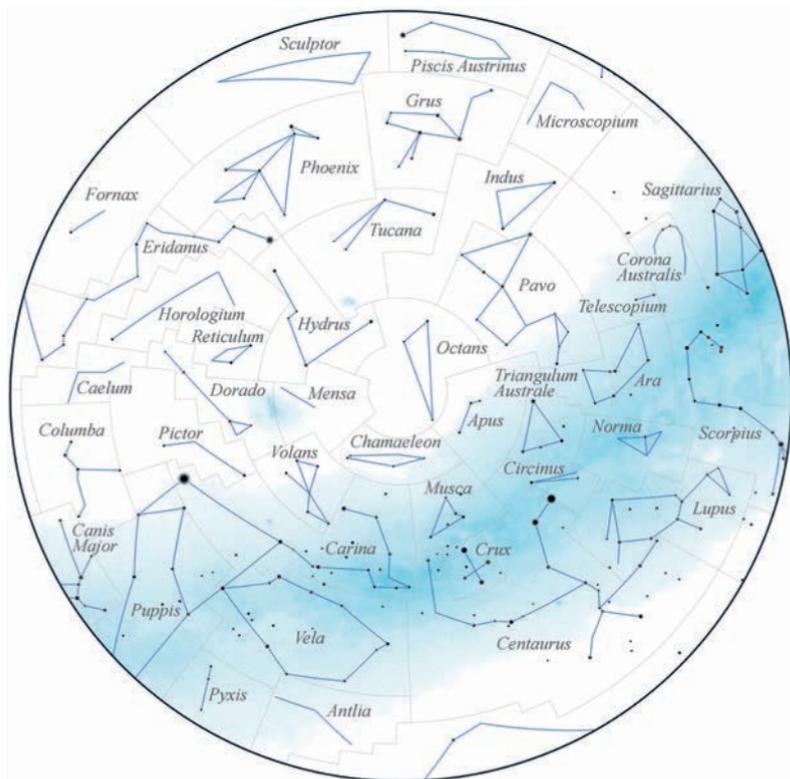
Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de  $-65^\circ$  y  $+65^\circ$ , y con ascensiones rectas desde 1 a 9 horas, que corresponden a los bordes derecho e izquierdo de la figura, respectivamente.



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)	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> <sup>s</sup> )	$\delta_{2000}$ ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )	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)	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> <sup>s</sup> )	$\delta_{2000}$ ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )	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	$\circ$ 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)	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> <sup>s</sup> )	$\delta_{2000}$ ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )	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	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> <sup>s</sup> )	$\delta_{2000}$ ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> <sup>"</sup> )	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:  $\alpha$  Alfard, 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  $\gamma^2$  Anasl  $\delta$  Kaus Media  $\epsilon$  Kaus Australis  
 $\zeta$  Ascella  $\lambda$  Kaus Borealis  $\sigma$  Nunki
- Scorpius:  $\alpha$  Antares  $\beta^1$  Graffias  $\lambda$  Shaula  $\nu$  Lesath
- Serpens:  $\alpha$  Unukalhai  $\theta^1$  Alya
- Taurus:  $\alpha$  Aldebarán  $\beta$  Elnath  $\eta$  Alcófone 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 (Rigel 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
$\mu$ Cassiopeiæ	Cas	1 08 16,4	+54 55 13	5,17	3,42 -1,60
BD+5° 1668	CMi	7 27 24,5	+5 13 32	9,84	0,57 -3,69
$\alpha$ Centauri B	Cen	14 39 35,1	-60 50 14	1,35	-3,60 0,95
$\alpha$ Centauri A	Cen	14 39 36,5	-60 50 02	-0,01	-3,68 0,48
Gliese 579.2B	Lib	15 10 12,9	-16 27 46	9,44	-1,00 -3,54
Gliese 579.2A	Lib	15 10 13,0	-16 22 44	9,07	-1,00 -3,54
Lacaille 8760	Mic	21 17 15,3	-38 52 03	6,69	-3,26 -1,15
86 G Eridani	Eri	3 19 55,7	-43 04 11	4,26	3,04 0,73

## Las 20 estrellas más brillantes

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

## Estrellas brillantes

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

## Estrellas brillantes

nombre	$\alpha_{2000}$ (h m s)	$\delta_{2000}$ ( $^{\circ}$ ' ")	$\mu_{\alpha} \cos \delta, \mu_{\delta}$ ("/milenio)	$\pi$ (")	$V$	$B-V$	tipo esp.	
$\alpha$ Ori	05 55 10,3	+07 24 25	27	11	0,008	0,45	1,50	M0
$\beta$ Aur	05 59 31,7	+44 56 51	-56	-1	0,040	1,90	0,08	A0p
$\theta$ Aur	05 59 43,3	+37 12 45	42	-74	0,019	2,65	-0,08	A0
$\beta$ CMa	06 22 42,0	-17 57 21	-3	0	0,007	1,98	-0,24	B1
$\mu$ Gem	06 22 57,6	+22 30 49	57	-109	0,014	2,87	1,62	M0
$\alpha$ Car	06 23 57,1	-52 41 44	20	24	0,010	-0,62	0,16	F0
$\gamma$ Gem	06 37 42,7	+16 23 57	-2	-67	0,031	1,93	0,00	A0
$\alpha$ CMA	06 45 08,9	-16 42 58	-546	-1223	0,379	-1,44	0,01	A0
$\tau$ Pup	06 49 56,2	-50 36 52	34	-66	0,018	2,94	1,21	K0
$\varepsilon$ 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  $t = (\text{dia juliano} - 2451545)/365250$ .

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://www.astro.gsu.edu/wds/orb6/>) y The Washington Double Star Catalog (<http://www.astro.gsu.edu/wds/Webtextfiles/>). 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. ( $^{\circ}$ )
	(h	m)	( $^{\circ}$	')		prim.	sec.		
$\eta$ Cas	00	49,1	57	49	AB	3,52	7,36	3,4	327*
$\gamma$ Ari	01	53,5	19	18	AB	4,52	4,58	7,4	1
$\theta$ Eri	02	58,3	-40	18		3,20	4,12	8,2	90
$\eta$ Tau	03	47,5	24	06	AB	2,83	6,27	117,6	291
HR 1190	03	48,6	-37	37		4,72	5,25	8,2	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	339,4	174
83 Tau	04	30,6	13	43	AC	4,75	6,09	4,9	311
92 tau	04	39,3	15	55		4,69	5,09	444,0	194
$\beta$ Ori	05	14,5	-08	12	A,BC	0,30	6,80	9,7	202
$\beta$ Lep	05	28,2	-20	46	AB	2,90	7,50	2,7	10
$\delta$ Ori	05	32,0	00	18	AC	2,41	6,83	56,2	4
Struve 747	05	35,0	-06	00	AB	4,70	5,51	36,3	224
$\lambda$ Ori	05	35,1	09	56	AB	3,51	5,45	4,3	44
$\iota$ Ori	05	35,4	-05	55	AB	2,77	7,73	12,5	146
$\zeta$ Ori	05	40,7	-01	57	AB	1,88	3,70	2,2	168*
$\gamma$ Lep	05	44,5	-22	27	AB	3,64	6,28	95,5	349
$\theta$ Aur	05	59,7	37	13	AB	2,60	7,20	4,2	304
$\zeta$ CMa	06	20,3	-30	04	AB	2,96	7,81	169,6	340
$\beta$ Mon	06	28,8	-07	02	AB	4,62	5,00	7,1	133
$\beta$ Mon	06	28,8	-07	02	AC	4,62	5,39	9,9	126
$\epsilon$ 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	177,0	287
$\alpha$ Gem	07	34,6	31	53	AB	1,93	2,97	5,4	52*
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	41,2	221
$\gamma$ Vel	08	09,5	-47	20	AC	1,79	7,26	61,5	152
$\iota$ Cnc	08	46,7	28	46		4,13	5,99	30,7	308
$\eta$ Hya	08	46,8	06	25	AB,C	3,49	6,66	2,7	312*
38 Lyn	09	18,8	36	48	AB	3,92	6,09	2,6	224
$\zeta$ Leo	10	16,7	23	25		3,46	6,03	331,3	337
$\gamma$ Leo	10	20,0	19	50	AB	2,37	3,64	4,8	127*
54 Leo	10	55,6	24	45		4,48	6,30	6,8	112
$\alpha$ UMa	11	03,7	61	45	AC	2,02	7,19	370,0	205
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	93*

## Estrellas dobles o múltiples

nombre	$\alpha_{2000}$		componentes	magnitudes		separ. ( $''$ )	A.P. ( $^{\circ}$ )
	( $^{\text{h}}$ $^{\text{m}}$ )	( $^{\circ}$ $'$ )		prim.	sec.		
$\gamma$ Vir	12 41,7	-01 27	AB	3,48	3,53	2,8	359*
$\alpha$ CVn	12 56,0	38 19	AB	2,85	5,52	19,5	230
$\zeta$ UMa	13 23,9	54 56	AB	2,23	3,88	14,6	154
$\zeta$ UMa	13 23,9	54 56	AC	2,23	4,01	707,7	72
$\zeta$ UMa	13 23,9	54 56	AD	2,23	7,62	492,8	102
3 Cen	13 51,8	-33 00		4,50	5,97	7,8	105
$\pi$ 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	2,8	347
$\alpha$ 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	6,3	306
$\eta$ 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	13,4	20
$\beta$ Sco	16 05,4	-19 48	AD	2,62	7,50	518,2	30
$\nu$ Sco	16 12,0	-19 28	AC	4,35	6,60	41,3	336
$\epsilon$ Nor	16 27,2	-47 33		4,51	6,12	22,9	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	321
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	62,1	311
$\theta$ Sco	17 37,3	-43 00		1,97	5,36	6,5	315
$\psi$ Dra	17 41,9	72 09	AB	4,60	5,59	29,6	17*
95 Her	18 01,5	21 36		4,85	5,20	6,4	257
70 Oph	18 05,5	02 30	AB	4,22	6,17	6,6	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	43,7	150
$\beta$ Lyr	18 50,1	33 22	AB	3,63	6,69	45,7	149
$\theta$ Ser	18 56,2	04 12	AB	4,59	4,93	22,4	106
$\alpha$ 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	35,2	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
o Cyg	20 13,6	46 44	AC	3,93	6,97	108,6	173
o Cyg	20 13,6	46 44	AD	3,93	4,83	336,7	322
$\alpha$ 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	335,2	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	159
$\delta$ Cep	22 29,2	58 25	AC	4,21	6,11	41,0	191

## Estrellas variables

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

### Variables eruptivas

Están constituidas por aquellas estrellas en las que los cambios de luminosidad se producen debido a la presencia de procesos violentos en sus atmósferas. Estos cambios suelen venir acompañados de eyecciones de material en forma de vientos estelares. De entre estas estrellas citaremos las de tipo Wolf-Rayet, FU Orionis, T Orionis, T Tauri, R Coronae Borealis, S Doradus, UV Ceti (“flare” o fulgurantes) y  $\gamma$  Cassiopeiae.

### Variables pulsantes

En estas estrellas la variabilidad se debe a que el objeto está pulsando, es decir se contrae y se expande de un modo más o menos regular. Esas pulsaciones, que tienen lugar en las capas más exteriores de la estrella, cambian su tamaño y temperatura superficial, lo que da lugar a las variaciones de luz observadas. Existen numerosos tipos de variables pulsantes, dependiendo del estado evolutivo del objeto y de la variabilidad mostrada. Las hay de periodo corto ( $\beta$  Cephei =  $\beta$  Canis Majoris,  $\delta$  Scuti, RR Lyrae), de periodo medio (Cefeidas, W Virginis), de periodo largo (Miras, estrellas OH/IR, RV Tauri) y las de tipo Semirregular e Irregular.

### Variables rotantes

Se trata de estrellas en las que el brillo de su superficie no es uniforme, por lo que su variabilidad se aprecia al rotar el objeto. La no uniformidad de su superficie está ocasionada por la existencia de inhomogeneidades en su composición química o en su temperatura, producidas por intensos campos magnéticos o por la presencia de una compañera muy cercana. De entre estos objetos merecen ser destacados los “púlsares”, estrellas de neutrones en rápida rotación. También se incluyen los tipos  $\alpha$  Canum Venaticorum y DY Draconis.

### **Variables cataclísmicas**

Estrellas variables en las que tienen lugar enormes y rápidos aumentos de su luminosidad. Estos se producen por la aparición de repentinos procesos de combustión nuclear en su interior o por intercambio de material entre las estrellas de sistemas binarios próximos. Los primeros engloban las 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 276. 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 277.

## 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:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ parsec (pc)} &= 3,2615 \text{ 6378 años luz} = 206 \text{ 265 ua} \\
 &= 3,085 \text{ 678 } 10^{13} \text{ km} = 3,085 \text{ 678 } 10^{16} \text{ m} \\
 1 \text{ año luz} &= 0,3066 \text{ 0139 parsecs} = 63 \text{ 241 ua} \\
 &= 9,4607 \text{ 3047 } 10^{12} \text{ km} = 9,4607 \text{ 3047 } 10^{15} \text{ m} \\
 1 \text{ ua} &= 4,8481 \text{ 3681 } 10^{-6} \text{ pc} = 1,5812 \text{ 5074 } 10^{-5} \text{ años luz} \\
 &= 1,4959 \text{ 7871 } 10^8 \text{ km} = 1,4959 \text{ 7871 } 10^{11} \text{ m} \\
 1 \text{ km} &= 3,2407 \text{ 7929 } 10^{-14} \text{ pc} = 1,0570 \text{ 0083 } 10^{-13} \text{ años luz} \\
 &= 6,6845 \text{ 8712 } 10^{-9} \text{ ua}
 \end{aligned}$$

# 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

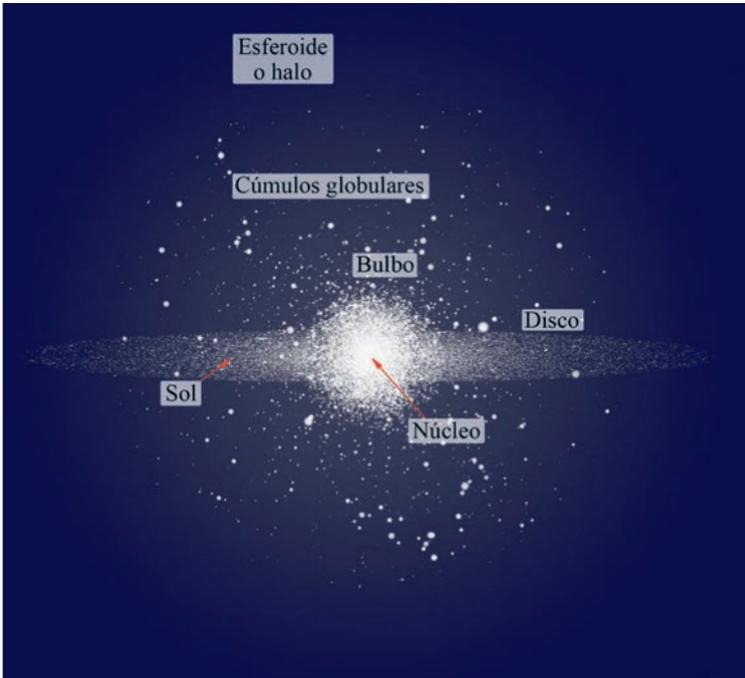
## La Vía Láctea

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	$> 2 \cdot 10^{11}$
<b>Núcleo:</b>	
masa interior a 1 pc (3,26 años luz)	$3 \cdot 10^6 \mathcal{M}_{\odot}$
<b>Bulbo:</b>	
masa	$10^{10} \mathcal{M}_{\odot}$
diámetro	2 kpc
luminosidad en banda B	$0,2 \cdot 10^{10} \mathcal{L}_{\odot}$
<b>Disco:</b>	
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
<b>Esferoide o halo:</b>	
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 km s <sup>-1</sup>
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 $\mathcal{M}_{\odot}$ pc <sup>-3</sup>
densidad total de materia	0,15–0,18 $\mathcal{M}_{\odot}$ pc <sup>-3</sup>
brillo superficial	15 $\mathcal{L}_{\odot}$ pc <sup>-1</sup>
metalicidad, Z	0,02
velocidad de escape	$\sim 550$ km s <sup>-1</sup>



Esquema de perfil de la galaxia, donde se identifican sus principales componentes. Los tamaños no están a escala.

## Cúmulos estelares

Nuestra galaxia contiene numerosos grupos de estrellas que se denominan *cúmulos estelares* y se suelen dividir en dos grupos:

- *cúmulos abiertos o galácticos*: se encuentran en el disco galáctico, contienen algunos centenares de estrellas en una distribución a menudo irregular, suelen ser jóvenes ( $< 10^8$  años) y se estima que hay decenas de miles de ellos en la Vía Láctea.
- *cúmulos globulares*: se encuentran en el halo galáctico, contienen entre  $10^5$  y  $10^7$  estrellas en una distribución esférica, suelen ser muy viejos ( $\sim 10^{10}$  años) y se estima que hay más de 160 en la Vía Láctea.

### Propiedades medias de los cúmulos estelares

	abiertos	globulares
diámetro (en parsecs)	4	20
masa (en $\mathcal{M}_{\odot}$ )	250	$6 \cdot 10^5$
densidad central (en $\mathcal{M}_{\odot} \text{pc}^{-3}$ )	$\sim 10^2$	$\sim 10^4$
velocidad de dispersión (en $\text{km s}^{-1}$ )	1	7
tiempo de vida/edad (en años)	$2 \cdot 10^8$	$10^{10}$

### Cúmulos globulares

M	NGC	const.	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )	$\delta_{2000}$ ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )	magn. $V_{total}$	tamaño ( <sup>'</sup> )	dist. (kpc)
	104	Tuc	00 24,0	-72 04	4,0	30	4,3
	5139	Cen	13 26,8	-47 28	3,7	36	5,1
3	5272	CVn	13 42,2	+28 23	6,2	16	10,0
5	5904	Ser	15 18,5	+02 05	5,7	17	7,3
4	6121	Sco	16 23,6	-26 31	5,6	26	2,2
13	6205	Her	16 41,7	+36 28	5,8	17	7,0
12	6218	Oph	16 47,1	-01 57	6,7	15	4,7
10	6254	Oph	16 57,1	-04 06	6,6	15	4,3
62	6266	Oph	17 01,2	-30 07	6,5	14	6,7
19	6273	Oph	17 02,6	-26 16	6,8	13	8,5
92	6341	Her	17 17,1	+43 08	6,4	11	8,1
	6388	Sco	17 36,3	-44 44	6,7	9	11,5
	6397	Ara	17 40,8	-53 41	5,7	26	2,2
	6541	CrA	18 08,0	-43 42	6,3	13	7,4
22	6656	Sgr	18 36,3	-23 54	5,1	24	3,2
	6752	Pav	19 10,9	-59 59	5,4	20	3,9
55	6809	Sgr	19 40,0	-30 58	6,3	19	5,3
15	7078	Peg	21 30,0	+12 10	6,2	12	10,2
2	7089	Aqr	21 33,4	-00 50	6,5	13	11,4

M: catálogo de Messier; NGC: New General Catalogue

## Cúmulos abiertos

M	NGC	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )	$\delta_{2000}$ ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )	magn. <i>V</i> <sub>total</sub>	tama. ( <sup>'</sup> )	comentarios
	869	02 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 0	+57 10	5,3	30	h Per, junto a NGC884
34	1039	02 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 0	+42 47	5,2	35	en Perseus
	Perseo	03 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 0	+48 36	1,2	190	$\alpha$ Per, Melotte 20
45	Pléyades	03 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 1	+24 08	1,2	110	el mejor conocido
	Híades	04 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> 0	+15 38	0,5	330	en Taurus
38	1912	05 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 6	+35 50	6,4	21	en Auriga
	1976/80	05 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 4	-05 23	2,5	50	<i>El Trapecio</i> , joven
36	1960	05 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 1	+34 08	6,0	12	en Auriga
	Berk 21	05 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 7	+21 47	1,1	6	en Taurus
37	2099	05 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> 4	+32 32	5,6	23	en Auriga
35	2168	06 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 8	+24 21	5,1	28	en Gemini
	2232	06 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 5	-04 45	3,9	30	en Monoceros
	2244	06 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> 4	+04 52	4,8	23	en neb. <i>Roseta</i> , joven
	2264	06 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 0	+09 53	3,9	20	S Mon
41	2287	06 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 1	-20 44	4,5	38	en Canis Major
50	2323	07 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 0	-08 21	5,9	16	en Monoceros
	2362	07 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 8	-24 56	4,1	8	$\tau$ CMa
47	2422	07 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 6	-14 30	4,4	30	en Puppis
46	2437	07 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 8	-14 49	6,1	27	en Puppis
	2451	07 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 4	-37 58	2,8	45	en Puppis
44	2632	08 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 1	+20 00	3,1	95	Praesepe, en Cancer
	IC2395	08 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 0	-48 11	4,6	7	en Vela
67	2682	08 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 5	+11 42	6,9	30	en Cancer
	Tr 16	10 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 2	-59 42	5,0	10	$\eta$ Car y nebulosa
	Coma	12 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 1	+26 06	1,8	300	disperso, Melotte 111
	4755	12 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 6	-60 20	4,2	10	$\kappa$ Cru, <i>El Joyero</i>
	6231	16 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> 0	-41 48	2,6	14	supergig. O, WR; en Sco
6	6405	17 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 1	-32 13	4,2	14	en Scorpium
	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 Scorpium
23	6494	17 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 9	-19 01	5,5	27	en Scorpium
16	6611	18 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 9	-13 47	6,0	6	en Serpens, +nebulosa
	6633	18 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 6	+06 34	4,6	27	en Ophiuchus
25	IC4725	18 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 7	-19 15	4,6	32	cefeida U Sgr
	IC4756	18 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 3	+05 27	4,6	50	en Serpens
11	6705	18 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 1	-06 17	5,8	13	muy rico, en Scutum
	Steph 1	18 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 5	+36 55	3,8	20	en Lyra
	Col 399	19 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 4	+20 11	3,6	60	en Vulpecula
	6819	19 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 3	+40 11	7,3	5	en Cygnus
	IC1396	21 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 9	+57 30	3,5	50	en Cepheus

IC: Index Catalogue, Col: Collinder, Tr: Trumpler, Berk: Berkeley, Steph: Stephenson. WR: estrella de tipo Wolf-Rayet.

## Nebulosas

El espacio que se encuentra entre las estrellas no está vacío sino que está ocupado por *gas* en diversas fases (ionizado, neutro en forma atómica o molecular) y condiciones físicas (frío, caliente, muy caliente; difuso, denso) que constituye el denominado *medio interestelar*. La *materia interestelar* también contiene pequeños *granos de polvo*, de diversa composición (grafito, silicatos, carbonatos, ...), que constituye el 1% en masa y se hallan bien mezclados con el gas. El medio interestelar está también constituido por *rayos cósmicos* (partículas subatómicas de elevada energía) y *campos magnéticos*.

En el medio interestelar destacan una serie de objetos, que se distinguen por representar diversas fases del intercambio de materia y energía que tiene lugar entre las estrellas y el medio circundante. Las estrellas nacen en nubes moleculares, objetos densos y fríos. Las estrellas de mayor masa producen nebulosas difusas, brillantes en óptico y en el continuo radio. Dependiendo del tipo de estrella de que se trate y de la etapa de su vida (inicial, final) puede dar lugar a varios tipos de nebulosas: nebulosas de emisión (o regiones HII), nebulosas de reflexión, nebulosas planetarias y remanentes (o restos) de supernova.

### Nebulosas de emisión

Son nebulosas de hidrógeno que es ionizado (y se designa por  $H^+$  o HII) por el intenso flujo de radiación ultravioleta procedente de estrellas de tipo O (muy calientes). Estas estrellas, muy masivas, evolucionan muy rápidamente actuando sobre la nube molecular en la que nacen, en el inicio de sus “cortas” vidas. El gas en estas nebulosas tiene una temperatura de  $10^4$  K y una densidad típica de 1000 partículas por  $cm^3$ . Se caracterizan por su color rojo cuando se observan en el óptico, debido a la intensa radiación de la línea  $H\alpha$  que domina la emisión en este rango. Además de otras líneas de recombinación del hidrógeno, se detectan líneas de emisión prohibidas de especies ionizadas, emisión de radio continuo del plasma de electrones y emisión de continuo en el infrarrojo debida a los granos de polvo calentados por la radiación ultravioleta de la estrella.

### Nebulosas por reflexión

Son nebulosas en que los granos de polvo dispersan la radiación procedente de estrellas de tipo A o B, cuya temperatura no permite tener un flujo de fotones ultravioleta suficiente como para ionizar el gas de la nube circundante. Estas nebulosas se caracterizan por su color azul, debido a que la dispersión de la radiación de la estrella por los granos de polvo

es mayor a cortas longitudes de onda. La luz dispersada está parcialmente polarizada.

### **Nebulosas planetarias**

Se denominan así por su apariencia (redondas, con un cierto parecido a un disco planetario). Sus características son muy similares a las regiones HII: se trata de nubes de gas de hidrógeno ionizado. Son el resultado de la expulsión por parte de una estrella vieja (más concretamente una estrella gigante roja de masa intermedia) de sus capas externas, que se verán sometidas a la ionización por el núcleo interno restante. La estrella evolucionará hacia la fase de enana blanca. Estas nebulosas se estudian con las mismas técnicas utilizadas en el análisis de las regiones HII.

### **Remanentes de supernova**

Son el resultado de la explosión violenta de una estrella vieja (una gigante roja de gran masa) y su acción sobre el medio interestelar circundante, a través de la eyección de las capas externas. No obstante su denominación es equívoca, porque lo que se considera como remanente de supernova engloba a todo el medio circundante, incluso material originalmente no expulsado por la estrella pero que es arrastrado por la expansión violenta y la onda de choque generada en la explosión. Las elevadas temperaturas (del orden de un millón de grados) del gas sometido a las ondas de choque hacen que los remanentes sean visibles en un amplio rango del espectro electromagnético (desde radioondas a rayos gamma).

En el catálogo de objetos de apariencia difusa compilado por Messier a finales del siglo XVIII se encuentran nebulosas de cada uno de estos tipos, junto con cúmulos estelares y galaxias.

- *Nebulosas de emisión:* neb. del Lago (M8), neb. Omega (M17), neb. Trífida (M20), complejo de neb. de Orión (M42, M43).
- *Nebulosas por reflexión:* neb. asociada a las Pléyades (M45), neb. azulada situada al norte de la Trífida (M20).
- *Nebulosas planetarias:* neb. plan. de Vulpécua (M27), neb. anular de Lira (M57), neb. plan. de Perseo (M76), neb. plan. de la Osa Mayor (M97).
- *Remanentes (restos) de supernova:* nebulosa del Cangrejo (M1).

Además de estos objetos, también presentan nebulosidades objetos tales como las nebulosas preplanetarias y las estrellas Wolf-Rayet (NGC 2359 es un bello ejemplo).

## Nubes moleculares

Tanto las nebulosas que emiten luz como las que la reflejan son manifestaciones visibles de otros objetos que no emiten luz a longitudes de onda ópticas: las nubes moleculares. Éstas son agregados más o menos amorfos (como lo son las nubes en la atmósfera terrestre) de gas compuesto predominantemente por moléculas, siendo la más abundante la de hidrógeno. Contienen además pequeñas partículas sólidas, llamadas *granos de polvo*, que absorben la luz visible. Aunque sus características irregulares no permiten una clasificación sencilla, pueden distinguirse los siguientes tipos:

- *Nubes moleculares gigantes*: alcanzan un tamaño de decenas de parsecs y una masa de hasta  $10^6 \mathcal{M}_{\odot}$ , por lo que constituyen los objetos de mayor masa de nuestra galaxia. En su interior se forman tanto estrellas muy masivas como poco masivas, normalmente en cúmulos abiertos, los cuales pueden llegar a tener varios miles de estrellas. Cuando éstas ionizan el gas molecular dan lugar a nebulosas de emisión. Un ejemplo cercano es la nube molecular asociada a la nebulosa de Orión.
- *Nubes oscuras*: Son menos masivas que las gigantes ( $\sim 10^4 \mathcal{M}_{\odot}$ ) y sólo forman estrellas de baja masa. Normalmente son filamentosas y su nombre se debe a que las más cercanas, al bloquear la luz de las estrellas lejanas, aparecen en las imágenes ópticas como “huecos” o regiones oscuras del cielo. La nebulosa de la cabeza de Caballo, situada en Orión, es un ejemplo de un fragmento de nube oscura.
- *Glóbulos*: Son menores que las nubes oscuras (su masa típica es de decenas de  $\mathcal{M}_{\odot}$ ) y suelen tener formas más regulares, siendo en algunos casos casi esféricos. Dan lugar a estrellas individuales o pequeños grupos de estrellas de baja masa.

## Nebulosas de emisión brillantes

M	NGC	nombre propio	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )	$\delta_{2000}$ ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )	comentario
42/43	1976/82	gran complejo de nebulosas en Orión	5 35	-5 20	brillantes, una nebulosa rodea $\theta$ Ori, incluye el joven cúmulo del <i>Trapezio</i>
	IC 434		5 41	-2 24	débil neb., se extiende 1° al sur de $\theta$ Ori, incluye peq. neb. oscura de Cabeza de Caballo
	2237-9/46	<i>Roseta</i>	6 32	4 52	en Monoceros, débil pero extensa (úse pocos aumentos)
20	6514	<i>Trífida</i>	18 03	-23 02	a 1,5 de la nebulosa <i>Laguna</i> , pueden usarse bastantes aumentos
8	6523	<i>Laguna</i>	18 04	-24 23	visible con pequeños telescopios, cúm. ab. NGC 6530 al este
17	6618	<i>Omega</i>	18 21	-16 11	parcialmente visible con buenos prismáticos, úsense pocos aumentos
16	6611	<i>Aguila</i>	18 19	-13 47	a unos 2° de la neb. Omega, débil, incluye un cúmulo abierto

También son conocidas como *regiones III*.

## Nebulosas por reflexión brillantes

M	NGC	situación	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )	$\delta_{2000}$ ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )	comentario
45	1432/35	nebulosas que rodean las Pléyades	3 47	24 08	las más visibles son las que rodean las estrellas Mérope, Maya y Electra
	1788	en Orión, 2° al norte de $\beta$ Eri	5 07	-3 21	alargada (8'), tiene unas diez estrellas embebidas
78	2068	en Orión	5 47	0 03	a 2,5 de $\zeta$ Ori, hacia Betelgeuse
	7023	en Cepheus	21 01	68 10	6° al NNO de $\alpha$ Cep
	7129	en Cepheus	21 41	66 06	4° al NNE de $\alpha$ Cep, incluye un pequeño cúmulo estelar

## Restos de supernova brillantes

NGC	situación	$\alpha_{2000}$ ( <sup>h</sup> <sup>m</sup> )	$\delta_{2000}$ ( <sup>°</sup> <sup>'</sup> )	comentario
1952 (M1)	neb. del <i>Cangrejo</i> , Taurus	5 34	22 01	1,3° al NO de $\zeta$ Tau, de 7' x 5', 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', 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 $\gamma$ Lyr, 1',2, V=9,0
27	6853	<i>Pesas (Dumbbell)</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 $10^6$ años luz = $3,0857 \cdot 10^{22}$ m
1 Gpc	$10^9$ parsecs = 3,26 $10^9$ 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> )	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	$\alpha_{2000}$ (h m)	$\delta_{2000}$ ( $^{\circ}$ ')
Acuario, Enana de		20 46,9	-12 51
Ambartsumian, Nudo de	NGC3561, Arp 105	11 11,2	28 42
Andrómeda	M31, NGC224	00 42,7	41 16
Andrómeda I		00 45,7	38 00
Andrómeda II		01 16,3	33 25
Andrómeda III		00 35,3	36 31
Andrómeda IV		00 42,5	40 34
Antenas	NGC4038/39, Arp 244	12 01,9	-18 52
Araña		10 42,6	34 27
Arp, Galaxia de		11 19,6	51 30
Atomos para la Paz	NGC7252, Arp 226	22 20,8	-24 41
Baade, Galaxias de		00 49,9	42 35
Barbon, Galaxia de	Mkr 328, ZWG497.042	23 37,7	30 08
Barnard, Galaxia de	NGC 6822, IC 4895	19 44,9	-14 48
BL Lacertae		22 02,7	42 17
Bode, Galaxia de	M81/82, NGC 3031/4	09 55,7	69 23
Burbidge, Cadena de		00 47,5	-20 26
BW Tauri		04 33,2	05 21
Capricornio, Enana de		21 46,5	-21 14
Caracola	Comp. de NGC 5291	13 47,4	-30 23
Carina, Enana de		06 41,6	-50 58
Centauro A	NGC 5128, Arp 153	13 25,5	-43 01
Coddington, Nebulosa de	IC 2574	10 28,4	68 25
Compás, Galaxia del		14 13,2	-65 20
Copeland, Septeto de	NGC 3745-54, Arp 320	11 37,8	21 59
Cygnus A		19 59,4	40 43
Draco, Enana de		17 20,2	57 55
Escultor, Enana del		01 00,2	-33 42
Escultor, Enana Irr. del		00 08,1	-34 34
Fénix, Galaxia del		01 51,1	-44 26
Fath 703	NGC 5892	15 13,7	-15 29
Fornax A	NGC 1316, Arp 154	03 22,7	-37 12
Fornax, Enana de		02 39,9	-34 32
Fourcade-Figueroa		13 34,8	-45 33
Garra de Oso	NGC 2537, Arp 6	08 13,2	46 00
Garrafa		04 28,0	-47 54
Gemelos, Los		12 36,5	11 15
Gibson Reaves 8 (GR 8)		12 58,7	14 13
Girasol	M63, NGC5055	13 15,8	42 02
Gran Nube Magallanes		05 23,6	-69 45

## Galaxias con nombre propio

nombre	otros nombres	$\alpha_{2000}$ (h m)	$\delta_{2000}$ ( $^{\circ}$ ')
Grulla, Cuarteto de la	NGC7552/82/90/99	23 17,8	-42 26
Guirnalda, La		10 04,2	68 40
Hardcastle, Galaxia de		13 13,0	-32 41
Hélice	NGC 2685, Arp 336	08 55,6	58 44
Hércules A		16 51,2	04 59
Hidra A		09 18,1	-12 06
Hoag, Objeto de		15 17,2	21 35
Holmberg I		09 40,5	71 11
Holmberg II	Arp 268	08 19,3	70 43
Holmberg III		09 14,6	74 14
Holmberg IV		13 54,7	53 54
Holmberg V		13 40,6	54 20
Holmberg VI	NGC 1325a	03 24,9	-21 20
Holmberg VII		12 34,7	06 17
Holmberg VIII		13 13,3	36 12
Holmberg IX		09 57,6	69 03
Huso	NGC 3115	10 05,2	-07 42
Keenan, Sistema de	NGC5216/18, Arp 104	13 32,2	62 43
Kowal, Galaxia de		19 29,9	-17 41
Leo I	Enana de Régulo	10 08,5	12 18
Leo II	Leo B	11 13,4	22 10
Leo III	Leo A	09 59,3	30 45
Lindsay-Shapley, Anillo de	Graham A	06 42,8	-74 15
Maffei I		02 36,3	59 39
Maffei II		02 42,0	59 37
Malin 1		12 37,0	14 20
Mariposa	IC708	11 33,9	49 03
Mayall, Objeto de	Arp 148	11 03,9	40 50
McLeish, Objeto de		20 09,7	-66 13
Minkowski, Objeto de	Arp 133	01 25,8	-01 21
Molinete	M99, NGC4254	12 18,8	14 25
Molinete	M101, NGC5457, Arp 26	14 03,3	54 22
Moneda de Plata	NGC253, Escultor	00 47,6	-25 18
Ojo Negro	M64, NGC 4826	12 56,7	21 41
Ojos, Los	NGC4435/8, Arp 120	12 27,7	13 03
Osa Menor, Enana de La		15 08,8	67 12
Pancake	NGC 2685, Arp 336	08 55,6	58 44
Pegaso, Enana de		23 28,5	14 44
Pequ. Nube Magallanes		00 52,7	-72 50
Perdida, Galaxia	NGC4535	12 34,3	08 11

## Galaxias con nombre propio

nombre	otros nombres	$\alpha_{2000}$ (h m)	$\delta_{2000}$ ( $^{\circ}$ ')
Perros de Caza (Remolino)	M51, NGC 5194, Arp 85	13 29,9	47 12
Perseo A	NGC1275/6	03 19,8	41 31
Piscis, Enana de	LGS 3	00 03,8	21 54
Piscis, Nube de	NGC379/80/82-85, Arp 331	01 07,5	32 25
Polarissima Australis	NGC 2573	01 42,0	-89 20
Polarissima Borealis	NGC 3172, ZWG 370.002	11 50,3	89 07
Ratones	NGC4676,IC819/20,Arp242	12 46,1	30 44
Reloj, Enana del	Espiral de Schuster	03 59,2	-45 52
Reinmuth 80	NGC 4517a	12 32,5	00 23
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	$\alpha_{2000}$ ( $^{\text{h}} \text{ } ^{\text{m}} \text{ } ^{\text{s}}$ )	$\delta_{2000}$ ( $^{\circ} \text{ } ^{\prime}$ )	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	$\alpha_{2000}$ (h m)	$\delta_{2000}$ (° ')	diámetro (°)	$z$
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
J0313-1806 (el cuásar más lejano conocido)	1 045	9 030	78 000	7,64
GN-z11 (la galaxia más lejana conocida)	818	9 870	119 500	11,09

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**

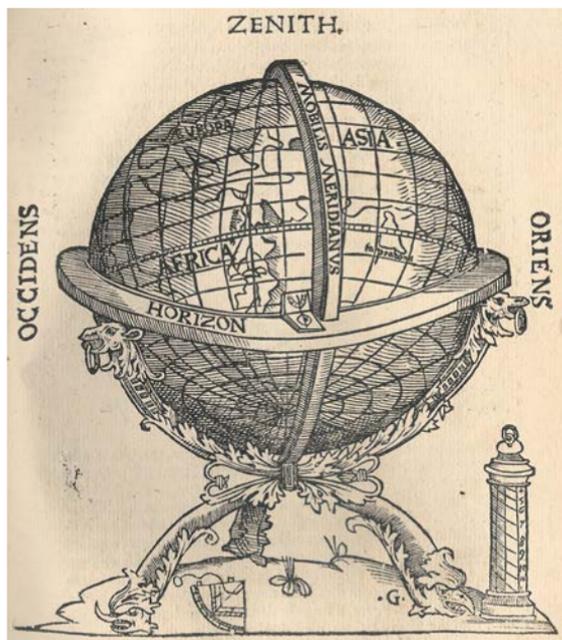
El objeto más lejano descubierto hasta el momento es la galaxia brillante GN-z11, cuyo corrimiento al rojo determinado espectroscópicamente ha dado como resultado  $z = 11,09$ , que correspondería a una distancia comóvil de 9870 Mpc y una edad cósmica de unos 400 millones de años. La galaxia fue identificada en el año 2016 por un equipo que estudiaba datos del Cosmic Assembly Near-infrared Deep Extragalactic Legacy Survey (CANDELS) del telescopio espacial Hubble y del Great Observatories Origins Deep Survey-North (GOODS-North) del telescopio espacial Spitzer.

El siguiente objeto más lejano es la galaxia MACS1149-JD1, cuyo corrimiento al rojo ha sido determinado espectroscópicamente mediante una detección de una línea de emisión de oxígeno a  $z = 9,11$ , que correspondería a cuando el universo que conocemos tenía 550 millones de años. La observación, que fue realizada gracias a ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array), se efectuó entre marzo de 2016 y abril de 2017. En paralelo, el VLT (Very Large Telescope), también ubicado en Chile, detectó una señal de hidrógeno neutro proveniente de la misma galaxia.

A una distancia algo menor estaría la galaxia EGSY8p7, fue descubierta en julio del 2015 y su corrimiento al rojo ha sido determinado espectroscópicamente mediante la inesperada detección de una línea espectral del hidrógeno, 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.



# LA TIERRA





# LA TIERRA

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

*Unidades:*

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

## Datos físicos, geodésicos y cartográficos

### Tamaño (IERS 2000)

Radio ecuatorial	$\mathcal{R}_{\oplus} = 6378,1366 \text{ km}$
Radio polar	$(1 - f)\mathcal{R}_{\oplus} = 6356,7519 \text{ km}$
Radio medio	$6371,0004 \text{ km}$
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	111 133 m
radio de la esfera equivolumen	6371000 m

**Longitud en metros de 1° de paralelo**  
para las latitudes de España considerando el elipsoide IERS 2000

latitud, $\phi$	0'	10'	20'	30'	40'	50'
35°	91288	91102	90916	90729	90541	90353
36°	90163	89973	89782	89591	89398	89205
37°	89011	88817	88621	88425	88228	88030
38°	87832	87633	87433	87232	87031	86829
39°	86626	86422	86218	86013	85807	85601
40°	85393	85185	84977	84767	84557	84346
41°	84135	83922	83709	83496	83281	83066
42°	82850	82634	82416	82199	81980	81761
43°	81540	81320	81098	80876	80653	80430
44°	80206	79981	79755	79529	79302	79075
45°	78846	78617	78388	78158	77927	77695

**Longitud en metros de arcos de meridiano y de paralelo**  
para las latitudes de España considerando el elipsoide IERS 2000

latitud $\phi$ (°)	sobre el paralelo			sobre el meridiano		
	1'	1"	1 <sup>s</sup>	1°	1'	1"
35°	1521	25,4	380,4	110941	1849	30,8
36°	1503	25,0	375,7	110959	1849	30,8
37°	1484	24,7	370,9	110978	1850	30,8
38°	1464	24,4	366,0	110996	1850	30,8
39°	1444	24,1	360,9	111015	1850	30,8
40°	1423	23,7	355,8	111035	1851	30,8
41°	1402	23,4	350,6	111054	1851	30,8
42°	1381	23,0	345,2	111073	1851	30,9
43°	1359	22,7	339,8	111093	1852	30,9
44°	1337	22,3	334,2	111112	1852	30,9
45°	1314	21,9	328,5	111132	1852	30,9

Se obtienen los siguientes valores a la latitud de Madrid:

1° sobre el meridiano	111042 m
1' sobre el meridiano	1850,7 m
1" sobre el meridiano	30,845 m
1° sobre el paralelo	84883 m
1' sobre el paralelo	1414,7 m
1 <sup>s</sup> sobre el paralelo	353,68 m
1" sobre el paralelo	23,579 m

**Posición geográfica de las capitales de provincia,  
ciudades de más de 170 000 habitantes, Ceuta y Melilla**

ciudad	latitud $\phi$ ( $^{\circ}$ ' ")	longitud (+E,-O) ( $^{\circ}$ ' ")	(h m 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 2000 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
Nañay (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

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:

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

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

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"04	12 00	12 00	-20"04
00 20	23 40	19"96	12 20	11 40	-19"96
00 40	23 20	19"73	12 40	11 20	-19"73
01 00	23 00	19"36	13 00	11 00	-19"36
01 20	22 40	18"83	13 20	10 40	-18"83
01 40	22 20	18"16	13 40	10 20	-18"16
02 00	22 00	17"35	14 00	10 00	-17"35
02 20	21 40	16"41	14 20	09 40	-16"41
02 40	21 20	15"35	14 40	09 20	-15"35
03 00	21 00	14"17	15 00	09 00	-14"17
03 20	20 40	12"88	15 20	08 40	-12"88
03 40	20 20	11"49	15 40	08 20	-11"49
04 00	20 00	10"02	16 00	08 00	-10"02
04 20	19 40	08"47	16 20	07 40	-08"47
04 40	19 20	06"85	16 40	07 20	-06"85
05 00	19 00	05"18	17 00	07 00	-05"18
05 20	18 40	03"48	17 20	06 40	-03"48
05 40	18 20	01"74	17 40	06 20	-01"74
06 00	18 00	00"00	18 00	06 00	00"00

**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:

$$T = (\text{época origen} - 2000.0) / 100 = (DJ_{origen} - 2451545,0) / 36525$$

$$t = (DJ_{fecha} - DJ_{origen}) / 36525$$

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

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

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

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

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

## Corrección de las coordenadas por aberración ánu

Una corrección adicional debe ser tenida en cuenta si se requiere una precisión en las coordenadas del orden del segundo de arco. El fenómeno que hace que la posición geométrica y la observada de un astro no coincidan se denomina *aberración* y es debido al movimiento de la Tierra y a la finitud de la velocidad de la luz. Cuando se tiene en cuenta exclusivamente el movimiento de la Tierra alrededor del Sol, el fenómeno se denomina *aberración ánu*. En primera aproximación, prescindiendo de la pequeña excentricidad de la órbita terrestre, la corrección a las coordenadas ecuatoriales ( $\alpha$ ,  $\delta$ ) viene dada por:

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

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

donde la longitud media del Sol  $L_{\odot}$  viene dada para este año en la primera página de **Datos solares** (ver *SOL*) o bien de modo general, en función del día juliano *DJ*, mediante:

$$L_{\odot} = 280^{\circ}466 + 0^{\circ}98564736 (DJ - 2451545)$$

## Corrección de refracción atmosférica

El índice de refracción no unidad de la atmósfera combinado con su geometría no planoparalela hace que la altura sobre el horizonte a la que se observa un astro no coincida con su altura "verdadera" (que se deduce de las efemérides o que se observaría si no existiese atmósfera). El efecto de la refracción depende fuertemente de la altura observada y, en mucho menor grado, de la temperatura y presión ambiente 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 km s <sup>-1</sup> Mpc <sup>-1</sup>
distancia de Hubble	$c/H_0$	4400 Mpc
edad del Universo	$t_0$	1,38 10 <sup>10</sup> años
edad del desacoplamiento	$t_{dec}$	380 000 años
densidad crítica	$\rho_c$	8,6 10 <sup>-27</sup> kg m <sup>-3</sup>
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 km s <sup>-1</sup>

(1 pc = 3,085678 10<sup>16</sup> m, 1 Mpc = 10<sup>6</sup> pc = 3,085678 10<sup>22</sup> m)

**Constantes astronómicas**

cantidad	símbolo	valor
unidad astronómica	ua	149597870700 m
masa de la Tierra	$\mathcal{M}_\oplus$	5,9724 10 <sup>24</sup> kg
radio ecuatorial de la Tierra	$\mathcal{R}_\oplus$	6,3781366 10 <sup>6</sup> m
masa solar	$\mathcal{M}_\odot$	1,988547 10 <sup>30</sup> kg
radio solar	$\mathcal{R}_\odot$	6,9566 10 <sup>8</sup> m
luminosidad solar absoluta	$L_\odot$	3,828 10 <sup>26</sup> W
temperatura solar efectiva	$T_\odot$	5772 K
constantes gravitacionales:		
Sol	$G\mathcal{M}_\odot$	1,3271244 10 <sup>20</sup> m <sup>3</sup> s <sup>-2</sup>
Tierra	$G\mathcal{M}_\oplus$	3,9860044 10 <sup>14</sup> m <sup>3</sup> s <sup>-2</sup>
Luna	$G\mathcal{M}_\updownarrow$	4,9028001 10 <sup>12</sup> m <sup>3</sup> s <sup>-2</sup>
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 10 <sup>16</sup> m $\simeq$ 10 <sup>16</sup> 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 $\mu$ m
1 km s <sup>-1</sup>	$\simeq$ 1 pc / millón de años
1 ua / año	= 4,740470 km s <sup>-1</sup>
1 ua / día	= 1731,457 km s <sup>-1</sup>
$\mathcal{M}_\odot / L_\odot$	$\simeq$ 0,52 s <sup>3</sup> cm <sup>-2</sup> (unidades cgs)
	$\simeq$ 5200 kg W <sup>-1</sup> (unidades SI)
1 $\mathcal{M}_\odot$ pc <sup>-3</sup>	$\simeq$ 40 átomos de H por cm <sup>3</sup>
1 Jy (Jansky)	= 10 <sup>-26</sup> W m <sup>-2</sup> Hz <sup>-1</sup> = 10 <sup>-23</sup> erg cm <sup>-2</sup>

## 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:

$$\begin{array}{c}
 T_{-2} \quad V_{-2} \\
 T_{-1} \quad V_{-1} \\
 T_0 \quad V_0 \\
 T_1 \quad V_1 \\
 T_2 \quad V_2
 \end{array}$$

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 8 de enero de 2022. De la tabla correspondiente al mes obtenemos los valores:

$T_{-2}$ :	6 de enero	$V_{-2} = 22^{\text{h}};25442$
$T_{-1}$ :	7 de enero	$V_{-1} = 23^{\text{h}};12861$
$T_0$ :	8 de enero	$V_0 = 23^{\text{h}};94178$
$T_1$ :	9 de enero	$V_1 = 24^{\text{h}};71364$
$T_2$ :	10 de enero	$V_2 = 25^{\text{h}};46381$

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 ( $0;1 = 0^{\text{h}};00003$ ). Esta es la precisión con que podemos obtener la ascensión recta deseada, en el mejor de los casos. Obsérvese, además, que para evitar una discontinuidad al pasar de  $24^{\text{h}}$  a  $0^{\text{h}}$  hemos mantenido el sentido creciente de los valores de la ascensión recta añadiendo  $24^{\text{h}}$  cuando ha sido necesario. En este ejemplo:  $p = 6^{\text{h}}0^{\text{m}}/24^{\text{h}} = 0,25000$ . Siguiendo los pasos anteriores, obtenemos los siguientes valores:

$$V = V_0 + \frac{p}{2}(V_1 - V_{-1}) = 24,13991$$

Dado que  $|V_1 - 2V_0 + V_{-1}| = 0,04131 \geq 0,00003$ , añadimos otro término:

$$V = 24,13991 + \frac{p^2}{2}(V_1 - 2V_0 + V_{-1}) = 24,13862$$

Dado que  $|V_2 - 2V_1 + 2V_{-1} - V_{-2}|/30 = 0,00131 \geq 0,00003$ , añadimos otro término:

$$V = 23,13862 + \frac{p(p^2 - 1)}{12}(V_2 - 2V_1 + 2V_{-1} - V_{-2}) = 23,13785$$

Dado que  $|V_2 - 4V_1 + 6V_0 - 4V_{-1} + V_{-2}|/100 = 0,00000 \leq 0,00003$ , no hace falta añadir ningún término más, resultando:

$$V = 24^{\text{h}}8^{\text{m}}16^{\text{s}}2$$

El valor que se obtiene a partir de las efemérides del JPL es:  $24^{\text{h}}8^{\text{m}}16^{\text{s}}05$ , 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 8 de enero de 2022 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:

$$p = 2 \frac{V - V_0}{V_1 - V_{-1}} = 0,0735$$

instante al que le corresponde un valor calculado:  $V_{calc} = 23,99968$ . La corrección a aplicar a  $p$  es:

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

Al nuevo valor  $p = 0,0739$  le corresponde  $V_{calc} = 23,99999$ , para una nueva iteración la corrección a aplicar a  $p$  es  $\Delta p = -0,0000$ , obtenemos  $p = 0,0739$  y  $V_{calc} = 23,99999$ , valor que consideramos suficientemente aproximado, pues su discrepancia con el valor buscado es menor o similar a  $0^s1 = 0^h00^m00.2$ . El instante de tiempo buscado es:

$$T = T_0 + p (T_1 - T_0) = 0^h + 0,0739 \times 24^h = 1^h774$$

o sea, las  $1^h46^m4$  del día 8 de enero de 2022. El instante calculado a partir de las efemérides es:  $1^h46^m40^s$ .

### Moléculas detectadas en el medio interestelar y el circunestelar

<i>Moléculas con hidrógeno</i>			
H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub> <sup>+</sup>	HD	H <sub>2</sub> D <sup>+</sup>
<i>Moléculas con solo hidrógeno y carbono</i>			
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]	C <sub>6</sub> H <sub>2</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>3</sub> H <sub>3</sub>	[C <sub>3</sub> HCCH]	H <sub>2</sub> C <sub>5</sub>
H <sub>2</sub> CHCCH	H <sub>2</sub> CCCHCCH	[C <sub>5</sub> H <sub>6</sub> ]	[C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> ]
<i>Moléculas con oxígeno, hidrógeno y/o carbono</i>			
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	HC <sub>5</sub> O	HC <sub>7</sub> O
CH <sub>3</sub> OCH <sub>2</sub> OH	CH <sub>3</sub> COCH <sub>2</sub> OH	HC <sub>3</sub> O <sup>+</sup>	CH <sub>3</sub> CO <sup>+</sup>
<i>Moléculas con nitrógeno, hidrógeno y/o carbono</i>			
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	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	HCCCHNH
NCCNH <sup>+</sup>	[C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CN]	CNCN	HCCCHCHCN
HC <sub>4</sub> NC	HCCCH <sub>2</sub> CN	HC <sub>5</sub> NH <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> CCHC <sub>3</sub> N
HC <sub>11</sub> N	[C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> CN]	C <sub>10</sub> H <sub>7</sub> CN	

*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
CH <sub>3</sub> NHCHO	NCO	HOCH <sub>2</sub> CN	HONO
NH <sub>2</sub> OH	H <sub>2</sub> NCONH <sub>2</sub>	HOCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>	

*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	CH <sub>3</sub> SiH <sub>3</sub>	HS <sub>2</sub>
NS <sup>+</sup>	HCS	HSC	NSC
HC <sub>3</sub> S <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> C <sub>5</sub> S	C <sub>4</sub> S	HCOSH
H <sub>2</sub> C <sub>3</sub> S			

*Fulerenos*

C <sub>60</sub>	C <sub>70</sub>	C <sub>60</sub> <sup>+</sup>
-----------------	-----------------	------------------------------

*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>	MgC <sub>2</sub> H	CaNC
CH <sub>3</sub> Cl	VO	MgC <sub>3</sub> N	MgC <sub>4</sub> H

*Otras moléculas*

HeH <sup>+</sup>
------------------

Tabla actualizada a junio de 2021. En ella hay 247 especies moleculares, incluidas 5 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 auer eclipse, porque ni la Luna, ni el Sol estará en la cabeza, o cola del dragon; porque se ha de notar, que ay oposicion que se dize perfecta, y imperfecta, y lo mismo en la conjuncion perfecta, y imperfecta. Perfecta oposicion es, quando se hallan el Sol, y la Luna opuestos, estando el vno en la cabeza, y el otro en la cola del dragon, porque entonces estan opuestos el Sol, y la Luna linealmente en tanto grado, que facada una linea del vno al otro, passaria por el centro del mundo, y en esta oposicion de necesidad ha de auer eclipse de Luna.

Oposicion imperfecta se dize, quando la Luna dista del Sol la mitad de la esfera, que son ciento y ochenta grados, mas no que esté la Luna en la ecliptica, cabeza, o cola del dragon, sino en latitud Septentrional, o Meridional del Zodiaco en el cuerpo del dragon, la qual se haze cada mes lunar, sin que ay eclipse en ella.

*Eclipse del Sol. Luna cubre la luz del Sol.*



*Demost. racion del eclipse del Sol.*

*Oposicion perfecta.*

*Oposicion imperfecta.*



# ARTÍCULOS DE DIVULGACIÓN

**Los telescopios espaciales y su impacto científico**

por *María Jesús Jiménez Donaire*

**La composición del cosmos**

por *Pablo Rivière Marichalar*



# LOS TELESCOPIOS ESPACIALES Y SU IMPACTO CIENTÍFICO

**María Jesús Jiménez Donaire**

*Observatorio Astronómico Nacional  
Centro de Desarrollos Tecnológicos, Observatorio de Yebes*

## **Introducción**

Se dice que fue Galileo Galilei, allá por el año 1609, el primer astrónomo en apuntar un telescopio hacia el cielo, descubriendo así grandes montañas y cráteres en la Luna. Desde entonces, los grandes avances tecnológicos han hecho posible una continua innovación del telescopio como principal instrumento de observación del universo. Los astrónomos del siglo XX desarrollaron telescopios cada vez más grandes, equipados con instrumentos especializados para estudiar los lejanos confines del espacio y el tiempo. Gracias a este trabajo hemos conseguido construir grandes observatorios terrestres, que nos han permitido obtener impresionantes imágenes llenas de conocimiento.

Sin embargo, a partir de la década de los años 60, los científicos e ingenieros comenzaron a notar que construir telescopios cada vez mayores no mejoraba necesariamente la calidad de las imágenes, debido a las limitaciones producidas por la presencia de la atmósfera de nuestro planeta. La realidad es que, cuando un telescopio terrestre intenta obtener una imagen, la luz que captura ha tenido que viajar primero a través de nuestra atmósfera. Si los gases que la componen presentan algo de turbulencia, la luz que recibimos nos llega difuminada. Este efecto, que se conoce como distorsión atmosférica, podría asemejarse al que apreciamos al mirar un objeto a través de un vaso de agua. Es precisamente debido a este efecto por lo que, a simple vista, las estrellas centellean en el cielo y es la principal razón por la que los observatorios terrestres no pueden capturar imágenes

más nítidas, ya que son igualmente vulnerables a las capas de la atmósfera que nuestros ojos. No fue hasta 1923 cuando el físico alemán Hermann Oberth propuso colocar un telescopio en el espacio para poder observar los objetos astronómicos.

Para intentar solucionar este problema, algunos astrónomos comenzaron a lanzar los primeros telescopios en globos, de forma que pudieran ser elevados por encima de las capas más bajas de la atmósfera terrestre, mejorando considerablemente su resolución. El 19 de agosto de 1957, un globo no tripulado Skyhook o globos de gran altitud, elevó el primer telescopio del *Proyecto Stratoscope*, un programa desarrollado para investigar el Sol. Los instrumentos utilizados incluyeron un telescopio de 30 centímetros con un sistema especial de apuntamiento sensible a la luz, así como una cámara guiada por los científicos en tierra, pudiendo tomar más de 400 fotografías de manchas solares. Gracias a esta magnífica idea se obtuvieron las imágenes más nítidas del Sol hasta ese momento, y mejoraron nuestra comprensión sobre los movimientos observados en los fuertes campos magnéticos de las manchas solares.

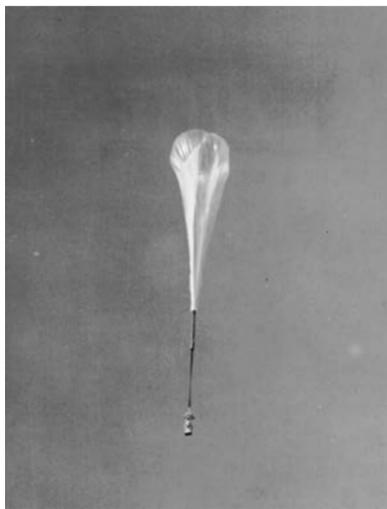


Figura 1: El globo Skyhook, lanzado en agosto de 1957 como parte del Proyecto Stratoscope, financiado por la Oficina de Investigación Naval (ONR) estadounidense, fotografió el Sol a muy alta resolución.

En las décadas que siguieron a los primeros experimentos con globos, la idea de colocar un telescopio en el espacio fue retomada por Lyman Spitzer, físico estadounidense, hacia 1946. Los científicos e ingenieros tenían claro cuál era el siguiente paso para conseguir conseguir imágenes astronómicas más nítidas: enviar telescopios que pudieran capturarlas desde

el espacio exterior. Finalmente en 1970 es la NASA (National Aeronautics and Space Administration), con la ayuda de la ESA (European Space Agency), quien en 1970 comienza a proyectar la construcción del primer telescopio espacial, el Hubble. Este artículo pretende ser un breve resumen de algunos de los telescopios espaciales más significativos y de sus principales contribuciones a la astronomía en las distintas longitudes de onda del espectro electromagnético.

### La luz y la atmósfera terrestre

La energía que recibimos de cualquier objeto es transmitida en el espacio en forma de ondas electromagnéticas, y su longitud de onda e intensidad dependerán de las propiedades físicas de la fuente de emisión. Cuando hablamos del espectro electromagnético nos referimos al conjunto de longitudes de onda (o frecuencias) en el que esta radiación se pueden transmitir. Si los ordenamos de mayor a menor frecuencia, es decir, de mayor a menor emisión energética, éstos rangos son: radiación gamma, rayos X, ultravioleta, visible, infrarrojo y radio. Cualquier objeto puede emitir energía en todas las longitudes de onda, pero lo hará de forma más intensa en unos rangos que en otros. Estudiar las distintas frecuencias a las que emite un objeto astronómico es de gran importancia, pues cada rango nos proporciona una pieza del puzle para poder entenderlos.

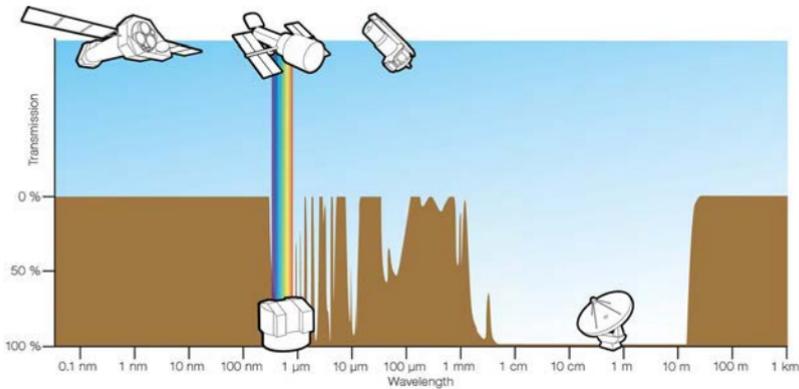


Figura 2: Transmisión de la radiación electromagnética en las distintas ventanas atmosféricas. El rango visible viene representado por el arco iris dibujado entre el HST y los observatorios terrestres. La atmósfera es opaca para aquellas longitudes de onda donde la transmisión es del 0%, y sin embargo deja pasar un porcentaje o la totalidad de la radiación en las ventanas del visible, infrarrojo y ondas de radio. Créditos de imagen: ESA/Hubble (F. Granato).

En concreto, sólo el rango visible, una pequeña parte del infrarrojo cercano y las ondas de radio del espectro electromagnético son capaces de traspasar la atmósfera terrestre. El resto de longitudes de onda son prácticamente filtradas en su totalidad por la misma. Ésta es otra de las principales razones por las que enviar telescopios al espacio es esencial: poder observar cómo emiten los objetos en otras longitudes de onda y estudiar los procesos físicos que dan lugar a este tipo de radiación.

## El telescopio espacial Hubble

El telescopio espacial Hubble fue finalmente lanzado desde Cabo Cañaveral en 1990, a bordo del transbordador espacial Discovery. Lleva el nombre en honor al gran astrónomo estadounidense Edwin Hubble, quien descubrió la expansión del universo. Este telescopio, en particular, se diseñó para ser capaz de observar tanto la radiación ultravioleta, mayormente absorbida por la atmósfera, y ciertos rangos del infrarrojo cercano inaccesibles desde la Tierra. Todo ello con una resolución muy alta, es decir, una gran capacidad para distinguir los detalles espaciales de los objetos observados, una clave fundamental para expandir los horizontes científicos y descubrir nuevos cuerpos celestes.

Su puesta en órbita, sin embargo, no se produjo sin dificultades. Para empezar, su lanzamiento original tuvo que ser pospuesto a causa de la desintegración del transbordador Challenger justo después de su despegue en 1986, hecho que se cobró la vida de todos sus tripulantes. Finalmente en 1990 Hubble se situó en órbita, a unos 550-600 km de la superficie de la Tierra, pero rápidamente se puso de manifiesto que algo no iba bien. Las primeras imágenes que consiguió enviar estaban distorsionadas y, aunque eran mejores que las obtenidas por telescopios terrestres, sus detalles no alcanzaban la calidad que podía tener el telescopio tal como se había diseñado. El principal problema radicaba en la forma del espejo primario del Hubble, de 2,4 metros de diámetro, que desafortunadamente tenía los bordes demasiado planos y provocaba aberración esférica: la luz que era reflejada en el centro del espejo se enfocaba en un lugar distinto al de la luz que se reflejaba en los bordes. Tras rastrear el problema la NASA configuró un mecanismo basado en espejos para corregir esta aberración llamado COSTAR (Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement), más conocido como las *gafas del Hubble*, que finalmente fue incorporado al telescopio en 1993 en una compleja misión a bordo del transbordador espacial Endeavour.

La reparación completa de la óptica del Hubble fue muy compleja y conllevó un total de cinco operaciones de servicio. En ellas se realizaron tareas de mantenimiento, y de actualización y mejora de sus detectores, cada vez con mayor sensibilidad, hasta mayo de 2009. Una vez reparado, el Hubble abrió una nueva ventana al universo, un avance científico

equivalente al que conseguía Galileo con su primer telescopio.

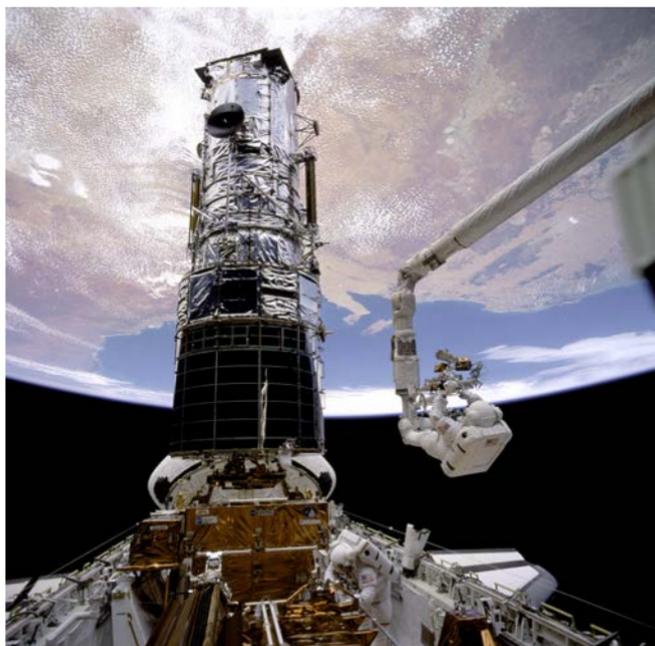


Figura 3: Primera misión de servicio al telescopio Hubble, durante la cual los astronautas tuvieron que instalar un conjunto de lentes especializadas para corregir los defectos del espejo primario. Créditos de imagen: NASA.

## El universo del Hubble

Tras más de 30 años en funcionamiento, el telescopio espacial Hubble ha transformado nuestra comprensión del universo, dejando un legado único para la astronomía gracias a su avalancha de descubrimientos cósmicos. Gracias a sus sensibles cámaras y espectrógrafos, Hubble ha podido observar desde objetos tan cercanos y pequeños como asteroides en colisión, hasta galaxias extremadamente distantes que se remontan a cuando el universo tenía sólo el tres por ciento de su edad actual. De hecho, las observaciones del Hubble han jugado un papel clave para responder algunas de las preguntas astronómicas más importantes de nuestro tiempo y ha revelado enigmas que nunca supimos que existían.

## Nacimiento y muerte de estrellas

*Los Pilares de la Creación*, en la nebulosa del Águila, constituye una de las imágenes más emblemáticas del Hubble, y nos muestra un apasionante paisaje esculpido por la formación y radiación de estrellas muy jóvenes y excepcionalmente brillantes. Gracias a sus detectores infrarrojos, podemos ver el interior de las grandes y turbulentas nubes de gas y polvo, donde se está produciendo el nacimiento de decenas de miles de estrellas. Las imágenes del Hubble en estas regiones de formación estelar nos muestran que el nacimiento de estrellas es un proceso violento, que produce una intensa radiación ultravioleta y frentes de choque. Gracias a ellas ahora sabemos que la radiación despeja cavidades en estas nubes de gas y polvo interestelar.



Figura 4: Los Pilares de la Creación, son parte de una región activa de formación estelar dentro de la nebulosa del Águila, que esconden estrellas recién nacidas en sus delgadas columnas. Los colores azules en la imagen representan oxígeno, el rojo es azufre y el verde representa tanto nitrógeno como hidrógeno. Los Pilares están bañados por la luz ultravioleta de cúmulos estelares jóvenes, y los vientos estelares erosionan lentamente las torres de gas y polvo. Créditos de imagen: NASA, ESA y STScI/AURA.

Además, Hubble ha capturado imágenes de chorros energéticos de gas procedente de estrellas jóvenes con un detalle sin precedentes. Gracias a su larga vida, el Hubble ha permitido a los astrónomos estudiar los

cambios en las formas de estos chorros a lo largo del tiempo, una tarea de valor incalculable para entender los complicados procesos físicos que los producen y comprender mejor las propiedades físicas del entorno de las estrellas recién nacidas.

El telescopio espacial Hubble también ha revelado detalles sin precedentes sobre las nubes de gas ionizado generadas por ciertas estrellas en sus últimos días de vida, conocidas como nebulosas planetarias. Al contrario de lo que las imágenes terrestres sugerían, Hubble mostró que sus formas son mucho más variadas y complejas que la simple forma esférica esperada. Estas increíbles imágenes nos proporcionan información sobre la compleja dinámica que acompaña el proceso mediante el cual una estrella expulsa sus capas gaseosas más externas antes de colapsar para formar una enana blanca.

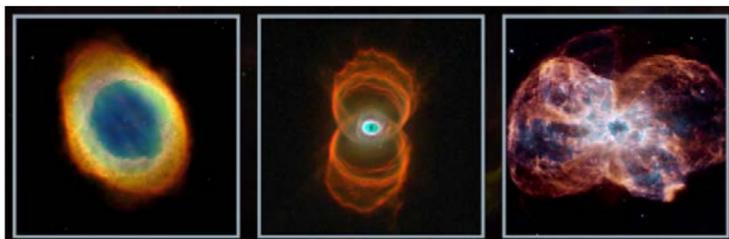


Figura 5: Selección de diferentes tipos de las llamadas nebulosas planetarias, cuyo nombre proviene de su aparente similitud con los planetas, fotografiadas por el Hubble. Claramente se puede apreciar la gran variedad de formas geométricas que las caracterizan. Créditos de imagen: NASA.

## **Guerra de galaxias**

Aunque inicialmente el astrónomo Hubble ya intentó clasificar las galaxias que observaba desde la Tierra según su morfología, la aguda visión del telescopio espacial nombrado en su honor reveló detalles sin precedentes en las mismas. Las imágenes del Hubble nos permitieron descubrir todo tipo de galaxias, algunas con formas muy peculiares, y darnos cuenta de que son más numerosas cuanto más atrás en el tiempo observamos. Ahora sabemos que esto no es más que una consecuencia de un universo en expansión, mucho más pequeño en sus comienzos, donde las galaxias eran más jóvenes y más propensas a interactuar ya que estaban más cerca unas de otras. Hubble ha proporcionado algunas de las fotografías más espectaculares que nos muestran estas interacciones tan variadas. Un ejemplo fascinante es el de las galaxias Antena, formado por dos galaxias espirales a unos 70 millones de años-luz. Las imágenes

claramente permiten reconocer las estructuras originales de las galaxias NGC 4038 y 4039, que muestran cómo su gas aún se está utilizando para crear estrellas a una tasa de formación muy elevada debido a la colisión entre ellas.



Figura 6: Galaxias Antena. Los nodos brillantes en las áreas azuladas son regiones de formación estelar muy intensa. Créditos: Colaboración entre NASA, ESA y Hubble Heritage Team (STScI/AURA)-ESA/Hubble.

### **Un universo acelerado**

Uno de los grandes descubrimientos de la astronomía en el siglo XX fue saber que nuestro cosmos se hace cada vez más grande. Fue Edwin Hubble quien midió la tasa de expansión del universo, conocida como constante de Hubble, que es esencial para determinar su edad, su tamaño y su destino. Sin embargo, el valor de esta constante era muy impreciso, llevando a estimaciones de la edad del universo con un rango muy amplio, entre 10 y 20 mil millones de años.

Gracias a las exquisitas imágenes del Hubble es posible obtener mejores medidas de las distancias entre galaxias, lo que permite refinar los cálculos y situar la edad del universo en unos 13 800 millones de años. Para sorpresa de los astrónomos, las observaciones del Hubble también demostraron que el universo no sólo se está expandiendo, sino que se está acelerando, un descubrimiento que supuso el Premio Nobel de Física en 2011 para los estadounidenses Saul Perlmutter, Brian P. Schmidt y Adam G. Riess. Actualmente se piensa que el origen de esta aceleración se encuentra en la *energía oscura*, una suerte de “antigravedad” que va separando las galaxias al estirar el espacio entre ellas a un ritmo cada vez mayor. Aunque la naturaleza de esta energía es un completo misterio, se estima que constituye un 70% de la masa y la energía de todo el universo.

De entre las imágenes con mayor sensibilidad en la historia de la astronomía óptica, debemos destacar el Campo Profundo y el Campo Ultraprofundo del Hubble. Ambas imágenes se tomaron en campos de visión relativamente pequeños, con pocas estrellas de campo que pudieran contaminar las fotografías. En el caso del Campo Ultraprofundo del Hubble, se combinaron unas 800 imágenes del mismo punto, con un tiempo de exposición total de 11,3 días, entre septiembre de 2003 y enero de 2004. Gracias a su profundidad estas imágenes permiten estudiar la apariencia de las galaxias durante su evolución, ya que a mayor profundidad de observación, más atrás podemos ver en el tiempo. Gracias a ello el Hubble nos permitió ver que las galaxias más antiguas y más distantes son más pequeñas y de forma más irregular que las grandes galaxias espirales y elípticas “actuales”. Esto constituye una importante evidencia de que las galaxias crecieron en el tiempo a través de fusiones con otras galaxias para convertirse en los sistemas gigantes que vemos hoy.

Tras más de 30 años en órbita, el Hubble ha realizado más de un millón de observaciones y ha proporcionado datos que los astrónomos han utilizado para escribir más de 17 000 publicaciones científicas sobre una amplia gama de temas, desde la formación de planetas hasta agujeros negros supermasivos, que llenarían las páginas de este anuario. Su diseño único, que permite ser reparado y actualizado con tecnología avanzada, lo ha convertido en uno de los observatorios espaciales más valiosos y más longevos de la NASA, cambiando fundamentalmente nuestra comprensión del cosmos.

## **La luz de los cuerpos fríos**

La radiación infrarroja fue descubierta por William Herschel en 1800, cuando estableció un pequeño experimento para entender el efecto calorífico de los distintos colores de la luz visible. Para ello hizo pasar un rayo de luz solar a través de una rendija, seguida de un prisma, de modo que formase un espectro visible en su mesa de trabajo. En ella situó

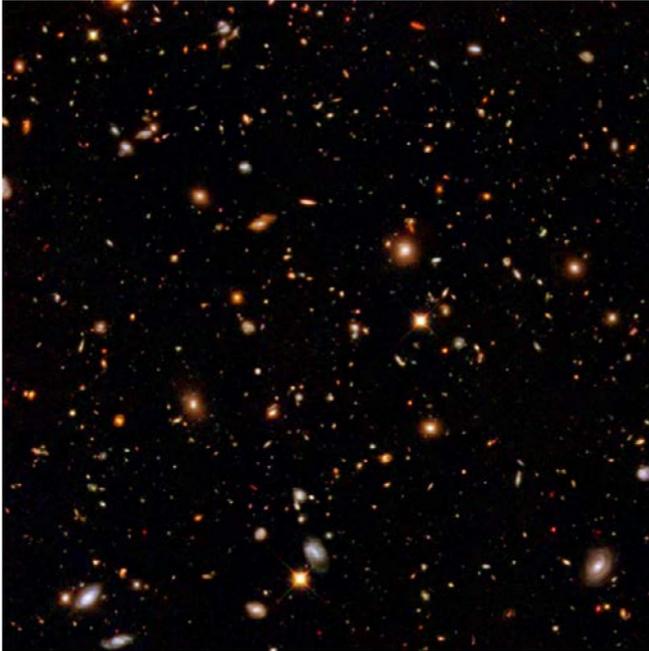


Figura 7: Campo Ultraprofundo. En esta imagen casi cada objeto que vemos es una galaxia distante. Debido a las grandes distancias, la luz de estas galaxias lleva viajando hasta nosotros durante casi la edad del universo. A edades más tempranas del universo, las galaxias estaban mucho más cerca unas de otras, y las interacciones gravitacionales entre ellas provocaron una apariencia más irregular en sus formas. Créditos: NASA y ESA.

tres termómetros, donde el central se colocaría en cada zona del espectro visible, mientras que los otros dos se situarían a los respectivos lados a modo de control. Rápidamente Herschel se dio cuenta de que el aumento de temperatura era mayor hacia la zona roja del espectro electromagnético visible y, además, cuando el termómetro central se situaba justo por debajo del límite del color rojo, el efecto de calentamiento era aún mayor. Había, por tanto, una radiación invisible por debajo de la zona rojiza del espectro que Herschel interpretó como radiación de calor, o térmica. Lo que ahora conocemos como el espectro infrarrojo se suele dividir en tres rangos espectrales: cercano, medio y lejano. En el rango cercano podemos observar la radiación que proviene de las estrellas más viejas y frías, mientras que los rangos medio y lejano están dominados por la radiación térmica del polvo templado y frío, entre 20 y 140 K. A diferencia del rango

óptico, este tipo de radiación no es absorbida por el polvo interestelar y por tanto nos permite penetrar en zonas normalmente oscurecidas, como las regiones más densas de gas y polvo. Por lo tanto, la radiación infrarroja es absolutamente fundamental para estudiar una amplia gama de sistemas astronómicos, que incluyen estrellas y planetas recién nacidos, polvo en galaxias distantes y material que se arremolina alrededor de los agujeros negros.

Dado que sólo unas cuantas ventanas del infrarrojo cercano son visibles desde la Tierra, hemos contado con observatorios espaciales que nos han permitido observar todo el rango infrarrojo con exquisita sensibilidad, como Spitzer (NASA) y Herschel (ESA).

### **El telescopio espacial Spitzer**

El Telescopio Espacial Spitzer fue el observatorio infrarrojo orbital de la NASA y fue nombrado en honor al astrofísico Lyman Spitzer, quien promovió la idea de los observatorios en órbita en la década de 1940. Spitzer se lanzó en 2003 desde Cabo Cañaveral, y constaba de dos elementos principales: un conjunto refrigerado, que contenía un telescopio de 85 centímetros junto con los tres instrumentos científicos de Spitzer, y el transbordador espacial, que controlaba el telescopio, proporciona energía a los instrumentos y se comunica con la Tierra.

El programa de observación original de Spitzer estaba destinado a durar dos años y medio, pero el telescopio pudo continuar observando hasta mucho después de esa fecha límite. De los tres instrumentos originales de Spitzer, sólo la cámara IRAC (del inglés Infrared Array Camera) operó después del agotamiento de su suministro de helio criogénico hasta que el telescopio se retiró a comienzos del año 2020. Los otros dos instrumentos fueron: el espectrógrafo infrarrojo (IRS) y el fotómetro de imágenes multibanda (MIPS), que operaba en el extremo de longitud de onda larga del espectro infrarrojo.

A lo largo de sus operaciones, Spitzer ha contribuido a innumerables descubrimientos. Sin ir más lejos, en nuestra propia galaxia, la Vía Láctea, Spitzer proporcionó información extremadamente valiosa sobre su estructura, pues sus observaciones podían traspasar las nubes de polvo y mostrar dónde se están formando las estrellas nuevas. Además, jugó un papel clave para comprender las galaxias infrarrojas ultra luminosas, o ULIRGs por sus siglas en inglés. Estas galaxias emiten más del 90% de su radiación en el infrarrojo y se encuentran principalmente en el universo distante. Gracias a la sensibilidad de los datos de Spitzer, los astrónomos pueden estudiar el origen de esta potente radiación y discernir si se trata de una formación estelar extrema o de un agujero negro supermasivo en el centro de las galaxias observadas.

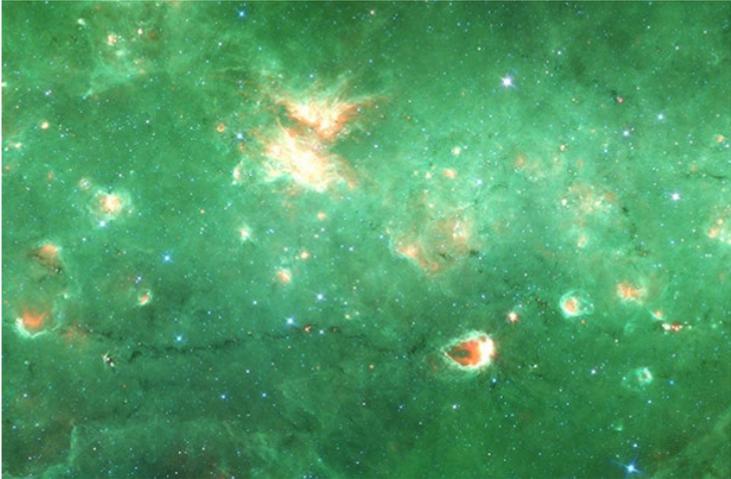


Figura 8: Los astrónomos utilizaron el telescopio espacial Spitzer de la NASA para identificar el primer *hueso* de la Vía Láctea, el filamento oscuro de polvo y gas en esta imagen. El *hueso* es un tipo de filamento que forma estructuras que también se ven en otras galaxias espirales. Créditos: NASA/JPL/SSC.

### El telescopio espacial Herschel

De forma similar a Spitzer, el telescopio espacial Herschel fue concebido por la ESA para estudiar los objetos fríos en todo el universo, en particular la formación y evolución de estrellas y galaxias, y su interacción con el medio interestelar. Herschel se lanzó en 2009 desde el puerto espacial de la ESA en Kourou, Guayana Francesa. Llevaba el telescopio más grande jamás lanzado al espacio, con un espejo principal de 3,5 metros de diámetro, lo que lo hacía único en su clase. Constaba de tres instrumentos científicos: dos cámaras y espectrómetros de imágenes llamados PACS y SPIRE, respectivamente, así como un espectrómetro de muy alta resolución, HIFI, especialmente diseñado para la búsqueda de agua y otras moléculas. Además de ello, fue el primer observatorio espacial en extender las observaciones desde el infrarrojo lejano a longitudes de onda submilimétricas, para explorar el infrarrojo lejano en mayor profundidad que cualquier misión anterior con un nivel de detalle espectacular.

Tras casi cuatro años de observaciones, de 2009 a 2013, los datos de Herschel han ayudado a los científicos a explorar temas de gran interés. Era un observatorio particularmente sensible al calor de la pequeña fracción de polvo frío mezclado con las nubes de gas en el espacio donde se forman las estrellas y los planetas. De hecho, gracias a Herschel hemos podido rastrear

la presencia de sustancias como el agua en la Vía Láctea. El telescopio encontró agua en nubes moleculares, y la detectó por primera vez en las semillas que darían lugar a futuras estrellas y planetas, lo que permitió a los astrónomos calcular la temperatura exacta a la que se forma esta molécula.

Entre muchas otras contribuciones, Herschel jugó un papel esencial en el estudio de la evolución de galaxias. Dado que gran parte de la radiación de las estrellas que se forman en galaxias es absorbida e irradiada por los granos de polvo a longitudes de onda infrarrojas, las galaxias emiten aproximadamente el 50% de radiación en el infrarrojo medio, lejano y submilimétrico. Por esta razón, las observaciones en este rango espectral son fundamentales para cuantificar la formación estelar. Además, la expansión del Universo alarga de forma efectiva las longitudes de onda de la luz emitida por objetos distantes. Este efecto, conocido como desplazamiento al rojo, se vuelve cada vez más significativo cuanto más lejos está una galaxia de nosotros. Gracias a su resolución angular sin precedentes, Herschel pudo detectar galaxias que observatorios anteriores habían pasado por alto e hizo posible capturar galaxias cuya luz había sido desplazada al rojo a longitudes de onda más largas que las exploradas por sus predecesoras. Al ser capaz de rastrear la formación de estrellas a distancias mayores, la contribución de Herschel fue crucial para llevar las observaciones hasta el momento en que el Universo tenía menos de mil millones de años, sondeando el período completo en el que la formación estelar alcanzó su punto máximo.

### **El satélite Planck**

En 2009 y junto con Herschel se lanzó también Planck, el observatorio de microondas de la ESA, que estudió la primera luz del universo. Aunque inicialmente el satélite se llamó COBRA/SAMBA, fue renombrado como Planck, en honor al científico alemán Max Planck, tras la aprobación de la misión en 1996.

Siendo una continuación de las misiones COBE (Cosmic Background Explorer) y WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe), Planck fue la primera misión europea diseñada para estudiar las reliquias del Big Bang hace 13 700 millones de años, una radiación de fondo que conocemos como el Fondo Cósmico de Microondas o CMB, por sus siglas en inglés (Cosmic Microwave Background). El satélite fue particularmente ideado para obtener imágenes de las anisotropías de temperatura y polarización del CMB en todo el cielo, con una sensibilidad y resolución angular sin precedentes. El principal objetivo de Planck fue probar teorías del universo temprano y sobre el origen de la estructura cósmica, por lo que nos brinda una fuente esencial de información para afrontar muchos problemas cosmológicos y astrofísicos.

Sin duda el resultado más importante de Planck consiste en el mapa

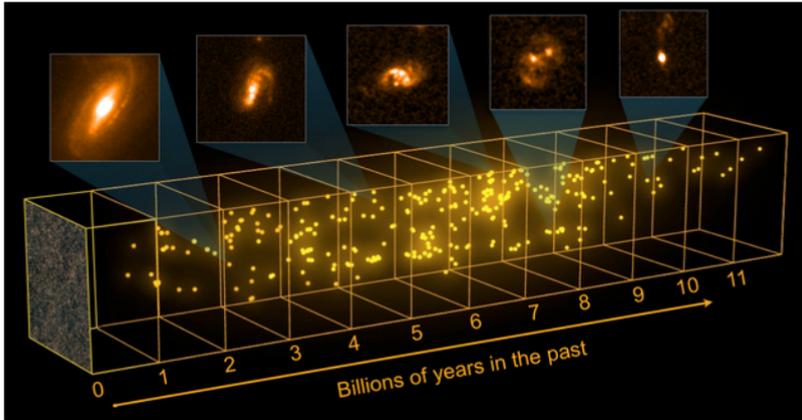


Figura 9: Ilustración que muestra la distribución de casi 300 galaxias del campo COSMOS a lo largo de la historia del Universo. Está basada en un estudio fotométrico realizado con Herschel para identificar un gran número de galaxias con estallidos estelares. Créditos: ESA - C. Carreau/C. Casey; COSMOS: ESA/Herschel/SPIRE/HerMES Key Programme.

más detallado hasta el momento del CMB, construido a partir de más de 15 meses de recopilación de datos, y que refleja la luz de un universo primitivo con tan solo 380 000 años de edad. Las imágenes obtenidas muestran ligeras fluctuaciones de temperatura que se corresponden con regiones con diferencias de densidades en los primeros tiempos. Las regiones con densidades mayores reflejan las semillas de toda la estructura que aún no se había formado, como las galaxias actuales. Gracias al estudio detallado y con una precisión sin precedentes de estas semillas y su distribución, no sólo se ha podido corroborar el modelo estándar de cosmología, sino que nos permite determinar la composición del universo a lo largo de su evolución. Hoy en día sabemos que el universo actual está formado por materia ordinaria, que supone un 4,9% del total, por materia oscura contribuyendo un 26,8% y por la energía oscura, que supone un 68,3% de un universo altamente desconocido.

Pero Planck proporcionó resultados aún más sorprendentes. En concreto, las fluctuaciones de temperatura a gran escala angular no son tan fuertes como las que se esperaba según el modelo estándar. De igual modo, reveló una asimetría en la temperatura media de los hemisferios opuestos del cielo, algo extremadamente sorprendente pues se esperaba que el universo fuera similar en todas las direcciones.

Planck funcionó perfectamente durante 30 meses, aproximadamente el doble del tiempo requerido originalmente, y completó cinco campañas de

cartografiado completo del cielo con sus dos instrumentos de alta y baja frecuencia, HFI y LFI, respectivamente. Capaz de trabajar a temperaturas ligeramente más altas que el HFI, el LFI continuó estudiando el cielo durante gran parte de 2013, proporcionando aún más datos para mejorar los resultados finales de Planck. Finalmente Planck fue apagado el 23 de octubre de 2013 pero sus datos, de exquisita calidad, continúan siendo explorados científicamente.

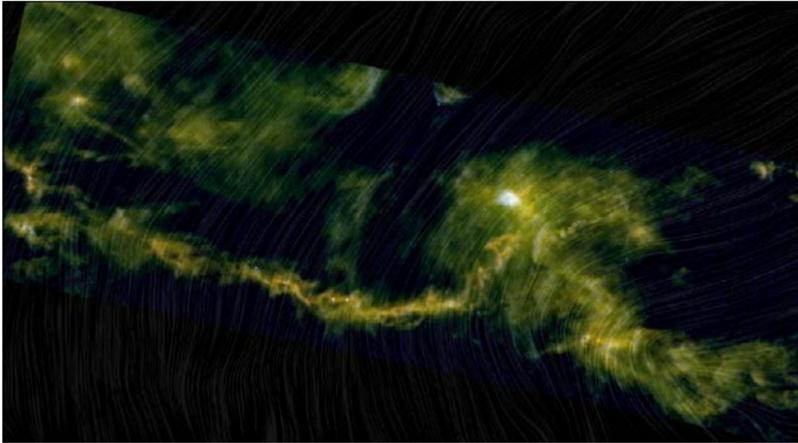


Figura 10: Sección de la nube molecular de Tauro, una de las regiones de formación estelar más cercanas, combinando datos de los telescopios espaciales Herschel y Planck. Las áreas brillantes en la imagen muestran la emisión de granos de polvo interestelar en tres longitudes de onda observadas por Herschel (250, 350, y 500 micras), mientras que el patrón de líneas representa la orientación del campo magnético según los datos de Planck. Crédito: ESA/Herschel/Planck; J. D. Soler, MPIA

## El dominio de los procesos más energéticos

Justo al otro lado del espectro visible, y conforme vamos aumentando la frecuencia, encontramos longitudes de onda cada vez más dominadas por procesos muy energéticos. En primer lugar encontramos el rango del ultravioleta, caracterizado por la emisión de radiación proveniente de estrellas jóvenes, calientes y muy masivas.

Para estudiar el universo ultravioleta NASA lanzó el satélite GALEX (Galaxy Evolution Explorer) en 2003, que permaneció en funcionamiento hasta principios de 2012. El objetivo principal del telescopio era medir

la historia y las causas de la formación estelar a lo largo de unos 10 mil millones de años, un período en el que se originaron la mayoría de las estrellas y elementos que vemos hoy. Su misión, por tanto era construir el primer mapa completo de un Universo de galaxias en construcción, acercándonos a comprender cómo se formaron galaxias como nuestra propia Vía Láctea. Para ello observó miles de galaxias, con el objetivo de determinar la distancia de cada galaxia a la Tierra y la tasa de formación estelar en las mismas.



Figura 11: Andrómeda es tan brillante y está tan cerca de nosotros que es una de las diez galaxias que se pueden ver desde la Tierra a simple vista. Esta imagen está compuesta de dos colores, donde el azul representa la luz ultravioleta lejana y el naranja es la luz ultravioleta cercana. Crédito: NASA / JPL-Caltech

Entre otras muchas aportaciones, las observaciones de GALEX nos han proporcionado las imágenes más sensibles y completas jamás tomadas de Andrómeda, nuestra galaxia vecina más cercana. En ellas se ve claramente cómo sus llamativos y brillantes brazos espirales albergan vecindarios de estrellas jóvenes y masivas, del mismo modo que las bandas de color grisáceo y oscuro reflejan densos carriles de polvo frío, donde está teniendo lugar la formación estelar. En contraste, la zona nuclear, más anaranjada, revela una congregación de estrellas viejas más frías que se formaron hace mucho tiempo.

Conforme consideramos frecuencias más altas, encontramos el dominio de los rayos X y rayos gamma, el rango más energético del espectro electromagnético. Este tipo de radiación se produce cuando hay cargas

que son aceleradas debido a procesos físicos a grandes energías, por lo que directamente nos informa sobre los lugares más violentos del universo: explosiones de supernova, vientos de estrellas masivas, choques entre galaxias o acreción de material en agujeros negros supermasivos. Los rayos X son absorbidos por la atmósfera terrestre, por lo que ha sido imprescindible enviar satélites artificiales al espacio para poder observar estos procesos, como Chandra (NASA) y XMM-Newton (NASA/ESA).

La misión XMM-Newton de la ESA fue lanzada por un Ariane 504 en diciembre de 1999 y aún continúa operativa. El XMM-Newton es, junto con el telescopio espacial Herschel, la segunda piedra angular del programa Horizonte 2000 de la ESA. Lleva 3 telescopios de rayos X de alto rendimiento con un área efectiva sin precedentes y un monitor óptico, el primero en un observatorio de rayos X. La gran área colectiva y la capacidad de realizar exposiciones prolongadas ininterrumpidas proporcionan observaciones con gran sensibilidad. Por su parte, el observatorio espacial Chandra, junto con el telescopio Hubble, Spitzer y Compton (sensible a rayos gamma) forma parte de los Grandes Observatorios de la NASA. Chandra, en particular, lleva cuatro espejos muy sensibles anidados, de forma que los energéticos rayos X inciden en el interior de las carcasas huecas y se enfocan en los detectores electrónicos al final de un banco óptico de 9,2 m. Dependiendo del detector que se utilice, se pueden crear y analizar imágenes o espectros muy detallados de la fuente cósmica.

Ambos observatorios han captado imágenes de los espectaculares restos de las explosiones de estrellas, tomando espectros que muestran la gran riqueza en elementos químicos de estos entornos. Asimismo, nos han permitido observar la región circundante al agujero negro supermasivo de nuestra propia Vía Láctea y encontrar agujeros negros de este tipo en muchas más galaxias. Pero, sin lugar a dudas, algunas de las imágenes más sorprendentes en rayos X son las que nos han permitido delimitar la presencia de la materia oscura de la materia normal en colisiones de galaxias en cúmulos galácticos, las estructuras más grandes en el universo.

Justo en el extremo de altas frecuencias del espectro electromagnético encontramos la radiación gamma. Los rayos gamma fueron descubiertos por Paul Villard y provienen de fenómenos exóticos que generan cantidades de energía casi inconcebibles. Algunos ejemplos son la fusión de estrellas de neutrones, corrientes de gas extremadamente caliente que se mueven a velocidades cercanas a la de la luz, o incluso las explosiones de estrellas muy masivas en unos eventos particulares conocidos como Estallidos de Rayos Gamma. En comparación con los rayos X o la luz visible, su observación es mucho más problemática ya que son mucho más raros, lo que dificulta la detección de fuentes, y los rayos gamma son difíciles de enfocar, lo que resulta en una resolución muy baja.

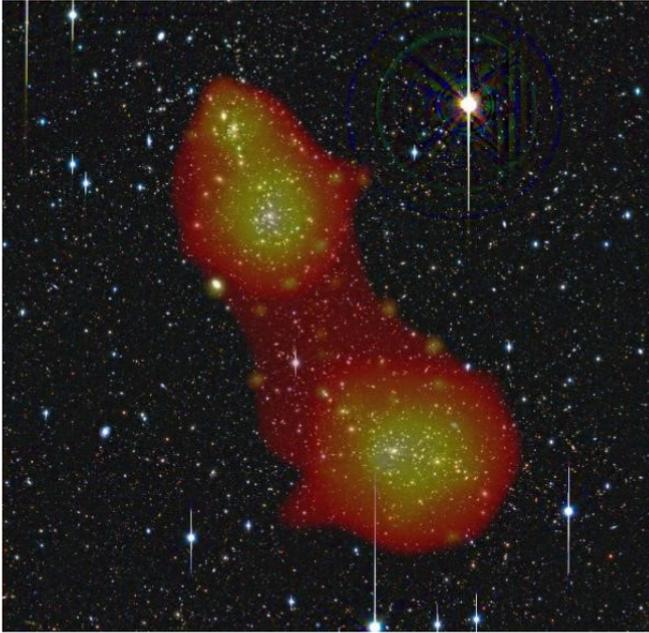


Figura 12: Composición de imágenes en rayos X y óptico de los cúmulos de galaxias Abell 222 y Abell 223. El par de cúmulos está conectado por un filamento de gas muy caliente que emite en rayos X. La imagen óptica fue obtenida por SuprimeCam en el telescopio Subaru, mientras que la imagen de rayos X que muestra la distribución del gas caliente y difuso fue obtenida por XMM-Newton. Crédito: ESA/XMM-Newton.

Para entender qué está sucediendo cuando se produce tanta energía y, sobre todo, qué ocurre en el entorno circundante de estos fenómenos disponemos actualmente de dos formas fundamentales de observación. Por un lado, es posible detectar rayos gamma muy energéticos con experimentos en tierra, ya que los flujos de fotones a tan altas energías requieren detectores con áreas efectivas que son impracticables en el espacio. Sin embargo la observación es indirecta, pues estos fotones producen extensas lluvias de partículas secundarias en la atmósfera, que se pueden detectar tanto mediante contadores de radiación como a través de la radiación Cherenkov, alcanzando una alta sensibilidad. Algunos de estos telescopios son H.E.S.S. y MAGIC, que son capaces de detectar la radiación de alta energía de la Nebulosa del Cangrejo en cuestión de minutos. Sin embargo, la mayor parte de esta radiación gamma es indetectable desde la Tierra, y actualmente disponemos de varios

observatorios espaciales que nos permiten estudiarla en detalle.

Por parte de la ESA, INTEGRAL es una misión lanzada en 2002 en cooperación con Rusia y Estados Unidos. AGILE es una pequeña misión totalmente italiana de la colaboración de ASI, INAF e INFN, lanzada en 2008. Por su parte, la NASA cuenta tanto con la nave espacial Swift, enviada en 2004 con un instrumento para observar ráfagas de rayos gamma, como con Fermi, lanzado en junio de 2008. Éste último cuenta con un telescopio de gran área (LAT, por sus siglas en inglés) y con un monitor para ráfagas de rayos gamma. Gracias a las observaciones de Swift en particular, se determinó que la gran mayoría de estallidos de rayos gamma tienen lugar en las explosiones de supernovas e hipernovas en galaxias distantes. En el caso concreto de Fermi, en 2010 pudo detectar dos burbujas gigantes de rayos gamma en el centro de la Vía Láctea, de unos 25 000 años luz de diámetro, que confirmó la presencia de una gran estructura de gas caliente en el centro de nuestra galaxia, cuyo origen sigue siendo desconocido.

## **Los pequeños observadores: CubeSats**

El desarrollo de la instrumentación espacial bajo el estándar CubeSat ha iniciado una nueva era espacial en la que las misiones pueden desarrollarse mucho más rápido y a un coste considerablemente menor que la exploración espacial tradicional. Un CubeSat es un tipo de satélite miniaturizado para la investigación espacial que se compone de múltiples módulos cúbicos de 10cm x 10cm x 10cm de tamaño. Son, por tanto, relativamente pequeños y tienen una masa de no más de 1,33 kilogramos por unidad, utilizando componentes comerciales listos para usar en su electrónica y su estructura. Es precisamente esta estandarización en el tamaño y los componentes subsiguientes de CubeSat, como la estructura de la nave espacial, los sistemas de energía y los módulos de comunicaciones, lo que permite que se compren comercialmente, reduciendo drásticamente los costes de construcción y aumentando drásticamente su popularidad.

Aunque mayormente han sido utilizados en el campo de las telecomunicaciones y la observación terrestre, los CubeSats también tienen grandes posibilidades para la investigación astrofísica, con el potencial excepcional de ser un complemento espacial, temporal y/o espectral para grandes observatorios, tanto terrestres como espaciales. El aumento de la inversión de las agencias espaciales y la industria privada está permitiendo a los científicos desarrollar misiones para llevar la tecnología CubeSat a la Luna (LunaH-Map, Lunar Flashlight, Lunar IceCube), Marte (MarCo, lanzado en 2018) y los cuerpos menores del Sistema Solar (NEA-Scout).

A pesar de las severas restricciones que tienen los CubeSats en cuanto a su tamaño, peso y potencia, que también limitan el tamaño de su apertura, las constelaciones de CubeSats aún pueden permitir una mejor cobertura

espectral, temporal y espacial de objetivos astrofísicos. Un ejemplo claro de ello son todos los fenómenos astrofísicos que cambian con el tiempo, de modo que la variabilidad observada nos proporciona información sobre los procesos físicos en juego. Muchas señales variables se observan mejor desde el espacio, donde las condiciones pueden mantenerse más estables y donde es posible realizar observaciones en otros rangos de longitudes de onda. Este tipo de observaciones serán menos competitivas con CubeSats que con misiones espaciales de gran demanda, como el HST y el futuro JWST. Uno de los usos más interesantes de los CubeSats consiste en demostraciones y pruebas tecnológicas. Si bien es cierto que tales pruebas no sirven para realizar observaciones de interés científico, son un componente clave para reducir el riesgo y aumentar el nivel de preparación tecnológica de futuros instrumentos científicos, como los detectores, los subconjuntos ópticos y toda su electrónica. Algunos ejemplos de misiones con nanosatélites en astrofísica que ya se han lanzado incluyen la misión de nanosatélites de fondo de rayos X cósmicos, CXBN, el Bright Target Explorer (BRITE) y el Arcsecond Space Telescope Enabling Research in Astrophysics (ASTERIA), lanzado en 2012 por la NASA para observar el fondo difuso de rayos X y ayudar a comprender la física subyacente del universo temprano.

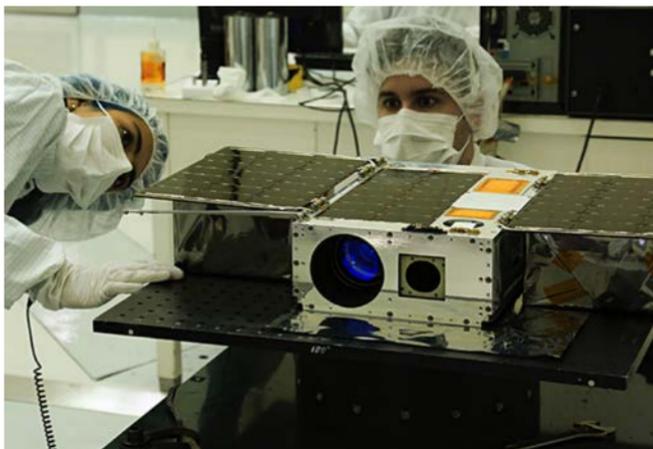


Figura 13: La ingeniera de pruebas eléctricas Esha Murty (izquierda) y el líder de integración y pruebas Cody Colley (derecha) preparando la nave espacial ASTERIA. Crédito: NASA/JPL.

En particular, la misión ASTERIA sirvió también como una demostración tecnológica cuyo objetivo técnico era lograr minimizar el error de puntería en cada línea de mirada a niveles de segundos de

arco. Esta tecnología es especialmente importante para la fotometría de precisión, es decir, la realización de medidas del brillo estelar a lo largo del tiempo. La fotometría de precisión, a su vez, nos proporciona una forma efectiva de estudiar la actividad estelar, tránsito de exoplanetas y otros muchos fenómenos astrofísicos. En concreto ASTERIA estaba formada por un CubeSat de 6 unidades, pesando aproximadamente tan sólo 10kg, y comenzó su puesta en funcionamiento en 2017. Desde que completó los objetivos de la misión principal, ASTERIA continuó operando en el rango del visible a través de cuatro extensiones hasta la pérdida de contacto a principios de diciembre de 2019. Durante estas extensiones, la nave espacial se utilizó como una plataforma en el espacio para una gran variedad de pruebas con el objetivo de hacer que los CubeSats sean más autónomos, e incluso basados en inteligencia artificial.

Otras operaciones científicas de gran interés se encuentran en desarrollo, cubriendo casi todas las longitudes de onda del espectro electromagnético. En particular fue en el rango de los rayos X donde la NASA financió su primer CubeSat para la astronomía, el llamado HaloSat, compuesto por seis unidades y dirigido por la Universidad de Iowa. Lanzado en 2018, el objetivo principal de HaloSat era medir la emisión de rayos X del halo caliente de la Vía Láctea para resolver el llamado *problema de bariones perdidos*, en el que la cantidad de bariones observados en el universo local es aproximadamente la mitad de la cantidad registrada en el fondo cósmico de microondas. A mayores energías, en el rango de los rayos gamma, el proyecto BurstCube de la NASA tiene como objetivo detectar estallidos gamma en el rango de energía de 10-1000 keV. Gracias a su rápido tiempo de reacción y al pequeño error de localización de las fuentes, estos pequeños satélites son extremadamente valiosos para poder capturar el origen de fuentes de ondas gravitacionales, complementando instalaciones existentes como Swift y Fermi. Dentro del espectro ultravioleta cabe mencionar el proyecto SPARCS (Star-Planet Activity Research CubeSat), dirigido por la Universidad Estatal de Arizona. Este pequeño telescopio espacial está previsto ser lanzado a finales del año 2023, y su misión es monitorizar la actividad de las manchas solares de estrellas de tipo M, también llamadas enanas rojas, en el ultravioleta lejano y cercano. El propósito de este proyecto es evaluar cuán habitable es el entorno espacial para los planetas que se encuentran alrededor de las mismas.

De gran interés es el proyecto NEA (Near-Earth) Scout de la NASA, un CubeSat que será propulsado por una vela solar de 86 metros cuadrados. Equipado con una cámara, este CubeSat avanzado podrá realizar observaciones para determinar las propiedades físicas, como la forma, volumen y propiedades de rotación, entre otras, de asteroides cercanos a la Tierra. Será el primer CubeSat interplanetario que pueda combinar las capacidades probadas de la propulsión de velas solares con necesidades científicas críticas.

## Nuevos ojos: el telescopio espacial James Webb

Tras décadas de imágenes y descubrimientos excepcionales, tanto el telescopio espacial Hubble como Spitzer ya disponen de un excelente sucesor, el telescopio espacial James Webb (JWST, por sus siglas en inglés). El JWST, cuya propuesta nació a finales de los años 80 para observar el infrarrojo medio, es por tanto el siguiente capítulo de la astronomía de telescopios espaciales. Es una misión que finalmente combinará la potente sensibilidad del telescopio espacial Hubble y la capacidad del telescopio espacial Spitzer para detectar luz más allá del espectro visible, en el rango del infrarrojo medio. Como hemos mencionado anteriormente, la radiación infrarroja es capaz de viajar a través de densas nubes de gas y polvo, por lo que las observaciones en infrarrojo del JWST nos permitirán estudiar objetos y regiones del espacio que aparecerían oscurecidas en el espectro visible. Algunos ejemplos son las nubes moleculares donde nacen las estrellas, los discos circumstelares donde se originan los planetas, así como los núcleos de las galaxias activas. Además, los objetos relativamente fríos emiten su radiación principalmente en el infrarrojo, incluyendo las nubes del medio interestelar, los planetas de nuestro sistema solar, así como de otros sistemas, cometas y objetos del cinturón de Kuiper. El JWST, por tanto, será extremadamente útil para revelar regiones del universo hasta ahora ocultas, realizando observaciones desde las primeras galaxias hasta enanas marrones, pasando por planetas en formación, y mucho más.

Su lanzamiento se espera para diciembre de 2021, a bordo de un Ariane 5 proporcionado por la ESA desde la Guayana Francesa. A diferencia de la órbita baja que sigue Hubble, el JWST se situará en el punto de Lagrange L2 del sistema Tierra-Sol. Este punto es una zona donde los campos gravitatorios del sistema formado por la Tierra y el Sol se equilibran, de manera que podemos situar un satélite de forma estable reduciendo al máximo las emisiones no deseadas de ambos cuerpos. En este punto, situado en la dirección opuesta al Sol, el telescopio será capaz de utilizar sus paneles solares para protegerse de la radiación solar, y es ideal para observar el universo profundo. Las ventajas de esta situación se pueden resumir en un mejor control de las temperaturas del telescopio; sin embargo, y al contrario que ocurrió con el Hubble, no serán posibles las misiones espaciales de reparación.

Este próximo lanzamiento conlleva la puesta en órbita del telescopio espacial más grande jamás enviado. De hecho, su diseño innovador ha necesitado abordar los dos desafíos principales de un telescopio infrarrojo. Por un lado, debe tener un gran espejo para capturar de la mejor manera la suficiente radiación; por otro, debe mantenerse frío para evitar que fuentes contaminantes de infrarrojos interfieran con la radiación que se está observando. El JWST está equipado con un espejo formado por 18

segmentos, que alcanzan más de 6 metros en su punto más ancho. Además está provisto de unos parasoles espectaculares, del tamaño de una cancha de tenis, para protegerlo de la radiación solar. De este modo, no sólo su construcción ha sido todo un reto para la ingeniería, sino que para ser lanzado al espacio se ha desarrollado como un telescopio cuyos parasoles y espejos pueden desplegarse una vez que el telescopio se separa de su vehículo de lanzamiento.

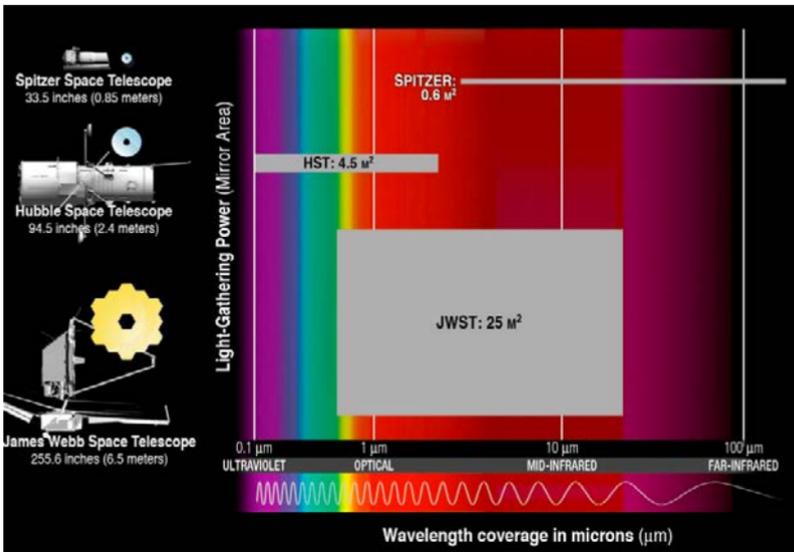


Figura 14: Longitudes de onda que serán observadas por el JWST en comparación con sus antecesores Hubble y Spitzer, así como el área colectora de los respectivos telescopios espaciales Crédito: NASA.

Las observaciones científicas del JWST se realizarán mediante cuatro instrumentos, que cubrirán el rango espectral entre 0,6 $\mu\text{m}$  y 28,5 $\mu\text{m}$  cada uno especialmente diseñado para estudiar diferentes aspectos de la radiación infrarroja: por un lado el instrumento NIRC*am* es una cámara de infrarrojos cercanos, mientras que NIRS*pec* es un espectrógrafo de infrarrojo cercano. Dispone también de un instrumento de infrarrojos medios llamado MIRI, que consta tanto de cámara como de espectrógrafo; así como de FGS/NIRISS, el espectrómetro de infrarrojo cercano que complementa a NIRC*am* y NIRS*pec*, y que también se encargará del guiado fino requerido por el telescopio. Cada uno de estos instrumentos supone una nueva mirada al espacio, e incluyen nuevos desarrollos y tecnologías como la matriz de micro-obturadores, que se desarrollaron específicamente para JWST y permite aumentar la capacidad científica y eficiencia de operación

del telescopio a lo largo de su misión. Ambos aspectos son esenciales para la utilidad del telescopio espacial, ya que permite que más astrónomos hagan uso del JWST mientras esté operativo.

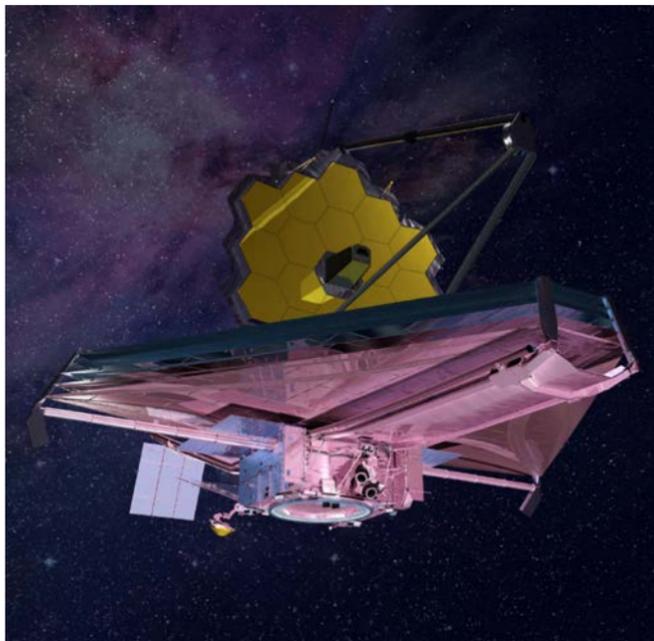


Figura 15: Impresión artística del diseño definitivo del JWST de 2011. Crédito: NASA.

La ingeniería pionera del JWST dará lugar a una ciencia innovadora, necesaria para dar seguimiento a nuestras preguntas más fundamentales sobre el universo.

## Conclusiones

El cielo siempre ha capturado la atención y los sueños del ser humano, y lo seguirá haciendo. La atmósfera que rodea la Tierra y que hace nuestra vida en ella posible, dándonos el aire que respiramos y bloqueando la radiación nociva, es la misma que también provoca el centelleo de las estrellas. Estas características tan especiales también son responsables de crear un manto opaco para el ser humano, que nos impide ver el universo en detalle. Todo ello, junto con nuestra necesidad de conocimiento, nos ha conducido a lo largo de la historia a expandir continuamente nuestros

horizontes, hasta conseguir elevarnos hacia el exterior de nuestra propia atmósfera. Y lo hemos hecho con herramientas para poder explorar el universo que nos rodea en todas las longitudes de onda, con una claridad nunca antes alcanzada desde la Tierra. El telescopio espacial James Webb es simplemente el siguiente en una larga lista de observatorios espaciales y, con seguridad, no será el último.

## Agradecimientos

La autora agradece a la Dra. Marina Rodríguez Baras por su detallada lectura del artículo, así como por sus sugerencias, que han contribuido a una gran mejora del mismo.

## Referencias y recursos en Internet

Rogerson, John B. Jr., 1958. “Project Stratoscope – Solar Photographs from 80,000 Feet”, *Sky and Telescope*, núm 17. pág. 112.

Shkolnik, Evgenya L., 2018, “On the Verge of an Astronomy CubeSat Revolution”, *Nature Astronomy*, núm. 2, págs. 374-378.

[www.nasa.gov](http://www.nasa.gov)

[www.eso.org](http://www.eso.org)

[www.esa.int](http://www.esa.int)

[www.sci.esa.int/web/jwst](http://www.sci.esa.int/web/jwst)

[www.webbtelescope.org](http://www.webbtelescope.org)

## LA COMPOSICIÓN DEL COSMOS

**Pablo Rivière Marichalar**

*Observatorio Astronómico Nacional*

La astronomía es la más antigua de las ciencias. Desde tiempos pretéritos los humanos hemos mirado al cielo en busca de respuestas, y al hacerlo, hemos encontrado nuevas preguntas. Nuestros antepasados pusieron nombres a las estrellas y formaron con ellas constelaciones, estudiaron su intensidad, su distancia y su movimiento, discutieron nuestra posición en el cosmos, demostraron que las mismas leyes de gravedad que rigen en la Tierra se aplican a las estrellas. Finalmente, a partir del siglo XIX, fueron capaces de explicar su funcionamiento, el origen de su energía y su composición química. Sin embargo, durante siglos pareció imposible conocer dicha composición química. Veamos como se llegó a descubrir la composición de las estrellas.

Me gustaría arrancar esta historia con una divertida anécdota. En el siglo XIX, allá por 1835, Auguste Comte, considerado el padre del positivismo, afirmó, refiriéndose a las estrellas: “Podremos determinar sus formas, sus distancias, su tamaño, sus movimientos, pero nunca podremos saber acerca de su estructura química ni mineralógica”. Comte usaba la composición química de las estrellas como ejemplo de conocimiento científico que permanecería para siempre velado. Lo que no sabía Comte es que el desarrollo de la espectroscopía ya había sentado, de hecho, las bases que nos permitirían conocer la composición de las estrellas y que, por tanto, había elegido un fatal ejemplo.

### **El prisma de Newton**

Pero para comprender el origen de la espectroscopía tenemos que viajar todavía más atrás en el tiempo, hasta llegar a Sir Isaac Newton, padre de la física. Newton es mundialmente conocido por sus leyes de

dinámica (Primera, Segunda y Tercera Ley de Newton) y su ecuación de la gravitación universal. Pero Newton fue un titán que contribuyó en prácticamente todos los aspectos de la ciencia de su época, desde las leyes de la óptica hasta sus contribuciones al cálculo matemático, o el desarrollo del telescopio newtoniano y la fisiología en los años finales de su vida.

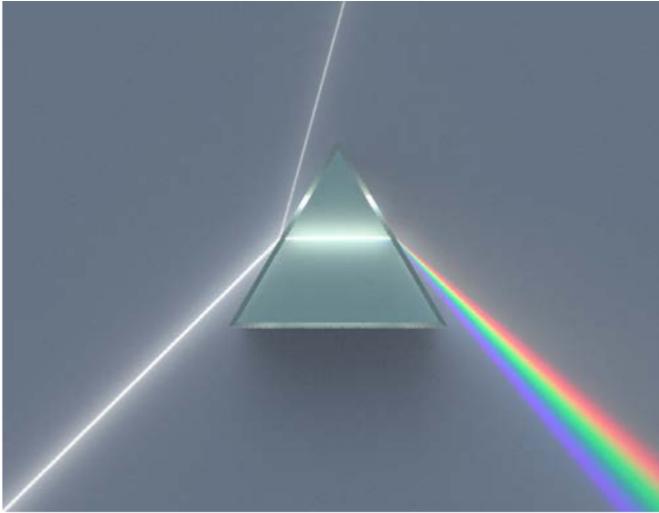


Figura 1: Prisma dispersivo como el que permitió a Newton descomponer la luz solar en los distintos colores del arco iris.

En la época de Newton, la opinión preponderante entre los científicos era que la luz blanca del Sol era pura, y que los colores surgían al sufrir esta luz pura diversas modificaciones. Sin embargo, Newton no compartía esta concepción aristotélica de la luz, sino que la suponía formada por la superposición de rayos de diversos colores. Esta conjetura de Newton quedó confirmada gracias a los experimentos que él mismo realizó: en 1666 Newton observó que cuando un haz de luz atraviesa un prisma se descompone en los colores presentes en el arco iris. Newton había descubierto el fenómeno de la dispersión de la luz, que en su manifestación más sencilla implica que la luz blanca en realidad se forma por la superposición de todos los colores del arco iris, como él había supuesto. Este hecho se ha presentado típicamente con la famosa imagen de un haz de luz que incide en un prisma, del cual brota convertida en arco iris (ver Figura 1). De hecho, el famoso grupo Pink Floyd empleó esta imagen como portada de su álbum “Prism”. Al conjunto de colores que abandonan el prisma se lo denomina espectro de la luz visible, y cada uno de los colores presentes se corresponde en realidad con una frecuencia (y por tanto una

longitud de onda) de luz. Seguramente él no podía intuirlo, pero había sentado las bases que nos permitirían establecer la composición química de las estrellas casi tres siglos más tarde.

Allá por 1800, William H. Wollaston dio el siguiente gran paso hacia la determinación de la composición de las estrellas: observó una serie de franjas oscuras en espectros del Sol. Este descubrimiento fue posible gracias a la mejora que implementó en el prisma de Newton: convirtió el orificio de entrada de la luz en una fina ranura de aproximadamente un milímetro de ancho. Esta modificación del prisma de Newton se tradujo en una importante mejora en la resolución del espectro obtenido. Wollaston publicó sus resultados en un artículo en las “Philosophical Transactions” de la Royal Society en el año 1802 (ver Figura 2). Sin embargo, no supo valorar la relevancia del descubrimiento de las franjas oscuras, y las interpretó como simples líneas divisorias que separan un color de otro. El científico encargado de dar la debida importancia al descubrimiento fue Fraunhofer.

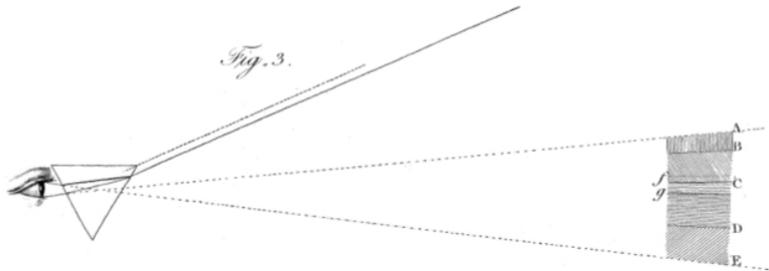


Figura 2: Ilustración del artículo de W. H. Wollaston, “A Method of Examining Refractive and Dispersive Powers, by Prismatic Reflection.” *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, vol. 92, The Royal Society, 1802, pp. 365–80.

## Las franjas de Fraunhofer

Joseph Fraunhofer fue un gran científico, con una apasionante historia que merece la pena conocer. Nació en Straubing, Baviera, siendo el decimoprimer hijo del matrimonio formado por Franz Xaver Fraunhofer y María Anna Fröhlich. Quedó huérfano muy pronto, a la edad de 11 años. Tras este trágico evento, comenzó a trabajar como aprendiz en el taller del cristalero Philipp Anton Weichelsberger. Pero los infortunios no habían

terminado para el joven Fraunhofer, de forma que, en 1801, el taller en el que trabajaba se hundió, sepultando a Joseph. Pero la desgracia trajo consigo un cambio en su suerte, ya que fue rescatado por el mismísimo Príncipe Elector de Baviera, Maximiliano José, futuro Maximiliano I de Baviera. Este hecho cambió la suerte de Fraunhofer para siempre, ya que a partir de ese momento se convirtió en el protegido del príncipe.



Figura 3: Joseph von Fraunhofer haciendo una demostración del espectroscopio. A la izquierda Joseph von Utzschneider, a la derecha Georg Friedrich von Reichenbach. Fotografiado de una pintura de Richard Wimmer.

El joven Fraunhofer estaba profundamente interesado en el estudio de la luz, en concreto en su composición. Para ayudarlo en sus investigaciones, Fraunhofer inventó en 1814 el espectroscopio. Así pues, armado con una instrumentación puntera en su época, y con su propio espectroscopio, y siguiendo la estela de Newton, obtuvo espectros de la luz procedente del Sol en 1814, así como de otras estrellas en 1818. Al hacerlo, descubrió que en dichos espectros se observaban regiones donde el color correspondiente era sustituido por una franja negra. Había descubierto las conocidas franjas que llevan su nombre, las líneas de Fraunhofer.

Más adelante aplicó la misma técnica a gases calientes y detectó franjas o líneas de emisión particularmente brillantes en regiones muy concretas del espectro, algunas de las cuales coincidían con las posiciones de franjas oscuras de los objetos estelares. A lo largo de su vida identificó más de 700

líneas oscuras, o líneas de absorción. Al examinarlas empleando distintas posiciones del aparato y del Sol estableció que la posición de las franjas no variaba, es decir, las posiciones eran inherentes a la fuente emisora de luz (en este caso el Sol). Fraunhofer no se detuvo aquí, y obtuvo espectros de Venus y de la Luna, así como de diversas estrellas. Gracias a esto descubrió que algunas estrellas reproducían la posición de las franjas del espectro solar, mientras que otras presentaban franjas oscuras en distintas posiciones. Esto le llevó a concluir que el origen de las líneas no estaba en la atmósfera terrestre, ya que detectaba las líneas en configuraciones muy distintas.

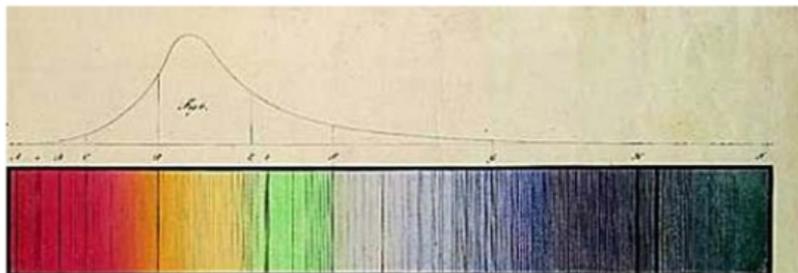


Figura 4: Espectro del Sol con franjas oscuras obtenido por Joseph Fraunhofer.

Pero Fraunhofer no observaba solamente fuentes estelares, sino que aplicaba sus metodologías a otras fuentes de luz como lámparas de aceite o llamas de bujías. A las más intensas de entre las líneas que iba descubriendo las nombraba con las letras del alfabeto: A, B, C, D... Tras introducir sal común en la llama de una vela observó que aparecía una intensa línea de color amarillo. Al observarla con alta resolución descubrió que dicha línea se componía en realidad de dos franjas muy cercanas: se trataba del famoso doblete del sodio (ver Figura 5).

En realidad, esta franja había sido observada muchos años antes, allá por 1750, por el físico escocés Thomas Melville, pero su experimento nunca recibió la atención debida.

Éste último experimento de la sal había puesto a Fraunhofer definitivamente en el buen camino para explicar la fenomenología subyacente. Sin embargo, y aunque había sentado las bases de la espectroscopía moderna, codeándose con Newton en su contribución, Joseph Fraunhofer nunca vio la culminación de sus investigaciones, pues murió en 1826, tan solo ocho años más tarde, sin conocer la explicación física de las líneas oscuras y brillantes. Con apenas 39 años no solo había realizado fundamentales contribuciones al estudio de la luz, sino que había desarrollado instrumentación fundamental para dicho estudio. Pero aunque

Fraunhofer no pudo conocer la explicación subyacente, la historia que aquí contamos es una historia coral, con varios protagonistas. Sigamos, pues, adelante.

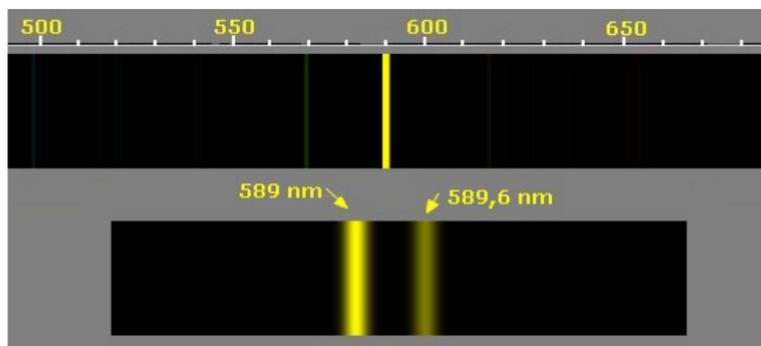


Figura 5: El espectro del sodio está dominado por el brillante doblete conocido como líneas-D del sodio, a 588,9950 y 589,5924 nanómetros.

## Bunsen y Kirchoff

Avanzamos ahora hasta 1860, año en que Gustav Kirchoff descubrió que varias de las líneas detectadas en el espectro del Sol eran causadas por la absorción de distintos elementos químicos en longitudes de onda muy precisas. Kirchoff había nacido en 1824 en el seno de una familia que participaba de la intensa vida intelectual en la ciudad de Königsberg. Mostró desde joven grandes aptitudes académicas y llegó a matricularse en la Universidad Albertus, donde asistió al seminario de física matemática que impartían Neumann y Jacobi. Fue estudiando con Neumann que Kirchoff hizo su primera contribución relevante para la ciencia con un estudio sobre las corrientes eléctricas. Y es que el brillante Kirchoff no solo hizo importantes contribuciones al estudio de la luz, sino al estudio de la electricidad y los circuitos eléctricos, con la elaboración de las conocidas Leyes de Kirchoff: la ley de los nodos y la ley de las mallas.

En 1847 Kirchoff se graduó por la universidad de Königsberg y se trasladó a Berlín y más tarde a Breslau. Fue en Breslau donde conoció al químico alemán Robert Bunsen, con quien trabaría amistad. Bunsen, nacido en Gotinga, en donde completó sus estudios y realizó su doctorado, era un respetado químico que a partir de 1830 realizó una serie de viajes por Europa que le pusieron en contacto con la flor y nata de la física y la química. A partir de 1834 ejerció como profesor en la Universidad de Gotinga desarrollando importantes investigaciones sobre

las sales metálicas. En 1854, Bunsen convenció a Kirchoff para que se mudase a Heidelberg, donde obtuvo un puesto de profesor de física. Nació así una colaboración tremendamente fructífera en el campo de la espectroscopía, pues gracias a sus trabajos juntos llegaron a la conclusión de que las líneas espectrales eran una propiedad inherente de los elementos químicos responsables de emitir dicha luz.



Figura 6: Gustav Robert Kirchoff (izquierda), Robert Bunsen (derecha).

Pero no nos adelantemos y expliquemos como fue el proceso. Bunsen, químico de formación, estaba obsesionado con el estudio de las llamas coloreadas de determinadas sustancias. Consideraba que dichas llamas encerraban información sobre los elementos químicos presentes en la sustancia. Fue Kirchoff quien le sugirió que estudiase esas llamas empleando prismas (ver Figura 7). Gracias a esta sugerencia, pudo observar que la posición de las líneas de emisión era independiente de la temperatura del cuerpo emisor, llegando a la conclusión de que la posición de dichas líneas era un reflejo de su composición química. Había nacido la espectroscopía.

Empleando la metodología descrita, Bunsen identificó dos elementos nuevos: el cesio y el rubidio. Es justo mencionar que la primera persona en

intuir que podíamos emplear los colores de una llama para identificar su composición química fue Georgius Agricola en el siglo XVI.



Figura 7: Dibujo del espectroscopio de Kirchhoff - Bunsen. Fuente <https://www.beautifulchemistry.net/kichhoff>.

Aunque los experimentos de Bunsen fueron vitales para el establecimiento de la espectroscopía como método de estudio de la composición química, fue Kirchhoff el encargado de sistematizar el conocimiento adquirido. Para esa sistematización, fue vital un nuevo experimento a cargo de Kirchhoff: empleó una intensa lámpara que generaba las famosas líneas amarillas del sodio y frente a ella colocó una lámpara de alcohol con una solución de sales de sodio. Al colocar la lámpara, las líneas brillantes del sodio se transformaban en franjas oscuras, idénticas a las franjas D presentes en el espectro solar. El descubrimiento era importantísimo: las llamas coloreadas, emisoras de intensas líneas de emisión, pueden absorber los rayos de la misma longitud si se colocan frente a una fuente más intensa, lo que le llevó a enunciar las tres leyes de la espectroscopía de Kirchhoff:

1. Un objeto sólido y caliente produce luz en un espectro continuo (es decir, sin franjas oscuras ni franjas brillantes).
2. Un gas tenue produce luz con líneas espectrales en longitudes de onda discretas (posiciones en el espectro) que dependen de la composición del gas.
3. Un objeto sólido a alta temperatura rodeado de un gas tenue a temperaturas más bajas produce un espectro continuo con huecos

(franja oscura) en longitudes de onda cuyas posiciones dependen de la composición del gas.

Es decir, las posiciones de las líneas, tanto de emisión como de absorción, son una característica propia del material que las produce y refleja su composición química. Cada elemento, cada compuesto químico, tiene su propio conjunto de líneas con unas longitudes de onda muy precisas. Por tanto, estudiando la posición de las líneas de absorción y emisión podemos deducir la composición química de una estrella. Espectroscopía 1 – Comte 0.

Además, el trabajo de Kirchoff le permitió concluir que el Sol es un cuerpo de elevada temperatura rodeado de capas gaseosas a menor temperatura, acabando con la teoría de William Herschel de que el Sol era un cuerpo frío envuelto en gases incandescentes.

El análisis de los espectros solares llevó a concluir que en la atmósfera del Sol hay hidrógeno, hierro, sodio, calcio, magnesio, y otros elementos presentes en la Tierra. En la actualidad conocemos con bastante precisión la composición química de la atmósfera solar gracias a la teoría de Kirchoff. Pero la conclusión más importante de su investigación fue que las estrellas, el cosmos en general, se compone de los mismos elementos presentes en la Tierra.

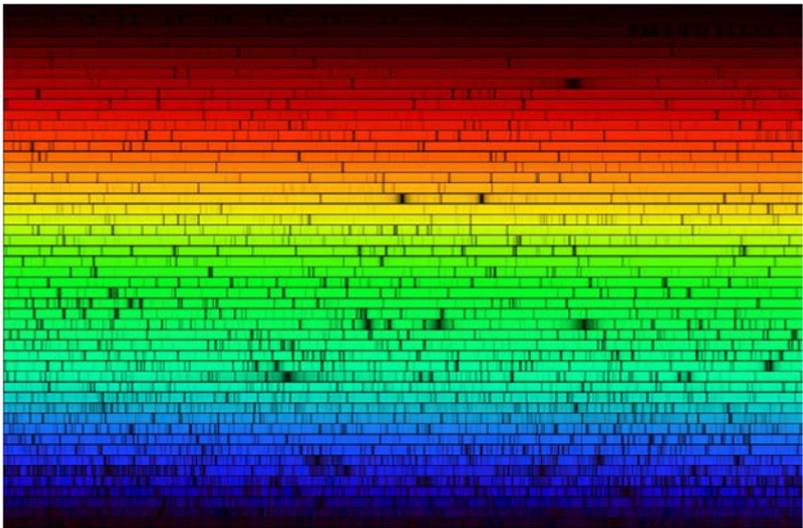


Figura 8: Espectro del Sol obtenido con instrumentación moderna. Cada una de las franjas oscuras es una línea de absorción correspondiente a distintos elementos químicos o moléculas. Crédito: NOAO/NSO/Kitt Peak FTS/AURA/NSF.

Ahora bien, ¿por qué sucede esto así? ¿Cuál es el origen de las franjas oscuras y de las franjas brillantes? Kirchoff había contribuido definitivamente al establecimiento de la espectroscopía elaborando leyes que permitían predecir el comportamiento de la luz y de sus espectros en distintas situaciones, pero aún no se conocía el mecanismo responsable de la formación de las franjas ni de su posición precisa. Para dicha explicación era necesario el desarrollo de la física cuántica.

## La estructura de los átomos

El primer intento moderno para describir la estructura de los átomos corrió a cargo de Ernest Rutherford, un científico británico nacido en Nueva Zelanda. Por el papel destacado que desempeñó en el desarrollo de la teoría atómica muchos le conocen como el padre de la física atómica.

En 1911, Rutherford propuso un modelo del átomo que desbancó al modelo previo, ideado por Sir Joseph John Thomson, descubridor del electrón, en 1904. El modelo de Thomson afirmaba que los átomos estaban formados por una nube de electrones rodeados por un volumen cerrado de carga positiva. Pasados siete años, como decíamos, Rutherford propuso su modelo, que consistía en una región central donde se concentraba la carga positiva, denominada núcleo, rodeada por una nube de electrones, portadores de la carga negativa, que orbitaban al núcleo en órbitas circulares (ver Figura 9).

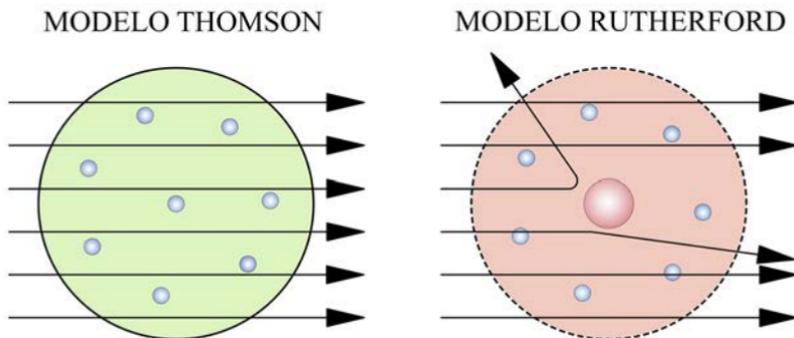


Figura 9: Modelos atómicos de Thomson y Rutherford. En el modelo de Thomson el átomo está compuesto por electrones de carga negativa en un átomo positivo. En el de Rutherford, el átomo posee un núcleo en el que se concentra la masa y la carga positiva, y en la zona extra nuclear se encuentran los electrones de carga negativa.

Aunque el modelo de Rutherford era un avance respecto al modelo de Thomson, contenía dos predicciones teóricas que no casaban con los

experimentos, y que terminaron por tumbar la teoría. En primer lugar, los electrones orbitando el núcleo podían situarse a cualquier distancia del núcleo. Al hacerlo, debían emitir radiación, ya que cambiaba su estado de energía potencial. Pero si podían situarse a cualquier distancia, entonces podían emitir energía a cualquier cualquier longitud de onda, lo que contradecía los resultados obtenidos mediante espectroscopía, donde las franjas están muy bien determinadas y se producen únicamente en posiciones fijas. En segundo lugar, nada impedía que el electrón siguiese radiando energía de forma continua hasta caer sobre el núcleo central positivo, y lo haría además a gran velocidad. Por tanto, el modelo predecía que la materia, tal y como la conocemos, decaería rápidamente. De alguna forma, la propia existencia del universo contradecía esta predicción.

Estos dos problemas fueron superados gracias al modelo de Niels Bohr. Bohr fue un destacado científico, nacido en los ambientes académicos de la burguesía danesa, que a principios del siglo sentó las bases para el desarrollo de un modelo capaz de describir la estructura y comportamiento de los átomos, jugando un destacado papel en el nacimiento de la física cuántica.

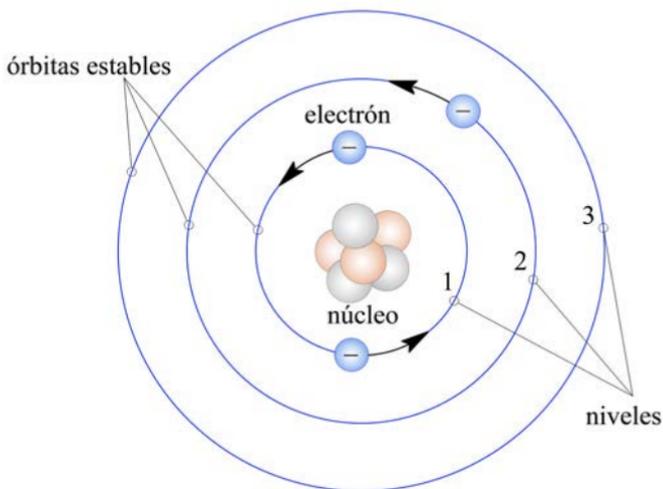


Figura 10: Modelo de átomo propuesto por Bohr en 1913, para explicar cómo los electrones pueden tener órbitas estables alrededor del núcleo y porqué los átomos presentaban espectros de emisión característicos.

Bohr nació en Copenhague y estudió en la universidad de la misma ciudad, donde se doctoró en 1911 y terminó por ser profesor. Tras obtener

su doctorado, Bohr intentó trabajar con Joseph John Thomson, quien no mostró interés por su trabajo. Quién sí se mostró interesado por su trabajo fue Rutherford, con quién trabajó en Manchester.

Partiendo del modelo de Rutherford, Bohr propuso que los electrones solo podían moverse en determinadas órbitas, y no a cualquier distancia del núcleo como defendía el modelo de Rutherford. Cada una de esas órbitas se caracterizaba por un nivel energético perfectamente determinado. A cada una de esas órbitas se le podía asignar un número entero, llamado número cuántico principal “ $n$ ” (ver Figura 10).

Por fin estaba a punto de cerrarse el círculo: un electrón puede absorber una cantidad de energía (luz) fija y saltar desde uno de esos niveles cuánticos a otro (aumentando de esta forma el número  $n$ ). Dicha energía estaba definida por la diferencia de energía entre ambos niveles. Cuando un electrón absorbía esa energía, retiraba fotones a la longitud de onda correspondiente (ya que la teoría cuántica también establece una relación unívoca entre la energía de un fotón y su longitud de onda). Estas longitudes de onda se asocian con los colores desaparecidos en el espectro: quedaban explicadas las líneas de absorción o franjas oscuras.

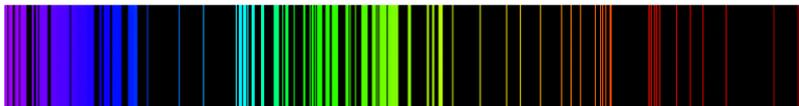


Figura 11: Espectro de emisión del hierro.

Por otro lado, un electrón que se encontraba en un estado excitado (es decir, en un orbital con un número  $n$  mayor que 1) podía emitir energía para pasar a un nivel de menor excitación. Dicha energía se emite en forma de luz, y su longitud de onda viene dada por la diferencia de energía entre niveles. Quedaban así explicadas las líneas de emisión o franjas brillantes. Se cerraba el círculo.

## Conclusión

Esta es una bella historia de como la ciencia supera barreras teóricamente insalvables (recordemos a Comte afirmando que jamás conoceríamos la composición de las estrellas) con el esfuerzo conjunto de una serie de brillantes científicos. Es la historia de como en el transcurso de algo más de 100 años aprendimos de qué están hechas las estrellas y el resto de objetos del cosmos. Y encierra un bello mensaje: que los mismos ladrillos que conforman el cosmos son los que conforman nuestro entorno inmediato en la Tierra.



El 25 de julio de 2021, en su comunicado de la inscripción del Paseo del Prado y el Buen Retiro, Paisaje de las Artes y las Ciencias, en la Lista del Patrimonio Mundial, la UNESCO eligió esta imagen del edificio Villanueva del Observatorio.



Entre el 6 y el 11 de enero de 2021, la borrasca Filomena ocasionó en Madrid una de las nevadas de las más copiosas en décadas. Tras teñirse de blanco, los jardines del Observatorio sufrieron severos desperfectos por la gran cantidad de nieve acumulada y el acceso a las instalaciones quedó restringido durante varios días.

# **ÍNDICE ALFABÉTICO DE MATERIAS**



# Index

- Aberración
  - ánua, 357
- Achatamiento
  - de la Tierra, 343
  - de los planetas, 184
- Acimut
  - de la estrella Polar, 274–275
- Albedo
  - de satélites naturales, 224–228
  - geométrico y de Bond, 183
- Año
  - duración del año juliano, 116
  - duración media de distintos tipos de año, 115
- Asteroides
  - datos fotométricos, 248
  - datos físicos, 248
  - efemérides, 251–263
  - elementos orbitales, 247
  - magnitud, V, 249
  - número de conocidos, 247
  - oposición, 250
  - rotación, 248
- Año
  - duración, 124
- Calendario
  - católico, 84–85
  - domingo de Pascua, 84
  - escritura numérica de fechas, 80
  - explicación general, 80
  - gregoriano, 83
  - israelita, 88
  - juliano, 85–86
  - musulmán, 86–88
  - perpetuo, 90–91
  - reforma gregoriana, 83
- Ceres
  - datos fotométricos, 240
  - descubrimiento, 241
  - efemérides, 242
  - elementos orbitales, 239
  - masa, tamaño, 241
  - traslación, 240
- Cometas
  - de corto periodo, 266–269
  - de largo periodo, 265
  - elementos orbitales, 265–268
  - que pasan por el perihelio este año, 36, 264
- Composición
  - abundancia solar de elementos químicos, 127
  - moléculas en el medio interestelar, 366
- Constantes
  - astronómicas, 361
  - astronómicas para J2000, 127
  - atómicas y espectroscópicas, 360
  - cosmológicas, 361
  - electromagnéticas, 360
  - equivalencias útiles, 180, 310, 361
  - factores de conversión, 361
  - fundamentales, 360
  - prefijos del SI, 362
- Constelaciones

- del cielo mes a mes, 38–61
- esquemas, 286–291
- posición y tamaño, 283–285
- Coordenadas
  - aparentes (aberración), 357
  - geográficas, *see* Posiciones geográficas
  - medias (precesión), 354–356
  - verdaderas (nutación), 357
- Corrección de las coordenadas
  - por aberración ánuva, 357
  - por nutación, 357
  - por precesión, 354–356
  - por refracción atmosférica, 358–359
- Crepúsculo
  - civil, náutico y astron., 150
  - visibilidad de los planetas, 18–20
- Cúmulos estelares
  - abiertos o galácticos, 316
  - cerrados o globulares, 314
- Día
  - de la semana, 108–119
  - definición, 80, 94
  - del año, 108–119
  - durac. media del día sidéreo, 114
  - durac. media del día solar, 114
  - duración del día, 152
  - día de la semana, 83, 90–91
  - solar medio en los planetas, 183
- Día juliano, *DJ*
  - DJ* y día de la semana, 83
  - descripción, 81, 110
  - durante una década, 82
  - día a día, 108–119
  - día juliano modificado, 110
  - días julianos notables, 82, 109
  - mes a mes, 81
  - modificado, 83
  - para diversas épocas, 82
  - para una fecha gregoriana, 82
- Distancia
  - angular y luminosa, 337
  - en el sistema solar, 236
  - en la Vía Láctea, 310
  - ley de Hubble, 337
- Día juliano, *DJ*
  - fórmula para este año, 13
- Eclipses
  - de Luna durante el año, 70–74
  - de Luna futuros, 76
  - de Sol durante este año, 66–69
  - de Sol futuros, 75
  - durante el año próximo, 64, 65
  - durante este año, 15, 63
  - durante este siglo, 64
  - interpretación de las tablas, 74
- Ecuación de los equinoccios
  - definición, 98, 113
  - día a día, 108–119
  - fórmula aproximada, 93, 99, 113
- Ecuación de tiempo
  - definición, 100, 117
  - día a día, 108–119
  - figura, 100
  - fórmula aproximada, 100, 118
  - valores extremos y nulos, 119
- Elipsoide terrestre, *see* Tierra
- Enanos, planetas
  - datos fotométricos, 240
  - descubrimiento, 241
  - efemérides, 242
  - elementos orbitales, 239
  - masa, tamaño, 241
  - satélites, 241
  - traslación, 240

- Equinoccios  
 de primavera y de otoño, 14  
 ecuación de los equinoccios,  
*see id. id.*  
 para este año, 15
- Eris  
 datos fotométricos, 240  
 descubrimiento, 241  
 efemérides, 246  
 elementos orbitales, 239  
 masa, tamaño, 241  
 satélites, 241  
 traslación, 240
- 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, 297–302  
 cercanas, 297  
 constelaciones, *see* Constela-  
 ciones  
 cálculo de coordenadas apa-  
 rentes, 354–359  
 de gran mov. propio, 297  
 dobles, 302–304  
 equivalencias en distancias,  
 310  
 magnitud y brillo, 308  
 nombres usuales, 293–294  
 ocultación por la Luna, 35  
 Pléyades, 294  
 Polar, *see* Polar  
 variables, 305–308  
 variables tipo Mira, 277
- Fases de la Luna, 14
- Fecha  
 escritura normalizada, 80  
 juliana, 81
- Fenómenos astronómicos  
 día a día, 37–61  
 resumen anual, 14–36
- Galaxias  
 brillantes, 333  
 cuásares, 333  
 cúmulos de galaxias, 334  
 del Grupo Local, 329  
 en catálogo de Messier, 321–  
 323  
 infrarrojas, 334  
 ley de Hubble, 337  
 nombres usuales, 329–331  
 radiogalaxias, 333  
 tabla de distancias, 337
- Haumea  
 datos fotométricos, 240  
 descubrimiento, 241  
 efemérides, 244  
 elementos orbitales, 239  
 masa, tamaño, 241  
 satélites, 241  
 traslación, 240
- Interpolación  
 directa, 362–364  
 inversa, 364
- Júpiter  
 conjunción y oposición, 17  
 constelaciones recorridas, 17  
 datos orbitales, físicos y foto-  
 métricos, 181–185  
 efemérides, 195  
 efemérides orbitales, 17  
 efemérides para observacio-  
 nes físicas, 196  
 posición de los satélites gali-  
 leanos, 230–235  
 satélites, 214–228  
 visibilidad (en 2022), 18–20
- Luna  
 apogeo y perigeo, 178  
 comparación con otros satélites,  
 214–228

- coord. topocéntricas, 158
  - datos físicos, 157
  - distancia a la Tierra, 156, 177
  - eclipses, *see* Eclipses
  - edad, 177
  - elementos medios de la órbita, 156
  - fases
    - definición, 14, 177
    - en este año, 15, 177
  - libraciones, 157
  - meses, 157
  - ocultaciones, 33–36
  - órbita, 156
  - orto y ocaso en cualquier lugar, 173–175
  - paralaje, 176–177
  - paso por el meridiano, 175
  - semidiámetro, 175–177
  - unidades lunares, 155
- Magnitud**
- de asteroides brillantes, 248
  - de cúmulos estelares, 314–316
  - de estrellas, 293–310
  - de galaxias brillantes, 333
  - de galaxias del Grupo Local, 329
  - de los planetas cada 20 días, 189–203
  - de objetos Messier, 321–323
  - de planetas en oposición, 183
  - de satélites en oposición, 224–228
  - definición, 308
  - del Sol: absolutas, aparentes, 125
  - diferencia de magnitudes y razón de brillos, 308
  - media de Júpiter, . . . Neptuno, 17
  - máxima de Mercurio, Venus y Marte, 16
- Makemake**
- datos fotométricos, 240
  - descubrimiento, 241
  - efemérides, 245
  - elementos orbitales, 239
  - masa, tamaño, 241
  - traslación, 240
- Marte**
- datos orbitales, físicos y fotométricos, 181–185
  - efemérides, 192
  - efemérides orbitales, 16
  - efemérides para observaciones físicas, 193
  - fenómenos en este año, 16
  - satélites, 214–228
  - visibilidad (en 2022), 18–20
- Mercurio**
- datos orbitales, físicos y fotométricos, 181–185
  - efemérides, 188
  - efemérides orbitales, 16
  - efemérides para observaciones físicas, 189
  - fenómenos para este año, 16
  - tránsito, 16
  - visibilidad (en 2022), 18–20
- Meteoroides**
- lluvias de meteoros, 270
  - meteoros, 269
- Nebulosas, *see* Vía Láctea**
- de emisión, 319
  - de reflexión, 319
  - en catálogo de Messier, 321–323
  - observación, 318–320
  - planetarias, 320
  - restos de supernova, 320
  - tipos, 316–318
- Neptuno**
- conjunción y oposición, 17
  - constelaciones recorridas, 17
  - datos orbitales, físicos y fotométricos, 181–185

- descubrimiento, 186
- efemérides, 202
- efemérides orbitales, 17
- efemérides para observaciones físicas, 203
- satélites, 214–228
- Nutación
  - paso de coordenadas medias a verdaderas, 357
- Oblicuidad de la eclíptica
  - durante el año, 124
- Observaciones físicas
  - de los planetas, 189–203
  - del Sol, 130–141
- Observatorios
  - en el mundo, 349
  - en España, 348
- Ocultaciones
  - de asteroides por la Luna, 34
  - de estrellas por la Luna, 35
  - de planetas por el Sol, 34
  - de planetas por la Luna, 33
- Orbita de la Tierra
  - afelio y perihelio extremos, 14
  - afelio y perihelio para este año, 15
  - datos orbitales, 181–183, 205
- Ortos y ocasos
  - de la Luna, 173–175
  - de los planetas, 204
  - del Sol, 130–141, 144–147
- Parsec, año luz, Unidad Astronómica equival., múltiplos, 310, 361
- Planetas
  - atmósfera, 185
  - datos físicos, 184
  - declinación durante el año, 186
  - descubrimiento, 186
  - efemérides, 188–204
  - elementos orbitales, 182, 205
  - fenómenos en este año, 16–17
  - fotometría, albedo, 183
  - fórmulas, 205
  - magnetosfera, 185
  - masa, tamaño, 184
  - ocultación por la Luna, 33
  - ortos y ocasos en cualquier lugar, 204
  - paso por el meridiano, 205
  - posiciones geocéntricas y heliocéntricas, 206–207
  - rotación, 183
  - satélites, *see* Satélites
  - sistema planetario, *see* Sistema solar
  - traslación, 182
  - visibilidad en este año, 18–20
  - órbita, 180–182, 205
- Plutón
  - datos fotométricos, 240
  - descubrimiento, 241
  - efemérides, 243
  - elementos orbitales, 239
  - masa, tamaño, 241
  - satélites, 241
  - traslación, 240
- Polar (estrella)
  - coord. ecuat. aparentes, 274–275
  - coord. ecuatoriales J2000, 271, 273
  - coord. horizontales, 272
  - determinación de la latitud, 272
- Polo Norte
  - de la Vía Láctea, 312
  - del sistema solar, 180
  - del Sol, 125
- Posiciones geográficas
  - ciudades españolas, 346–347
  - convenios, 13
  - observatorios españoles, 348
  - observatorios mundiales, 349

## Precesión

- cálculo aproximado, 354
- cálculo exacto, 356
- efecto sobre las coordenadas ecuatoriales, 354–356

## Refracción

- corrección de la altura observada, 358–359
- fórmula aproximada, 358

## Saturno

- conjunción y oposición, 17
- constelaciones recorridas, 17
- datos orbitales, físicos y fotométricos, 181–185
- efemérides, 198
- efemérides orbitales, 17
- efemérides para observaciones físicas, 199
- inclinación de los anillos, 17
- satélites, 214–228
- visibilidad (en 2022), 18–20

## Satélites

- datos físicos, 224–228
- descubrimiento, 219–223
- elementos orbitales, 214–218
- fotometría, 224–228
- nombres, 214–218
- periodos, 219–223
- posición de los satélites galileanos, 230–235

## Semana

- día de la semana corresp. a un día juliano, 83
- día de la semana corresp. a una fecha, 90–91
- numeración, 80

## Sistema solar

- asteroides, *see* Asteroides, *see* Asteroides
- cometas, *see* Cometas
- equivalencia en distancias, 236
- meteoroides, *see* Meteoroides

- sistema planetario, 180, 238
- unidades, 180

## Sol

- abundancia de elementos químicos, 127
- afelio y perihelio, 15
- azimut de orto y ocaso, 148
- coord. ecuatoriales, 130–141
- coord. ecuatoriales aprox., 143
- coord. heliográficas, 130–141
- crepúsculos, 150–151
- culminación, orto y ocaso en Madrid, 130–141
- cálculos aproximados, 142
- datos físicos, 124
- distancia a la Tierra, 142–143
- duración del día, 151–152
- eclipses, *see* Eclipses
- eje de rotación, *P*, 130–141
- entrada en signos del zodiaco, 17
- luminosidad, 125
- manchas solares, 154
- movimiento diario, 142–143
- movimiento en el espacio, 126
- ocultaciones, 34
- órbita, 124
- orto y ocaso en otro lugar, 144–146
- ortos y ocayos extremos en Madrid, 152
- paralaje horizontal, 142–143
- paso por el meridiano, 153
- paso por el primer vertical, 149
- rotaciones sinódicas, 153
- rotación, 125
- semidiámetro, 142–143
- tiempo de paso del semidiámetro, 142–143
- unidades solares, 123
- viento solar, 126

## Solsticios

- de verano y de invierno, 14
- para este año, 15

## Tiempo

- DUTI*, 97
- civil, 100
- de efemérides, *TE*, 94
- ecuación de los equinoccios, *see id. id.*
- ecuación de tiempo, *see id. id.*
- emisores de señales de tiempo, 101–102
- escala atómica, *TAI*, 94
- escalas de tiempo, 94–100
- horario adelantado, 103–104, 107
- husos horarios, 102
- meses (calendario), 108–119
- meses (Luna), 157
- oficial
  - en los países del mundo, 102–106
  - explicación, 102
  - oficial en España, 107
  - sidéreo, 98–99, 112
  - sidéreo local, fórmula, 93, 99
  - sidéreo verdadero en Greenwich
    - día a día, 108–119
  - siglo, milenio, 81
  - solar medio y verdadero, 99–100, 111
- Tiempo Atómico Internacional, 94
- tiempos dinámicos, 94–95
- Universal Coordinado, *UTC*, 96–97, 101–102
- Universal, *TU*, *UTI*, 95

## Tierra

- comparación con otros planetas, *see Planetas*
- distancia al Sol, 142–143
- elipsoides de referencia, 343–345

masa, tamaño, 342

- órbita, *see* Órbita de la Tierra
- periodo de rotación, 114
- rotación, 343
- satélites, 214–228
- unidades terrestres, 341

## Unidades

- astronómicas, 310, 361
- día, 94
- equivalencias útiles, 180, 310
- factores de conversión, 361
- segundo, 94

## Urano

- conjunción y oposición, 17
- constelaciones recorridas, 17
- datos orbitales, físicos y fotométricos, 181–185
- descubrimiento, 186
- efemérides, 200
- efemérides orbitales, 17
- efemérides para observaciones físicas, 201
- satélites, 214–228
- visibilidad (en 2022), 18

## Venus

- datos orbitales, físicos y fotométricos, 181–185
- efemérides, 190
- efemérides orbitales, 16
- efemérides para observaciones físicas, 191
- fenómenos en este año, 16
- tránsitos, 16
- visibilidad (en 2022), 18–20

## Vía Láctea

- características cerca del Sol, 313
- características globales, 312
- cúmulos, *see* Cúmulos estelares
- nebulosas, *see* Nebulosas
- nubes moleculares, 318

## Zodíaco

definición, 17

entrada del Sol en signos, 17



Este anuario contiene las efemérides de los cuerpos del sistema solar y de estrellas, catálogos galácticos y extragalácticos, así como todo tipo de datos de utilidad para el astrónomo aficionado o profesional. Completan ésta información varios artículos de divulgación científica.



9 788441 665507

ISSN 0373-5125

**PUBLICA:**

O. A. Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG)  
General Ibáñez de Ibero, 3 - 28003 Madrid  
Teléfono: + 34 91 597 95 14  
e-mail: consulta@cnig.es

**Precio (incluido IVA): 10 euros**

[www.ign.es](http://www.ign.es) — [www.cnig.es](http://www.cnig.es) — [www.oan.es](http://www.oan.es)