

Anuario del Real Observatorio Astronómico de Madrid 2027

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

ANUARIO
DEL
REAL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO
DE MADRID

2027

Título:
Anuario del Real Observatorio Astronómico de Madrid

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:
https://cpage.mpr.gob.es/
Editado en noviembre de 2026.

Publica:
© De esta edición, O. A. Centro Nacional de Información Geográfica, 2026.

Autoría:
© Instituto Geográfico Nacional.
Observatorio Astronómico Nacional.

Diseño y maquetación:
Observatorio Astronómico Nacional, Instituto Geográfico Nacional.

Cubierta:
Composición de varias imágenes del eclipse total de Sol del 12 de agosto de 2026. Durante los instantes anteriores y posteriores a la totalidad se observan el anillo de diamantes y las perlas de Baily, junto con los bordes rojizos de la cromosfera en la que destaca una llamativa protuberancia, mientras que durante la totalidad es visible la corona solar. La imágenes fueron tomadas por Carlos Julián Martín Carrizosa (@carlosj.martin) desde Langosto (Soria).

ISBN: 979-13-7001-135-2
ISSN: 0373-5125
ISSN-e: 2660-5759
NIPO: 198260536
NIPO DIGITAL: 198260541
DEPÓSITO LEGAL: M-7390-1958
DOI: https://doi.org/10.7419/162.36.2026

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.



Calle General Ibáñez de Ibero, 3
28003 - Madrid (España)
ign.es / cnig.es
consulta@cnig.es

ANUARIO
DEL
REAL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO
DE MADRID

2027



GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

Posiciones geográficas

REAL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE MADRID
(Centro del piso de la rotonda del edificio Villanueva) [1]

Latitud	+40°24′30″,0	
Longitud[2]	−03°41′16″,5	$-14^{m}45^{s},10$
Altitud	655,36 m	

OBSERVATORIO DE YEBES
(Centro del radomo del radiotelescopio de 14 m)

Latitud	+40°31′31″,2	
Longitud	−03°05′17″,3	$-12^{m}21^{s},15$
Altitud	931 m	

ESTACIÓN DE OBSERVACIÓN DE CALAR ALTO
(Coordenadas del telescopio de 1,52 m)

Latitud	+37°13′27″,1	
Longitud	−02°32′53″,9	$-10^{m}11^{s},59$
Altitud	2 165 m	

[1] Estas coordenadas se refieren a la señal NP26 de la nivelación de precisión que enlaza el nivel medio del mar en Alicante y Madrid. Dicha señal es un clavo de bronce empotrado en el centro de la rotonda del "Edificio Villanueva", sede histórica del Real Observatorio 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.

[2] La longitud se considera positiva al este y negativa al oeste del meridiano que pasa por Greenwich.

Prólogo

El 2026 quedará para el Observatorio Astronómico Nacional como un año especialmente intenso, marcado por el eclipse total de Sol del 12 de agosto. Durante los últimos años, el Observatorio ha participado activamente en la preparación del excepcional trío de eclipses solares 2026-2027-2028, mediante la realización de los cálculos astronómicos -que permiten conocer con precisión la visibilidad de estos fenómenos desde cualquier punto de España-, así como a través de numerosísimas actividades de divulgación, formación y asesoramiento.

Todo este trabajo tuvo un momento culminante el pasado 12 de agosto, cuando la sombra de la Luna atravesó buena parte de nuestro país y millones de personas pudimos contemplar este fenómeno astronómico excepcional. El Observatorio de Yebes fue elegido como sede oficial para el seguimiento institucional y científico del eclipse. Allí nos reunimos científicos, representantes de las Administraciones, medios de comunicación y numerosos invitados para seguir y retransmitir un acontecimiento que convirtió durante unos minutos a España en un inmenso laboratorio científico. Para quienes trabajamos en el OAN, fue la culminación de años de preparación y una ocasión especialmente emocionante para comprobar cómo el conocimiento astronómico puede proyectarse sobre toda la sociedad.

Este año nos ha traído además otro motivo de satisfacción institucional: el pasado 8 de enero, Laura Barbas, perteneciente al Cuerpo de Astrónomos del Estado, tomó posesión como directora general del Instituto Geográfico Nacional. Su nombramiento es motivo de especial orgullo para todos quienes formamos parte del OAN.

La intensa actividad desarrollada en torno al eclipse no ha supuesto, de ninguna manera, una interrupción de la investigación que constituye la razón de ser del Observatorio. Nuestros grupos científicos continúan desarrollando una actividad de primer nivel en radioastronomía galáctica y extragaláctica, estudiando la formación y evolución de las estrellas, la estructura del medio interestelar y los procesos que gobiernan la evolución de las galaxias.

Este Anuario recoge, una vez más, una parte de ese trabajo. Al hojear estas páginas y hacer balance de un año tan singular, no puedo dejar de sentir la satisfacción de haber contribuido durante tantos años a una institución con una historia tan larga y, sobre todo, con un futuro científico tan prometedor. El OAN continúa su camino, fiel a su tradición y abierto a nuevos retos, con una comunidad científica joven y preparada para seguir explorando el Universo.

Rafael Bachiller
Director del Observatorio Astronómico Nacional
Octubre de 2026

Información sobre esta edición

Para obtener más información relativa a las actividades y áreas de investigación científica del Observatorio Astronómico Nacional, su patrimonio histórico, sus publicaciones científicas y divulgativas, así como la información al público sobre las efemérides astronómicas, visite la página web:

https://astronomia.ign.es

También, están disponibles para descargar gratuitamente las ediciones del Anuario desde el 2009 hasta el año actual y los artículos de divulgación desde el año 1994:

https://astronomia.ign.es/web/guest/oan/anuario

Para obtener la información astronómica oficial, calculada por el Observatorio Astronómico Nacional, relativa al trio de eclipses de los años 2026, 2027 y 2028, visite la página web:

https://eclipses.ign.es

La correspondencia sobre este Anuario debe ser enviada a:

Anuario del Real 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.

La maquetación y las ilustraciones de este Anuario han sido confeccionadas por José Antonio Bolonio. Las imágenes del capítulo 1 sobre la visibilidad de los planetas, los eclipses de sol en Gran Canaria y Ceuta, junto con las del capítulo 5 relativas a las posiciones heliocéntricas, las orientaciones, tamaños y trayectorias de los planetas han sido generadas por Tomás Alonso Albi.

Pedro Pablo Campo Díaz (autor).
Astrónomo.

María Sánchez Ramos (coordinadora).
Astrónoma.

Observatorio Astronómico Nacional (IGN)

Astrónomos del OAN a fecha de 1 de octubre de 2026

Bachiller García, Rafael, *Director*

Alcolea Jiménez, Javier
Aller Egea, Alba
Alonso Albi, Tomás
Baño Esplugues, Gisela
Campo Díaz, Pedro Pablo
Castrillo Varona, Asier
Desmurs, Jean-François
Díaz Luis, José Jairo
Espósito, Federico
Fuente Juan, María Asunción (excedencia temporal)
Gallardo Cava, Iván
García Burillo, Santiago
García Miró, Cristina
Gómez Garrido, Miguel
Jiménez Donaire, María Jesús (excedencia temporal)
Marcelino Lluch, Nuria
Pérez Díez, Víctor
Querejeta Pérez, Miguel
Rioja Capellán, María José (servicios especiales)
Rivière Marichalar, Pablo
Rodríguez Baras, Marina (excedencia temporal)
Ruiz García, Marina
Sánchez Ramos, María
Santamaría Miranda, Alejandro
Santander García, Miguel
Tafalla García, Mario
Tarrío Alonso, Paula
Tercero Martínez, Belén
Usero Villanueva, Antonio
Vidal García, Alba

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

1. Fenómenos celestes del año 17
1.1. El cielo de 2027 19
Convenios 19
Inicio de las estaciones 19
Perihelio y afelio 20
Fases de la Luna 20
Eclipses 21
Órbitas de los planetas 22
Entrada del Sol en los signos del zodíaco 24
1.2. Visibilidad de los planetas en 2027 24
1.3. Ocultaciones por la Luna o el Sol en 2027 40
Ocultaciones de planetas por la Luna 40
Ocultaciones de planetas por el Sol 41
Ocultaciones de grandes asteroides por la Luna 42
Ocultaciones de estrellas brillantes por la Luna 42
Características de las ocultaciones fuera de Madrid 44
1.4. Fenómenos astronómicos día a día 45
1.5. Eclipses de Sol 70
Magnitud de los eclipses de Sol 70
Mapas y tablas de los eclipses de Sol 71
Eclipses de Sol en 2027 72
Eclipses de Sol en los próximos años 78
Eclipses de Sol visibles en España en los próximos años . . . 79
1.6. Eclipses de Luna 80
Magnitud de los eclipses de Luna. 81
Mapas y tablas de los eclipses de Luna 81
Eclipses de Luna en 2027. 81
Eclipses de Luna en los próximos años 86
1.7. Tránsitos 86

2. La medida del tiempo. 89
2.1. Escalas de tiempo 91
Escala atómica: TAI 91
Escalas dinámicas: TE $\simeq$ TDT $\simeq$ TT, TDB 91
Escala ligada a la rotación de la Tierra: TU (UT1) 92
Escala de difusión mundial: UTC 93
Tiempo sidéreo: θ_v, θ_m 95
Tiempos solares 97
Emisores de señales de tiempo 98
Relaciones válidas en el año 100
2.2. Tiempo oficial y husos horarios 101
La hora en España 107

2.3. Tablas de tiempos 108
2.4. Los calendarios 120
Escritura numérica de fechas 120
Numeración de las semanas 121
2.5. Día juliano 121
2.6. Calendarios del mundo 124
Calendario gregoriano 124
Calendario católico para 2027 124
Calendario juliano 126
Cronología 127
Calendario musulmán 127
Calendario hebreo 129
Calendario perpetuo 131

3. Tierra 135

3.1. Parámetros físicos de la Tierra 139
Forma y tamaño 139
Luminosidad 141
Masa y momento de inercia 142
Gravedad 142
Campo magnético 143
3.2. Atmósfera 145
Estructura y composición 145
Refracción atmosférica 147
3.3. Rotación terrestre 150
Datos generales 150
Precesión y nutación 150
Variaciones irregulares de la rotación terrestre 156
3.4. Traslación terrestre 157
Parámetros orbitales medios J2000 157
Distancias al Sol 158
Tiempos 158
Velocidades 158
Corrección de las coordenadas por aberración anual 158
3.5. Satélites artificiales 159
3.6. Posiciones geográficas 161
Ciudades españolas 161
Observatorios astronómicos profesionales españoles 163
Observatorios astronómicos profesionales internacionales . 164

4. Sol y Luna 167

4.1. Datos solares 171
Elementos medios de la órbita para 2027 171
Longitud verdadera (error < 30″) 171

Duración de los años. 171
Distancia media. 171
Datos físicos 171
Rotación 172
Luminosidad. 172
Fotosfera solar 173
Campo magnético solar. 173
Viento solar 173
Movimiento del Sol. 173
Elementos químicos en el sistema solar 174
Constantes para la época J2000.0 174
4.2. Efemérides solares diarias para el año 2027 175
Cálculos aproximados 176
4.3. Fórmulas para cálculos aproximados 189
4.4. Ortos, ocasos y pasos del Sol por el meridiano 191
Cálculo de orto y ocaso del Sol 191
Paso del Sol por el meridiano 197
Crepúsculos 197
Tiempo de insolación (o duración del día) 199
4.5. Rotaciones sinódicas y manchas solares 201
Rotaciones sinódicas del Sol. 201
Manchas solares 201
4.6. Datos lunares 203
Elementos medios de la órbita para 2027 203
Coordenadas eclípticas verdaderas 203
Distancia 203
Otros datos orbitales 203
Traslación y rotación 204
Datos físicos 204
Datos fotométricos. 205
Distancia, semidiámetro y paralaje horizontal de la Luna . . 205
4.7. Coordenadas topocéntricas de la Luna 207
4.8. Efemérides de la Luna para 2027 208
4.9. Ortos, ocasos y pasos de la Luna por el meridiano. 221
Cálculo del orto y ocaso de la Luna. 221
Paso de la Luna por el meridiano. 224
4.10. Fases de la Luna. 225
4.11. Perigeos y apogeos. 226
Valores extremos en los siglos XX y XXI. 227

5. Planetas y satélites 229

5.1. Datos planetarios. 233
Sistema planetario 233
Elementos orbitales 233

Datos físicos 237
Fórmulas 239
5.2. Efemérides planetarias para el año 240
Brillo. 241
Iluminación 241
Orientación 241
5.3. Ortos, ocasos y pasos de los planetas por el meridiano. . . . 256
Cálculo del orto y ocaso de los planetas. 256
Paso de los planetas por el meridiano. 257
5.4. Situación y apariencia de los planetas 258
Posición heliocéntrica de los planetas. 258
Orientaciones y tamaños de los planetas. 259
Trayectorias de los planetas a lo largo del año 260
5.5. Satélites naturales 262
Nombres de los satélites 262
Elementos orbitales y datos físicos de los satélites 265
Posiciones relativas de los satélites galileanos de Júpiter . . 272
Posiciones relativas de los satélites de Saturno. 278

6. Objetos menores del sistema solar 285

6.1. Estadísticas de objetos menores 289
6.2. Planetas enanos 289
Elementos orbitales y físicos de los planetas enanos 290
Efemérides de los planetas enanos. 293
6.3. Asteroides 298
Asteroides cercanos a la Tierra 301
Efemérides de los asteroides 302
6.4. Cometas 311
Cometas periódicos que pasan por su perihelio 311
Cometas de largo periodo 312
Cometas de corto periodo 313
6.5. Meteoros y lluvias de meteoros. 318

7. Estrellas y galaxias 321

7.1. Constelaciones 325
7.2. Estrellas con nombre propio 334
Estrellas con nombre propio ordenadas por constelación . . 337
7.3. Estrellas más cercanas 339
7.4. Estrellas con mayor movimiento propio 340
7.5. Estrellas brillantes. 341
7.6. Estrellas dobles. 348
7.7. Estrellas variables 352
Variables eruptivas. 352

Variables pulsantes 352
Variables rotantes 352
Variables cataclísmicas 353
Variables eclipsantes 353
Variables emisoras de rayos X. 353
Efemérides β Lyrae, β Persei y estrellas Mira 354
7.8. Estrella Polar 359
Consideraciones previas 359
Predicción de las coordenadas horizontales de la Polar . . . 360
Determinación de la latitud 360
Determinación de la meridiana 360
Coordenadas Hipparcos y otros parámetros. 361
Posiciones aparentes de la Polar 361
7.9. La Vía Láctea 364
Características de la Vía Láctea 364
Cúmulos estelares 366
Nebulosas 368
Nubes moleculares. 371
Épocas de observación 372
Catálogo Messier de objetos difusos 372
7.10. Objetos extragalácticos 376
Galaxias 376
Cuásares y otros objetos lejanos 383
Cúmulos y supercúmulos de galaxias 384
Tabla comparativa de distancias extragalácticas 386
Los objetos más lejanos. 388
7.11. Moléculas en el espacio 390

8. Artículos de divulgación 397
Así se vivió el eclipse del 12 de agosto de 2026. 399
Las estrellas dobles 421
Cuando el Sol se pone 445

Datos astronómicos 479
Constantes físicas y astronómicas 480
Factores de conversión de interés práctico 481
Relación entre diferencia de magnitud y razón de brillo . . . 482
Prefijos del Sistema Internacional de Unidades. 482
Equivalencias de distancias 483
Interpolación 485

Eventos en el Observatorio. 489

Índice alfabético de materias 493



CAPÍTULO 1

Fenómenos celestes del año





El Sol se oculta bajo el horizonte durante el eclipse total del 12 de agosto de 2026.
Imagen tomada por Vega Díaz de Juana desde Valfermoso de Tajuña (Guadalajara).

1.1. El cielo de 2027

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 que muestra el aspecto del cielo tras anochecer, y, finalmente, una descripción de los eclipses de Sol y de Luna que tendrán lugar durante el año.

Convenios

Tanto en esta sección como en el resto del ANUARIO se han utilizado los siguientes convenios:

- La **escala de tiempos** usada para dar los **instantes** y las **fechas** de todas las efemérides es la escala de **Tiempo Universal** (UT1), salvo si se indica otra.
- Con respecto a las **coordenadas geográficas**, la **latitud** se considera positiva al norte y negativa al sur del ecuador terrestre, tomando valores entre −90° y +90°. La **longitud** está referida al meridiano de Greenwich; se considera positiva al este y negativa al oeste de dicho meridiano, tomando valores entre −180° y +180° 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:

$$\text{día juliano} = 2\,461\,405{,}5 + \text{día del año} + \text{TU}/24^h$$

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, respectivamente) 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 Septiembre	Invierno Diciembre
XX	2000	$20^{d}\ 07^{h}\ 35^{m}$	$21^{d}\ 01^{h}\ 48^{m}$	$22^{d}\ 17^{h}\ 28^{m}$	$21^{d}\ 13^{h}\ 37^{m}$
(1901-2000)	1903	$21^{d}\ 19^{h}\ 15^{m}$	$22^{d}\ 15^{h}\ 05^{m}$	$24^{d}\ 05^{h}\ 44^{m}$	$23^{d}\ 00^{h}\ 21^{m}$
XXI	2096	$19^{d}\ 14^{h}\ 03^{m}$	$20^{d}\ 06^{h}\ 31^{m}$	$21^{d}\ 22^{h}\ 55^{m}$	$20^{d}\ 20^{h}\ 46^{m}$
(2001-2100)	2003	$21^{d}\ 01^{h}\ 00^{m}$	$21^{d}\ 19^{h}\ 10^{m}$	$23^{d}\ 10^{h}\ 47^{m}$	$22^{d}\ 07^{h}\ 04^{m}$

Inicio de las estaciones 2027

Hemisferio boreal	Fecha y hora en Tiempo Universal (TU)	Hemisferio austral	duración en días
Primavera	20 de marzo a las $20^{h}\ 25^{m}$	Otoño	92,74
Verano	21 de junio a las $14^{h}\ 11^{m}$	Invierno	93,66
Otoño	23 de septiembre a las $06^{h}\ 02^{m}$	Primavera	89,86
Invierno	22 de diciembre a las $02^{h}\ 42^{m}$	Verano	88,98

La duración de las estaciones apenas varía de un año a otro. En la tabla anterior 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 dio 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 dio el 4 de julio de 2019.

Órbita de la Tierra 2027

Perihelio (distan. mínima)	3 de enero a las 02^{h} TU	0,983333 ua
Afelio (distan. máxima)	5 de julio a las 05^{h} TU	1,016729 ua

ua = unidad astronómica = 149 597 870 km

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.

Fases de la Luna 2027

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	07 20 24	Ene	15 20 34	Ene	22 12 17	Ene	29 10 56
Feb	06 15 56	Feb	14 07 58	Feb	20 23 24	Feb	28 05 17
Mar	08 09 30	Mar	15 16 25	Mar	22 10 44	Mar	30 00 54
Abr	06 23 51	Abr	13 22 57	Abr	20 22 27	Abr	28 20 18
May	06 10 59	May	13 04 44	May	20 10 59	May	28 13 58
Jun	04 19 40	Jun	11 10 56	Jun	19 00 45	Jun	27 04 54
Jul	04 03 02	Jul	10 18 39	Jul	18 15 45	Jul	26 16 55
Ago	02 10 05	Ago	09 04 54	Ago	17 07 29	Ago	25 02 27
Ago	31 17 41	Sep	07 18 31	Sep	15 23 03	Sep	23 10 21
Sep	30 02 36	Oct	07 11 47	Oct	15 13 47	Oct	22 17 29
Oct	29 13 36	Nov	06 08 00	Nov	14 03 26	Nov	21 00 48
Nov	28 03 24	Dic	06 05 22	Dic	13 16 09	Dic	20 09 11
Dic	27 20 12						

Eclipses

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 2027

Fecha	Astro	Tipo	Visibilidad
Feb 6	Sol	anular	Antártida, América del sur, oeste de África, suroeste de Europa
Feb 20	Luna	penumbral	América, Europa, África, Asia, oeste de Oceanía
Ago 2	Sol	total	Europa, África, sur de Asia
Ago 17	Luna	penumbral	Este de Oceanía, América, oeste de Europa y de África

El eclipse de Sol del 6 de febrero será visible como parcial de baja magnitud desde las islas Canarias, Andalucía, Ceuta y Melilla. El eclipse total de Sol del 2 de agosto será visible en España. La franja de totalidad cruzará el sur de Andalucía, Ceuta y Melilla.

El eclipse de Luna del 20 de febrero será visible en España, aunque al ser penumbral será difícil de apreciar. El eclipse de Luna del 17 de agosto, también penumbral, será visible desde Canarias y desde el centro y oeste de la península, antes de la puesta de la Luna.

Estos eclipses se describen en detalle en las secciones dedicadas a los eclipses de Sol y de Luna.

Órbitas de los planetas

Mercurio

Máximas elongaciones												
Este			Oeste			Este			Oeste			
Feb	3	18º,3	Mar	17	27º,6	May	28	22º,9	Jul	15	20º,7
Sep	24	26º,3	Nov	4	18º,8						

Órbita	
Conjunción superior	Ene 1, Abr 28, Ago 11, Dic 11
Estacionario	Feb 9, Jun 10, Oct 7
Conjunción inferior	Feb 18, Jun 23, Oct 19
Estacionario	Mar 2, Jul 4, Oct 28

Brillo máximo (magnitud V)		
Abr	29	−2,4
Ago	11	−2,0
Dic	11	−1,3

Perihelio	Feb 6, May 5, Ago 1, Oct 28
Afelio	Mar 22, Jun 18, Sep 14, Dic 11

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

Venus

Órbita		
Máxima elongación oeste	Ene 3	47º,0
Conjunción superior	Ago 11	1,732 ua
Máximo acercamiento a la Tierra	Ene 1	0,65344 ua
Perihelio	Ago 7	
Afelio	Abr 17, Nov 27	

Brillo máximo (magnitud V)		
Ene	1	−4,6

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

Marte

Órbita		
Estacionario	Ene 11	
Oposición	Feb 19	0,678 ua
Afelio	Mar 4	1,666 ua
Estacionario	Abr 2	
En nodo descendente	Ago 11	
Estaciones en el hemisferio norte:		
Solsticio de verano	Abr 16	
Equinoccio de otoño	Oct 17	
Máximo acercamiento a la Tierra	Feb 20	0,67792 ua

Brillo máximo (magnitud V)		
Feb	19	−1,3

Planetas exteriores

Planeta	Oposición	Estacion.	Conjunción	Estacion.	Oposición	Estacion.
Júpiter	Feb 11^d00^h	Abr 13^d06^h	Ago 31^d06^h			
Saturno			Abr 07^d17^h	Ago 10^d18^h	Oct 18^d00^h	Dic 25^d03^h
Urano		Feb 08^d14^h	May 27^d06^h	Sep 15^d22^h	Nov 30^d09^h	
Neptuno			Mar 24^d23^h	Jul 10^d16^h	Sep 28^d14^h	Dic 15^d22^h

Planeta	Distancia media al Sol (ua)	Brillo medio en magnitudes	Constelaciones recorridas
Júpiter	5,4	−2,0	Cáncer/Leo/Virgo
Saturno	9,4	+0,5	Cetus/Piscis
Urano	19,4	+5,7	Tauro
Neptuno	29,9	+7,8	Piscis

La Luna ocultará a Mercurio los días 8 de febrero, 1 de agosto, y 28 de diciembre, a Venus el 2 de agosto y 30 de noviembre, a Marte el 29 de diciembre, y a Júpiter los días 20 de febrero, 19 de marzo, 15 de abril y 12 de mayo.

Urano será ocultado por el Sol en su conjunción, el 27 de mayo.

El día 10 de febrero se producirá el máximo acercamiento anual de Júpiter a la Tierra, alcanzando un diámetro de 45″,2. Para Saturno esto tendrá lugar el 18 de octubre, con un diámetro de 20″,0.

Entrada del Sol en los signos del zodíaco

El zodíaco es una banda de la esfera celeste de 18º de anchura centrada en la eclíptica. Esta se divide convencionalmente en doce partes iguales denominadas *signos* que corresponden a arcos de 30º 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 30º con su posición verdadera, que se debe a la precesión de los equinoccios. Más de la mitad de tales constelaciones tiene nombre de animal, de ahí la denominación *zodíaco* dada a tal banda. A pesar del significado que se le atribuyen a estos signos, no existe ninguna evidencia científica de que tengan ningún efecto sobre nosotros.

Entrada del Sol en los signos del zodíaco (TU)

Acuario	Ene	20^{d}	07^{h}	30^{m}	Leo	Jul	23^{d}	01^{h}	05^{m}
Piscis	Feb	18^{d}	21^{h}	33^{m}	Virgo	Ago	23^{d}	08^{h}	14^{m}
Aries	Mar	20^{d}	20^{h}	25^{m}	Libra	Sep	23^{d}	06^{h}	02^{m}
Tauro	Abr	20^{d}	07^{h}	18^{m}	Escorpio	Oct	23^{d}	15^{h}	33^{m}
Géminis	May	21^{d}	06^{h}	18^{m}	Sagitario	Nov	22^{d}	13^{h}	16^{m}
Cáncer	Jun	21^{d}	14^{h}	11^{m}	Capricornio	Dic	22^{d}	02^{h}	42^{m}

1.2. Visibilidad de los planetas en 2027

Planeta	En el crepúsculo matutino	En el crepúsculo vespertino
Mercurio		Ene 16 – Feb 12
	Feb 27 – Abr 14	May 6 – Jun 11
	Jul 3 – Ago 4	Ago 21 – Oct 6
	Oct 26 – Nov 25	Dic 28 – Dic 31
Venus	Ene 1 – Jul 6	Sep 17 – Dic 31
Marte	Ene 1 – Mar 1	Feb 16 Dic 31
Júpiter	Ene 1 – Feb 14	Feb 9 – Ago 17
	Sep 14 – Dic 31	
Saturno		Ene 1 – Mar 20
	Abr 29 – Oct 22	Oct 11 – Dic 31
Urano		Ene 1 – Abr 29
	Jun 27 – Dic 6	Nov 23 – Dic 31

En la tabla anterior se indican las fechas para las cuales los planetas cuya magnitud sea inferior a 6 resultan visibles antes de la salida (orto) del Sol, o bien después de la puesta (ocaso) del Sol. Se han descartado aquellas fechas para las cuales el planeta considerado está excesivamente cerca del Sol y aquellas para las cuales el planeta no es suficientemente brillante como para ser visible (a simple vista) 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 6º 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.

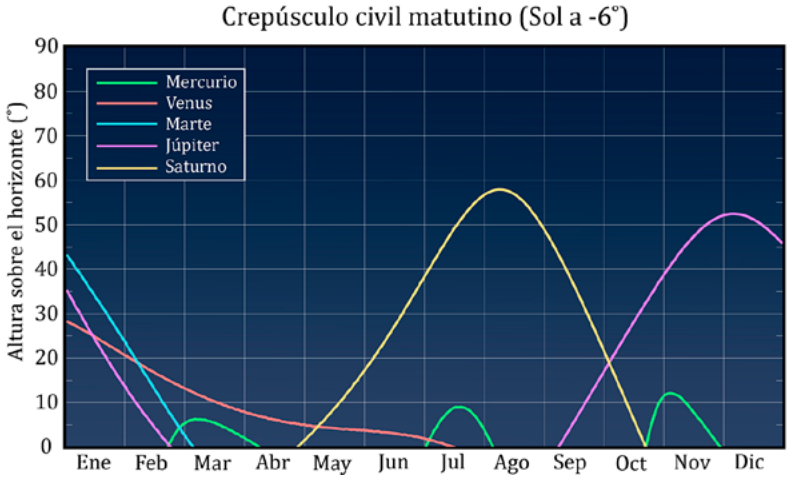
En el año 2027 Mercurio será visible en diversas ocasiones antes de amanecer, como se indica en la tabla y en las ilustraciones siguientes. El brillo es mayor hacia el final de cada uno de los periodos, lo que hace más favorable la observación. Será también visible en varias épocas en el crepúsculo vespertino, siendo su brillo mayor al principio de cada periodo.

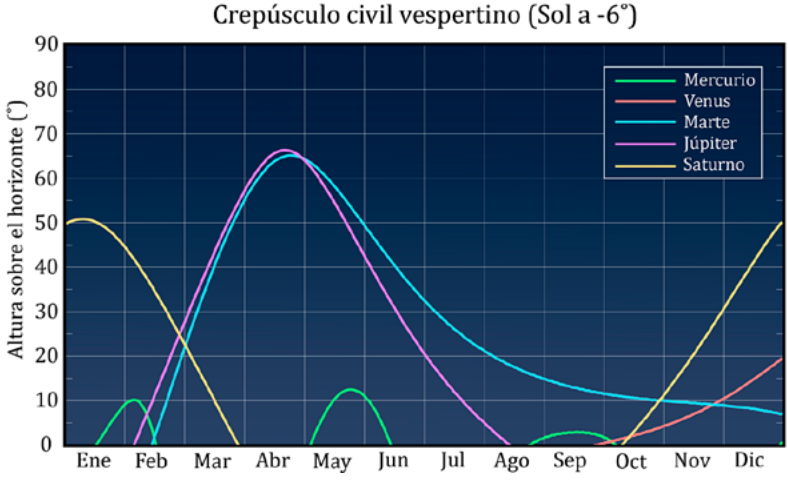
Venus se verá como lucero matutino desde principios de año hasta comienzos de julio, disminuyendo su brillo desde el 1 de enero (magnitud −4,6). Como lucero vespertino podrá observarse desde mediados de septiembre hasta fin de año, aumentando su brillo hasta el último día del año (magnitud −4,0).

Marte será visible al amanecer hasta el 1 de marzo, alcanzando su brillo máximo el 19 de febrero (magnitud −1,3). Desde el 16 de febrero hasta esa fecha será visible toda la noche, y se podrá observar desde el atardecer el resto del año, poniéndose cada vez más temprano.

Júpiter se podrá observar al amanecer desde el comienzo del año hasta mediados de febrero, y desde mediados de septiembre hasta el final del año. Podrá observarse toda la noche a principios de febrero. Estará en el cielo vespertino desde comienzos de febrero hasta mediados de agosto.

Saturno será visible al atardecer desde enero hasta mediados de marzo, y desde mediados de octubre. Se verá al amanecer desde finales de abril hasta mediados de octubre, momento en que podrá observar durante toda la noche. La inclinación media de sus anillos será de −12º.





Visibilidad de los planetas mes a mes

Enero	Se podrán observar al amanecer Venus, Marte y Júpiter. Saturno y Urano se verán al atardecer, al igual que Mercurio desde mediados de mes.
Febrero	Venus y Marte serán visibles al amanecer, junto con Júpiter la primera mitad del mes, y Mercurio desde los últimos días del mes. Al atardecer podremos encontrar a Saturno y Urano, además de a Mercurio hasta mediados de mes. Júpiter y Marte se les unirán desde la segunda y tercera semanas. Júpiter será visible toda la noche durante la segunda semana, y Marte en la segunda quincena.

Visibilidad de los planetas mes a mes

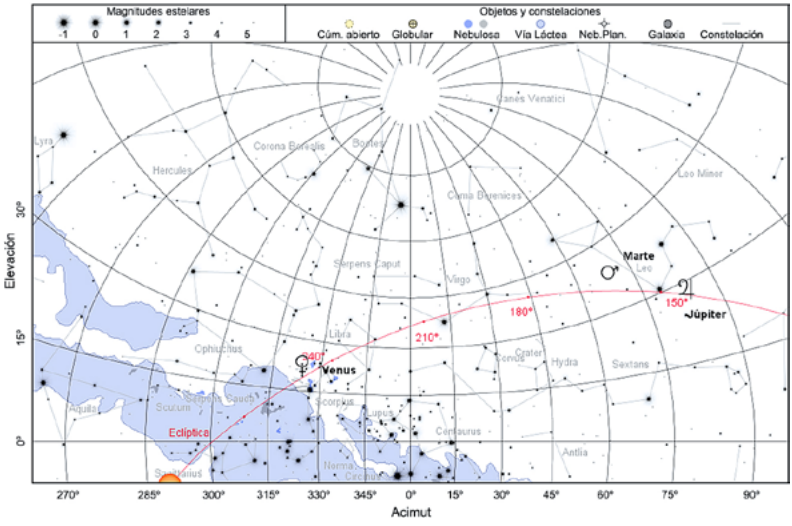
Marzo	Mercurio y Venus se podrán contemplar en el cielo matutino. Marte, Júpiter y Urano serán visibles al atardecer, al igual que Saturno hasta mediados de mes.
Abril	Venus, acompañado de Mercurio hasta mediados de mes, serán los luceros matutinos. Saturno se les unirá los últimos días del mes. Marte, Júpiter y, hasta finales de mes, Urano serán los vespertinos.
Mayo	Al amanecer serán visibles Venus y Saturno. Al atardecer lo serán Marte y Júpiter, junto con Mercurio desde finales de la primera semana.
Junio	Venus, Saturno y, desde finales de mes, Urano, se podrán observar al amanecer. En el atardecer se podrán ver Marte y Júpiter, además de Mercurio durante los primeros días del mes.
Julio	En el cielo matutino podremos contemplar a Mercurio, Saturno y Urano y, durante la primera semana, Venus. En el vespertino Marte y Júpiter.
Agosto	Al amanecer serán visibles Saturno y Urano, junto con Mercurio los primeros días del mes. En el atardecer será visible Marte, acompañado por Júpiter la primera mitad del mes, y por Mercurio la segunda.
Septiembre	Saturno y Urano se podrán ver al amanecer, acompañados por Júpiter la segunda mitad del mes. Mercurio, Marte y, desde mediados de mes, Venus, se podrán contemplar al atardecer.
Octubre	Júpiter y Urano serán visibles al amanecer, junto con Saturno hasta finales de mes, al igual que Mercurio durante la última semana. Saturno será visible toda la noche en la mitad del mes. Venus y Marte serán visibles al atardecer, junto con Mercurio en la primera semana.
Noviembre	Júpiter y Urano se podrán contemplar al amanecer, junto con Mercurio hasta finales de mes. Venus, Marte y Saturno se verán al atardecer. Urano será visible toda la noche los últimos días del mes.
Diciembre	Júpiter será visible al amanecer. Urano será visible toda la noche los primeros días del mes, y luego se verá al atardecer, acompañado de Venus, Marte, Saturno y, en los últimos días del mes, Mercurio.

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

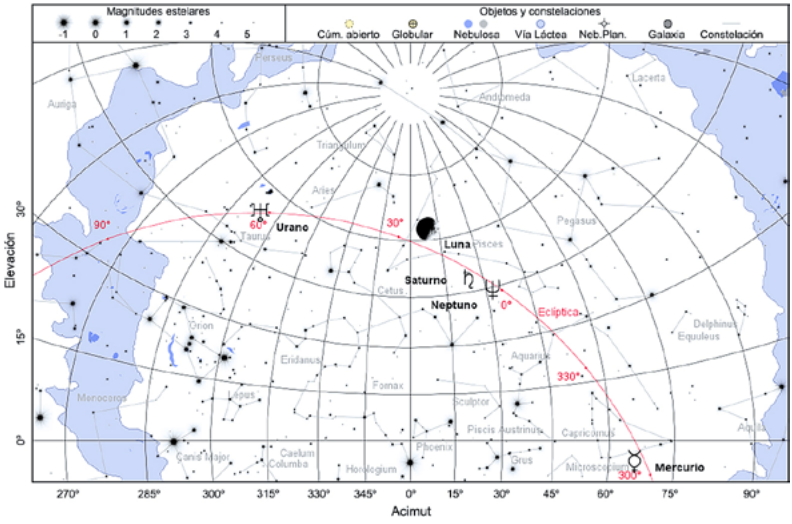
En las páginas siguientes se muestra el aspecto del cielo nocturno meridional en Madrid para el día 15 de cada mes, con indicación de la posición de los planetas visibles a la hora indicada. Esta corresponde a aproximadamente una hora antes de la salida del Sol o una hora después de la puesta del Sol, según corresponda. Se trata de instantes cercanos al crepúsculo naútico, en que la noche es oscura salvo por la posible presencia de la Luna.

La proyección utilizada es la estereográfica y el área del cielo mostrada corresponde a la mitad meridional, cubriendo 180º en acimut. El acimut 0º (centro de la figura) corresponde al sur, el acimut 270º (izquierda) al este y el acimut 90º (derecha) al oeste.

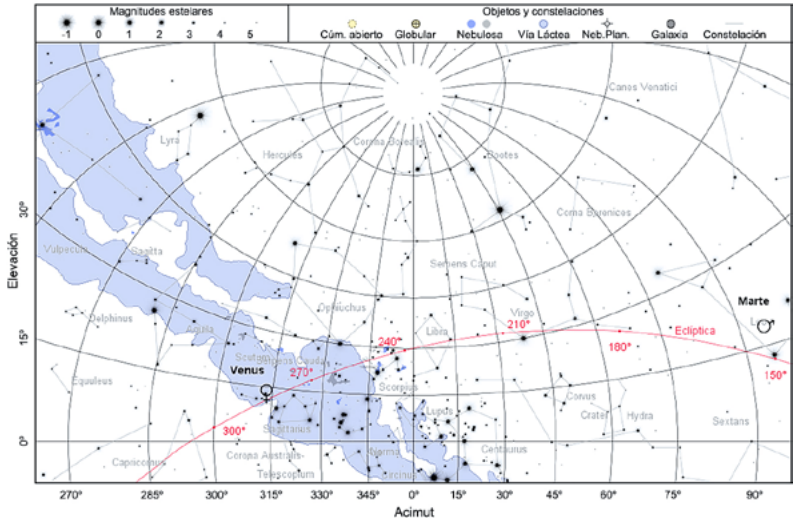
15 de enero de 2027, a las 6:45 TU



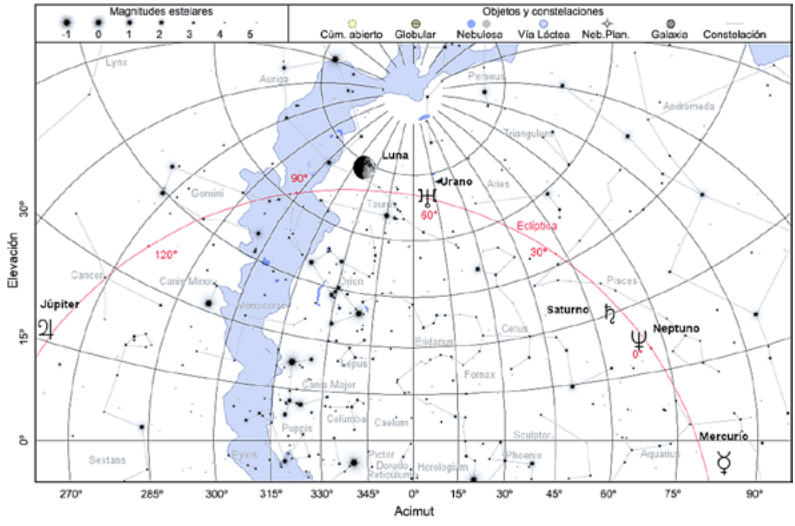
15 de enero de 2027, a las 18:15 TU



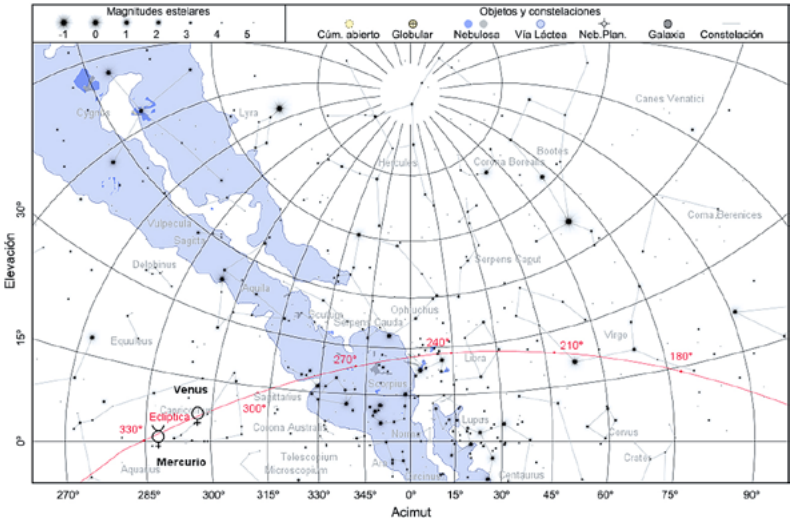
15 de febrero de 2027, a las 6:15 TU



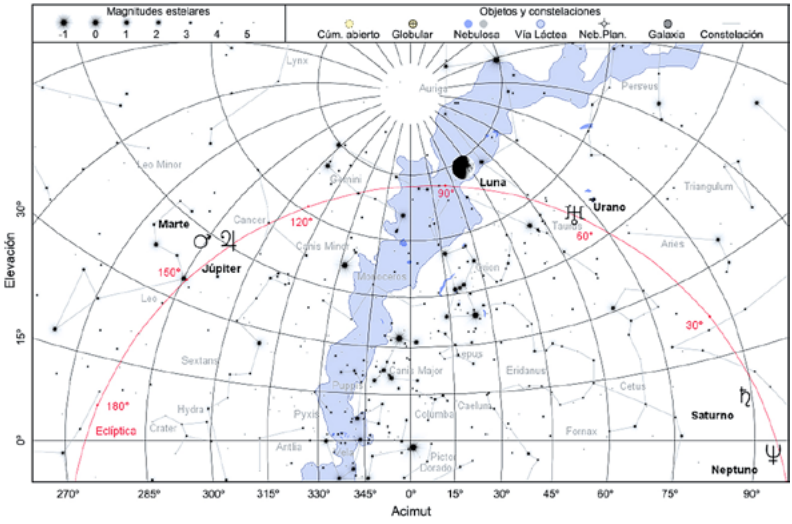
15 de febrero de 2027, a las 18:45 TU



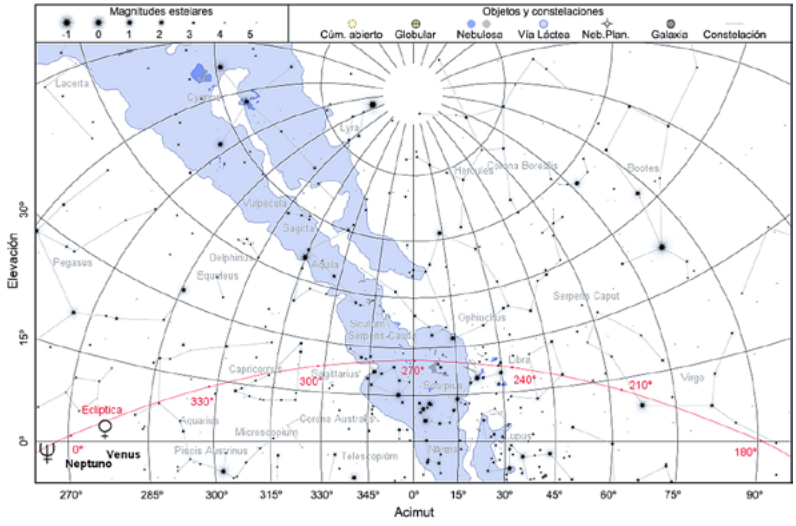
15 de marzo de 2027, a las 5:30 TU



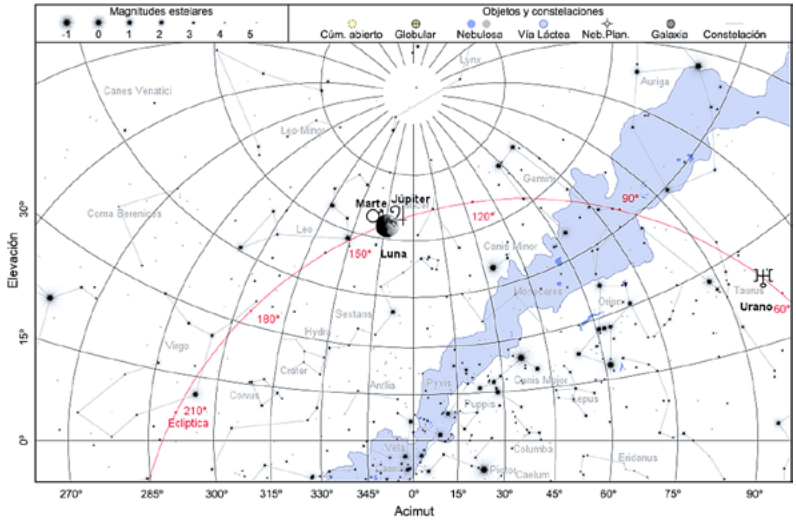
15 de marzo de 2027, a las 19:15 TU



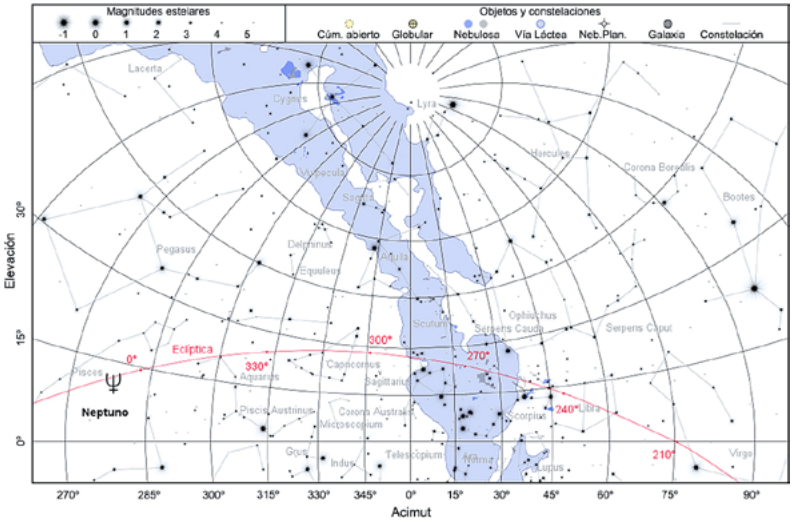
15 de abril de 2027, a las 4:45 TU



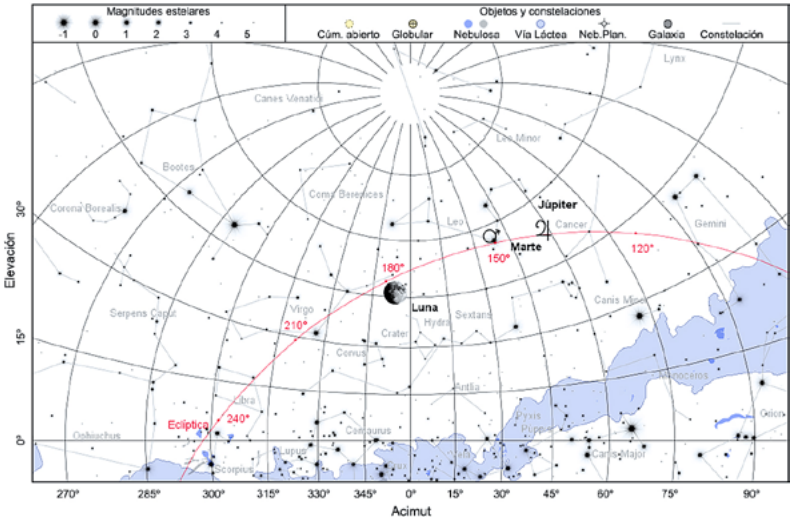
15 de abril de 2027, a las 19:45 TU



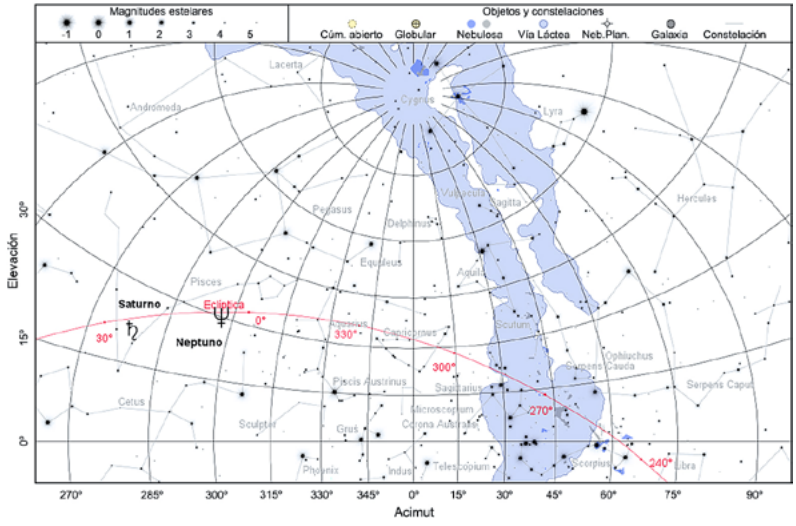
15 de mayo de 2027, a las 4:00 TU



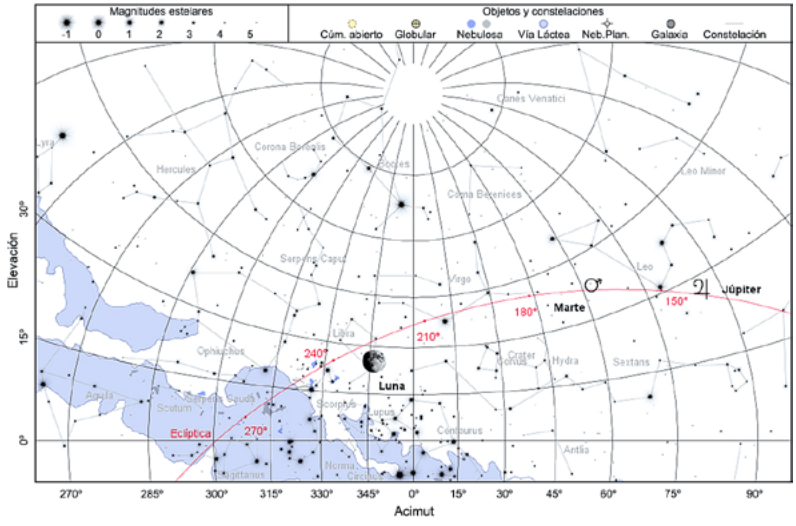
15 de mayo de 2027, a las 20:15 TU



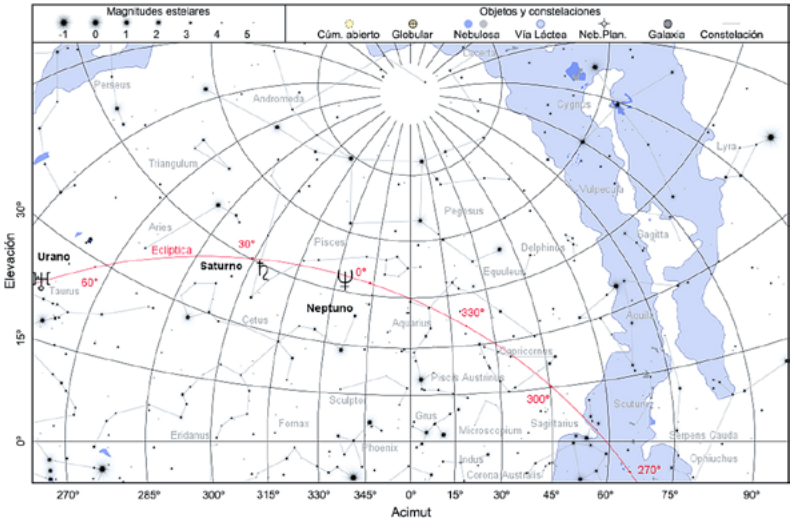
15 de junio de 2027, a las 3:45 TU



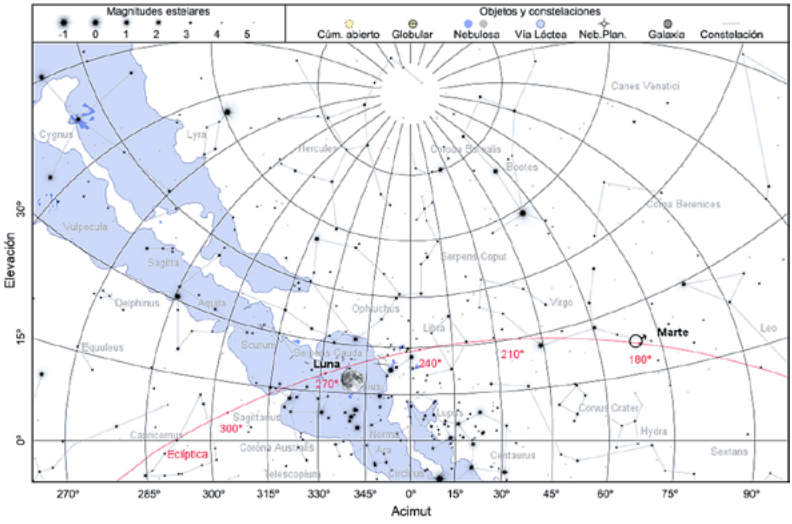
15 de junio de 2027, a las 20:45 TU



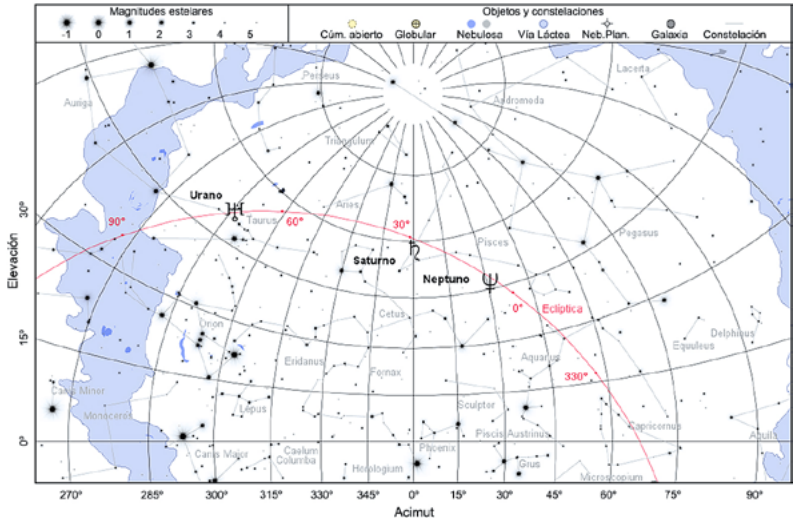
15 de julio de 2027, a las 4:00 TU



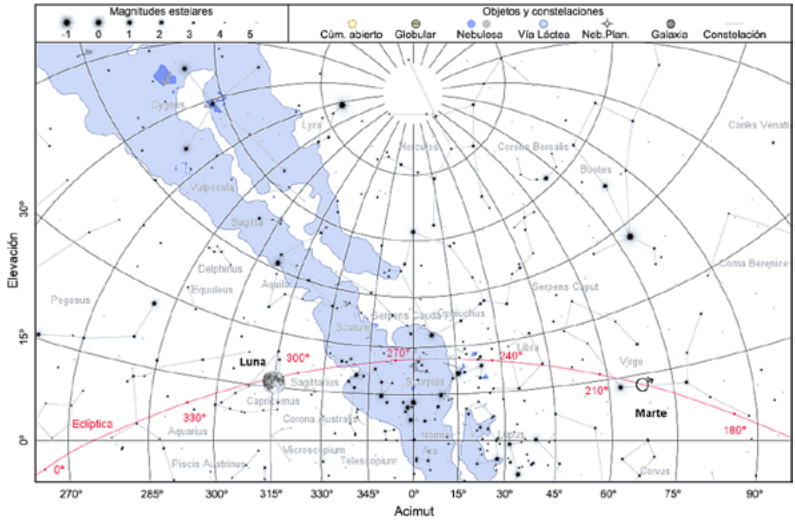
15 de julio de 2027, a las 20:45 TU



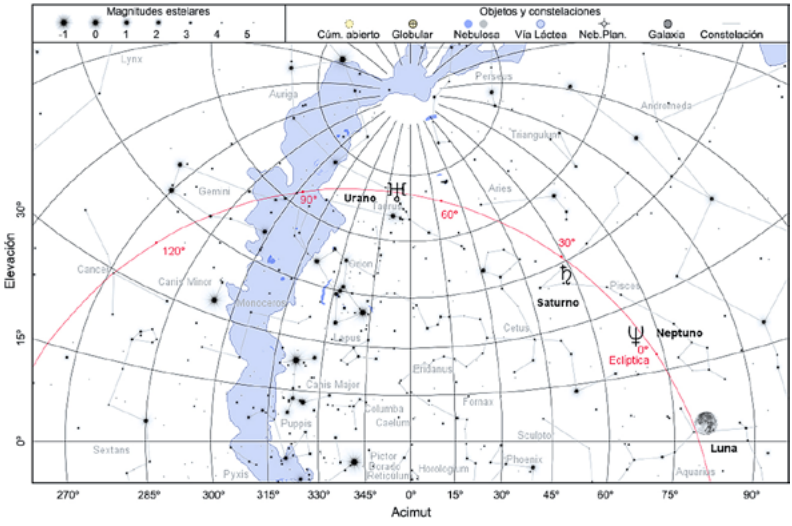
15 de agosto de 2027, a las 4:30 TU



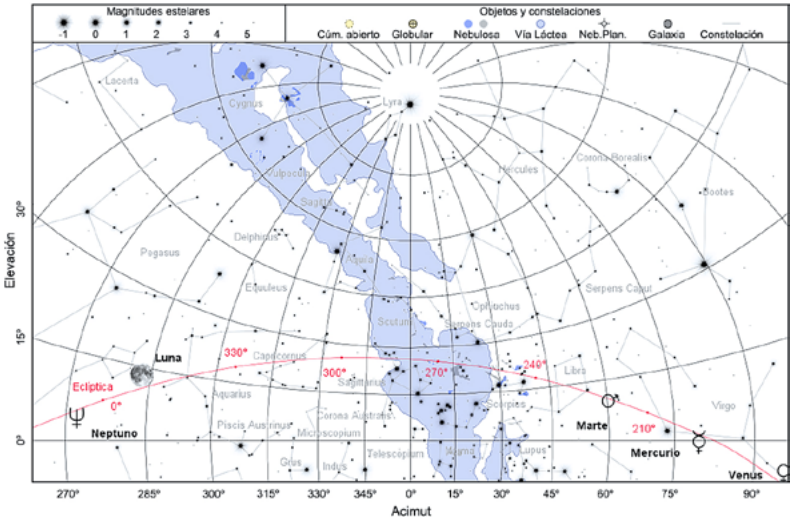
15 de agosto de 2027, a las 20:15 TU



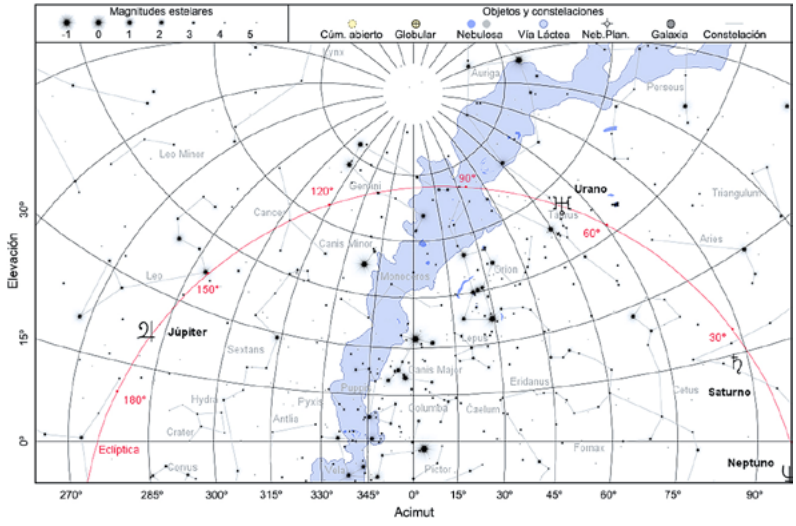
15 de septiembre de 2027, a las 5:00 TU



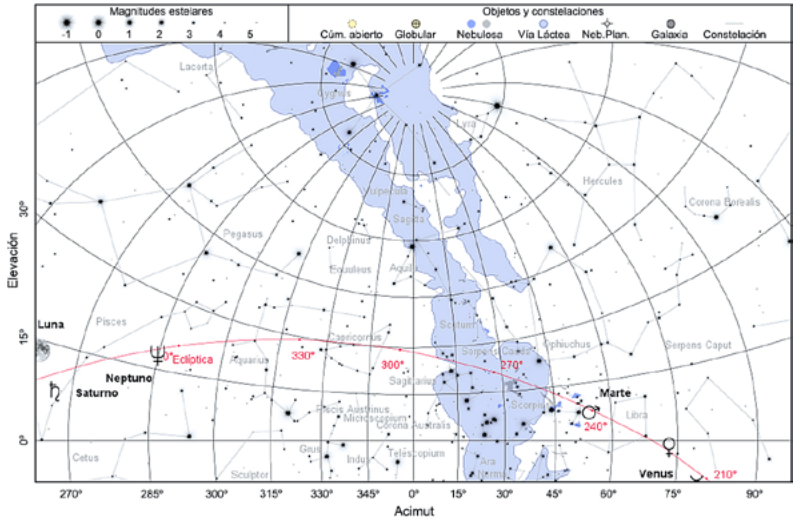
15 de septiembre de 2027, a las 19:15 TU



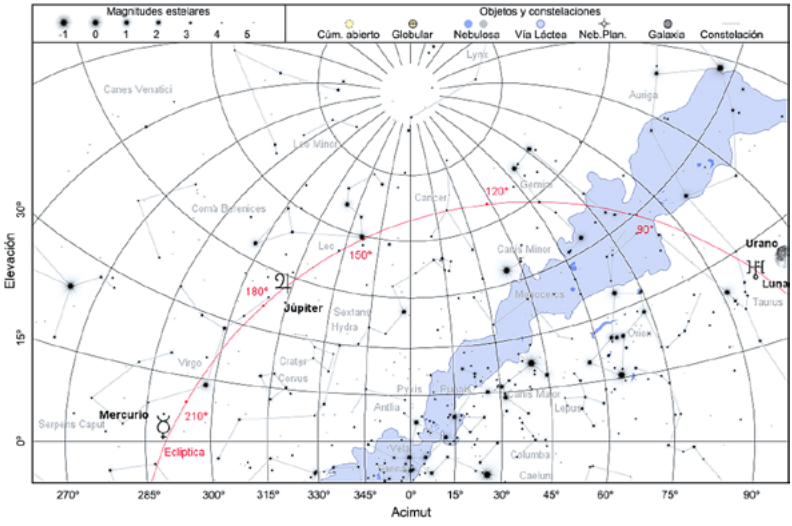
15 de octubre de 2027, a las 5:30 TU



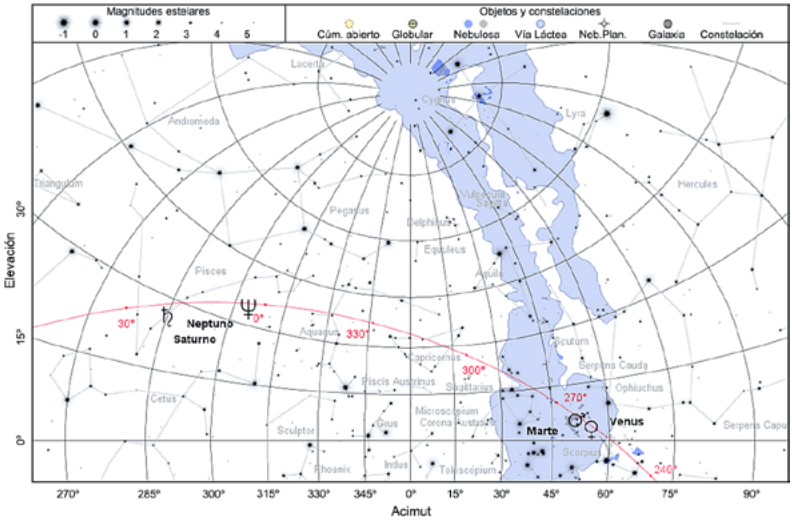
15 de octubre de 2027, a las 18:30 TU



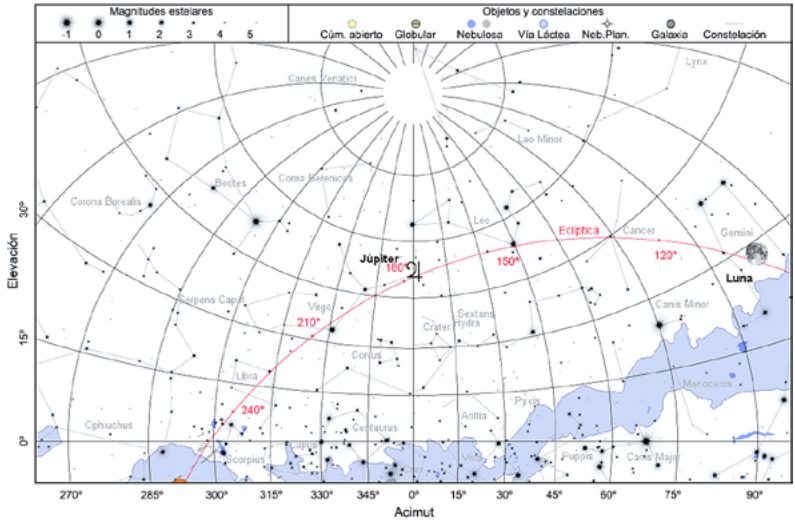
15 de noviembre de 2027, a las 6:00 TU



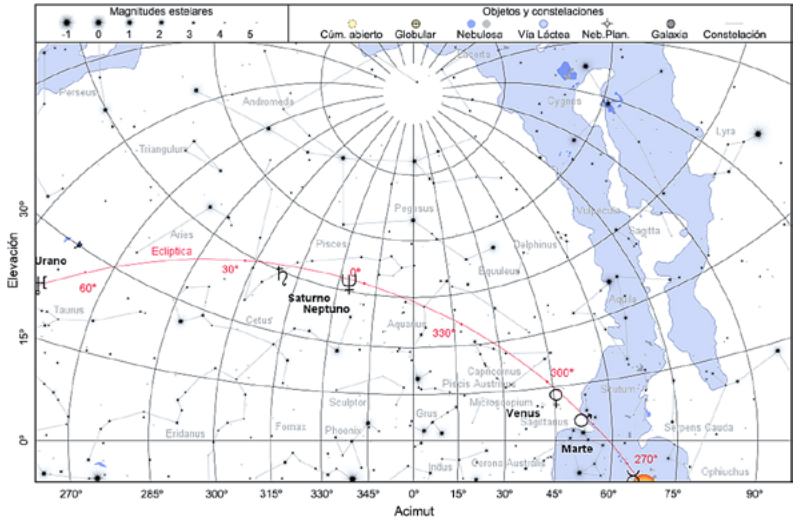
15 de noviembre de 2027, a las 18:00 TU



15 de diciembre de 2027, a las 6:30 TU



15 de diciembre de 2027, a las 17:45 TU



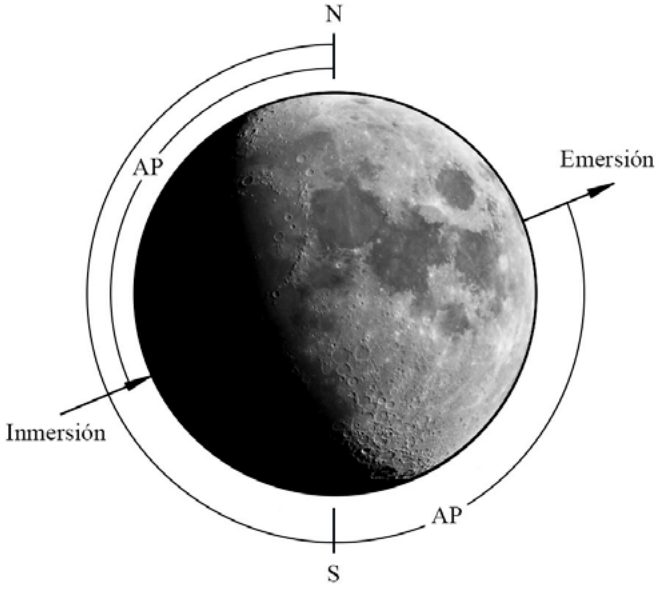
1.3. Ocultaciones por la Luna o el Sol en 2027

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

Ocultaciones de planetas por la Luna

Durante el año 2027 habrá 11 ocultaciones de planetas por la Luna, sus fechas se indican en la siguiente tabla. Ninguna de ellas será visible desde Madrid, pero la ocultación de Marte del 29 de diciembre se podrá observar desde las islas Canarias. El 12 de mayo finalizará una serie de ocultaciones de Júpiter iniciada en septiembre de 2026.

Mercurio es ocultado por la Luna:	Ene 8, Feb 8, Mar 6, Ago 1, Dic 28
Venus es ocultado por la Luna:	Ago 2, Nov 30
Marte es ocultado por la Luna:	Dic 29
Júpiter es ocultado por la Luna:	Feb 20, Mar 19, Abr 15, May 12



El ángulo de posición (A.P.) de la inmersión o la emersión se mide desde el norte en el sentido norte-este-sur-oeste.

La ocultación de Marte visible desde Tenerife tendrá lugar durante el día. La Luna estará comenzando la fase creciente, la inmersión se producirá por el lado oscuro y la emersión por el lado iluminado.

Ocultación de **Marte** en Tenerife

Fase	TU	A.P.	borde ☾	altura	*A*	*B*
29 de diciembre:						
Inmersión	$10^h\,31^m{,}0$	16°	oscuro	14°	$2{,}5^m/°$	$5{,}3^m/°$
Emersión	$11^h\,12^m{,}3$	320°	iluminado	21°	$1{,}3^m/°$	$-2{,}4^m/°$



Ocultaciones de planetas por el Sol

Este año se producirá una ocultación de Urano por el Sol.

Urano será ocultado por el Sol los días 26 y 27 de mayo. El primer contacto se producirá el día 26 a las $23^h46^m{,}5$ TU, la distancia mínima de 6′,4 se dará el día 27 a las $5^h59^m{,}9$ y el último contacto a las $12^h36^m{,}0$ de ese mismo día.

Ocultaciones de grandes asteroides por la Luna

Juno es ocultado por la Luna:	Ene 11
Hygiea es ocultado por la Luna:	Jul 8, Ago 5
Metis es ocultado por la Luna:	Ago 28*
Vesta es ocultado por la Luna:	Sep 25, Oct 23
Flora es ocultado por la Luna:	Oct 23

La ocultación de Metis del día 28 de agosto será visible desde Madrid, aunque tendrá lugar al mediodía.

Ocultación de **Metis** en Madrid

Fase	TU	A.P.	borde ☾	altura	*A*	*B*
28 de agosto:						
Inmersión	$13^h\,11^m{,}8$	45°	oscuro	58°	$2{,}3^m/°$	$0{,}6^m/°$
Emersión	$13^h\,38^m{,}3$	352°	iluminado	55°	$-1{,}2^m/°$	$-3{,}8^m/°$

Ocultaciones de estrellas brillantes por la Luna

Continúa la serie de ocultaciones de Antares comenzada el 25 de agosto de 2023 y que terminará el 27 de agosto de 2028.

- Serie de ocultaciones de **Antares** (α Sco, V=+1,06), NZC 2366:

Ene 4	Ene 31	Feb 28	Mar 27
Abr 23	May 21	Jun 17	Jul 14
Ago 11	Sep 7	Oct 4	Nov 1
Nov 28	Dic 25		

La ocultación de Antares del 28 de noviembre será visible desde las islas Canarias, pero ocurrirá durante el día. Tendrá lugar en luna nueva, por lo tanto la inmersión como la emersión ocurrirán en el lado oscuro.

Ocultación de **Antares** en Tenerife

Fase	TU	A.P.	borde ☾	altura	*A*	*B*
28 de noviembre:						
Inmersión	$10^h\,02^m{,}9$	68°	oscuro	19°	$2{,}2^m/°$	$1{,}8^m/°$
Emersión	$11^h\,05^m{,}5$	326°	oscuro	28°	$0{,}9^m/°$	$-1{,}3^m/°$

- Durante el año 2027 no se producirán ocultaciones de:

  Régulo (α Leo), habrá una nueva serie de ocultaciones a partir del 11 de junio de 2035.

  Aldebarán (α Tau), su próxima serie de ocultaciones comenzará el 18 de agosto de 2033.

  Espiga (α Vir), el 12 de febrero de 2031 se iniciará una nueva serie de ocultaciones.

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

  π Sco, NZC 2287, (V = 2, 9) Mar 27*, Jun 17*, Sep 6*

  ϕ Sgr, NZC 2721, (V = 3, 2) Mar 30*

  σ Sgr, NZC 2750, (V = 2, 0) May 23*

  η Tau, NZC 552, (V = 2, 9) Ago 24*, Nov 14*, Dic 12*

  17 Tau, NZC 537, (V = 3, 7) Ago 24*, Dic 12*

  20 Tau, NZC 541, (V = 3, 9) Ago 24*

  ε Gem, NZC 1030, (V = 3, 2) Sep 24*

  27 Tau, NZC 560, (V = 3, 6) Nov 14*

Las ocultaciones precedentes son visibles en Madrid. No se han considerado las ocultaciones que tienen lugar de día o muy cerca del horizonte y solo se indica el fenómeno (inmersión o emersión) que tiene lugar por el borde oscuro de la Luna.

Características de la ocultación de las Pléyades

Fase	TU	A.P.	borde	altura	*A*	*B*
Agosto 24: 17 Tau, (V = +3,7)						
Emersión	$22^h\ 36^m,1$	255º	oscuro	3º	$-0,5^m/º$	$1,2^m/º$
Agosto 24: 20 Tau, (V = +3,9)						
Emersión	$22^h\ 55^m,3$	300º	oscuro	6º	$-0,5^m/º$	$1,2^m/º$
Agosto 24: η Tau, (V = +2,9)						
Emersión	$23^h\ 24^m,7$	212º	oscuro	10º	$-0,7^m/º$	$2,0^m/º$
Noviembre 14: η Tau, (V = +2,9)						
Emersión	$18^h\ 06^m,2$	319º	oscuro	11º	$0,7^m/º$	$-0,5^m/º$
Noviembre 14: 27 Tau, (V = +3,6)						
Emersión	$18^h\ 56^m,4$	269º	oscuro	20º	$0,2^m/º$	$1,2^m/º$
Diciembre 12: 17 Tau, (V = +3,7)						
Inmersión	$4^h\ 35^m,8$	76º	oscuro	16º	$0,2^m/º$	$-0,8^m/º$
Diciembre 12: η Tau, (V = +2,9)						
Inmersión	$5^h\ 35^m,3$	84º	oscuro	6º	$-0,2^m/º$	$-0,9^m/º$

Características de la ocultación de otras estrellas brillantes

Fase	TU	A.P.	borde	altura	A	B
Marzo 27: π Sco, (V = +2,9)						
Emersión	$1^h\ 14^m{,}2$	330º	oscuro	13º	$0{,}3^m/^o$	$-0{,}6^m/^o$
Marzo 30: ϕ Sgr, (V = +3,2)						
Emersión	$3^h\ 27^m{,}4$	279º	oscuro	10º	$1{,}3^m/^o$	$1{,}0^m/^o$
Mayo 23: σ Sgr, (V = +2,1)						
Emersión	$23^h\ 48^m{,}0$	254º	oscuro	9º	$1{,}4^m/^o$	$1{,}6^m/^o$
Junio 17: π Sco, (V = +2,9)						
Inmersión	$1^h\ 33^m{,}7$	66º	oscuro	12º	$1{,}2^m/^o$	$-0{,}6^m/^o$
Septiembre 6: π Sco, (V = +2,9)						
Inmersión	$20^h\ 43^m{,}3$	59º	oscuro	7º	$0{,}7^m/^o$	$-0{,}5^m/^o$
Septiembre 24: ε Gem, (V = +3,1)						
Emersión	$3^h\ 00^m{,}4$	233º	oscuro	40º	$0{,}5^m/^o$	$2{,}7^m/^o$

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 emersión de σ Sgr en su ocultación del 23 de mayo para un observador situado en Santander se procede como sigue:

$$\Delta\lambda = \lambda_{Santander} - \lambda_{Madrid} = (-3^o{,}8) - (-3^o{,}7) = -0^o{,}1$$

$$\Delta\phi = \phi_{Santander} - \phi_{Madrid} = 43^o{,}5 - 40^o{,}4 = 3^o{,}1$$

Emersión:

$$TU = 23^h\ 48^m{,}0 + (1{,}4)\ ^m/^o \times (-0{,}1^o) + (1{,}6)\ ^m/^o \times (3{,}1^o)$$
$$= 23^h\ 52^m{,}8$$

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.

1.4. Fenómenos astronómicos día a día

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

- inicio de las fases de la Luna, paso de la Luna por el perigeo y el apogeo (mínima y máxima distancia a la Tierra, respectivamente),
- pasos de la Tierra por el perihelio y el afelio (mínima y máxima distancia al Sol, respectivamente),
- equinoccios y solsticios (o sea, el inicio de las estaciones),
- eclipses de Sol y de Luna,
- máximas elongaciones de Mercurio y Venus (su distancia angular al Sol es máxima y su observación resulta más favorable),
- máximo brillo y máximo acercamiento a la Tierra de Mercurio, de Venus y de Marte,
- conjunciones superior e inferior de Mercurio y Venus con el Sol (su longitud coincide con la del Sol, hallándose más lejos o más cerca que este, respectivamente),
- conjunción y oposición de los planetas exteriores con el Sol (la longitud geocéntrica del planeta y del Sol difieren en 0º y 180º, respectivamente), épocas en que los planetas aparecen estacionarios (la variación de su asc. recta se invierte),
- conjunciones entre planetas (coincidencia de sus ascensiones rectas), conjunción de los planetas con grandes asteroides y estrellas brillantes, conjunción y oposición de grandes asteroides con el Sol, y periodos estacionarios.

Se incluyen también los pasos de la Luna a menos de 8º de los planetas, a menos de 3º de los mayores asteroides y a menos de 1º,3 de una estrella brillante. Las distancias que se indican corresponden a la diferencia de declinación entre el centro de la Luna y el otro astro cuando sus ascensiones rectas geocéntricas coinciden. La anotación *(ocultación)* indica la posibilidad que en algún lugar de la Tierra el astro considerado se vea ocultado por la Luna. Algunos de los fenómenos planetarios citados no aparecen cuando tienen lugar excesivamente cerca del Sol.

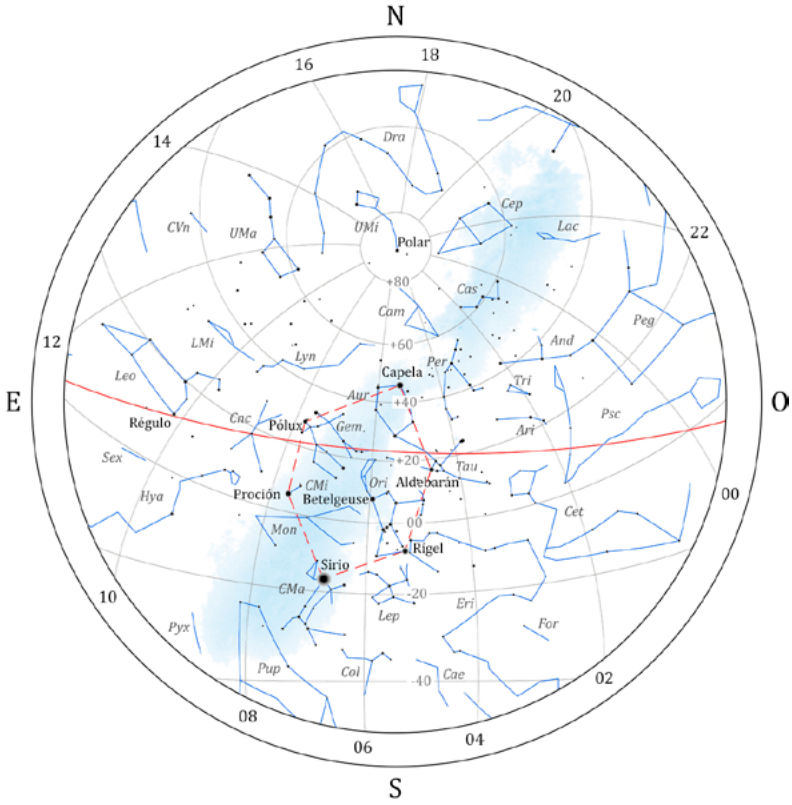
Se incluye para cada mes un mapa celeste que representa el aspecto del cielo, proyectado sobre un plano, tal como lo vería tras anochecer a mediados de mes un observador situado en la Península. En tales mapas se han representado las estrellas más significativas de las constelaciones, así como trazos que ayudan a identificar a estas. La posición media de los planetas visibles a simple vista viene dada en la correspondiente página de fenómenos mensuales, pero no ha sido incluida en los mapas celestes.

Enero 2027

1 Máximo brillo de Venus
1 Máximo acercamiento a la Tierra de Venus
1 Mercurio en conjunción superior con el Sol
3 La Luna 2º al S de Iris
3 La Tierra en perihelio
3 Máxima elongación oeste de Venus (47º,0)
4 Máximo de las cuadrántidas
4 La Luna 0º,2 al S de Antares (ocultación)
7 Ceres en oposición
7 Luna en apogeo
7 Luna nueva
8 La Luna 0º,4 al S de Mercurio (ocultación)
10 Venus 2º al N de Graffias
11 Marte estacionario en ascensión recta
11 La Luna 0º,6 al S de Juno (ocultación)
15 Cuarto creciente
15 Venus 8º al N de Antares
18 La Luna 0º,9 al N de Alcíone (ocultación)
18 La Luna 5º al N de Urano
19 Amphitrite en conjunción con el Sol
19 La Luna 1º,0 al S de Elnath (ocultación)
21 Luna en perigeo
22 Luna llena
24 La Luna 1º,4 al S de Júpiter
25 La Luna 2º al N de Hygiea
25 La Luna 6º al S de Marte
29 Cuarto menguante
31 La Luna 0º,4 al S de Antares (ocultación)
31 La Luna 2º al S de Iris

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta (h m)		Declin. (º ′)		Magnitud
Mercurio	20	22,9	−21	32	−0,9
Venus	16	27,5	−18	29	−4,2
Marte	10	53,1	11	11	−0,5
Júpiter	9	51,7	14	0	−2,3
Saturno	0	36,9	1	22	0,9



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

31 de diciembre a las 23h de TU
15 de enero a las 22h de TU
30 de enero a las 21 h de TU

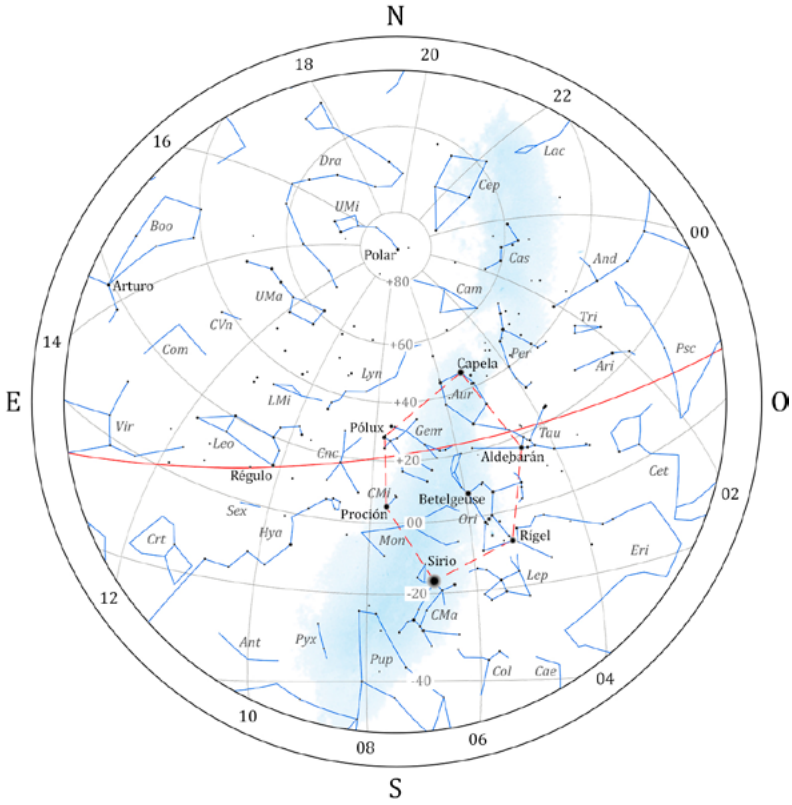
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En línea discontinua roja se muestra el asterismo del Hexágono de Invierno. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Febrero 2027

2 La Luna 6° al S de Venus
3 La Luna 0°,3 al N de Nunki (ocultación)
3 Luna en apogeo
3 Neptuno 2° al N de Metis
3 Máxima elongación este de Mercurio (18°,3)
6 Luna nueva
6 Eclipse anular de Sol
6 Mercurio en perihelio
8 Urano estacionario en ascensión recta
8 La Luna 0°,3 al S de Mercurio (ocultación)
8 La Luna 2° al N de Juno
9 Mercurio estacionario en ascensión recta
11 Júpiter en oposición
11 La Luna 7° al N de Saturno
14 Cuarto creciente
14 La Luna 1°,0 al N de Alcíone (ocultación)
14 La Luna 5° al N de Urano
15 Venus 5° al N de Nunki
16 La Luna 1°,1 al S de Elnath (ocultación)
18 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
19 Luna en perigeo
19 Brillo máximo de Marte
19 Marte en oposición
20 La Luna 1°,3 al S de Júpiter (ocultación)
20 La Luna 6° al S de Marte
20 Luna llena (día 21 hora oficial)
20 Eclipse penumbral de Luna
20 Máximo acercamiento de Marte a la Tierra
21 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
24 Marte 4° al N de Régulo
26 Saturno 0°,5 al N de Metis
28 Cuarto menguante
28 La Luna 0°,3 al S de Antares (ocultación)
28 La Luna 2° al S de Iris

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	22	17,1	−7	4	3,5
Venus	18	56,6	−21	7	−4,0
Marte	10	24,9	14	43	−1,2
Júpiter	9	37,0	15	20	−2,4
Saturno	0	46,2	2	28	0,8



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

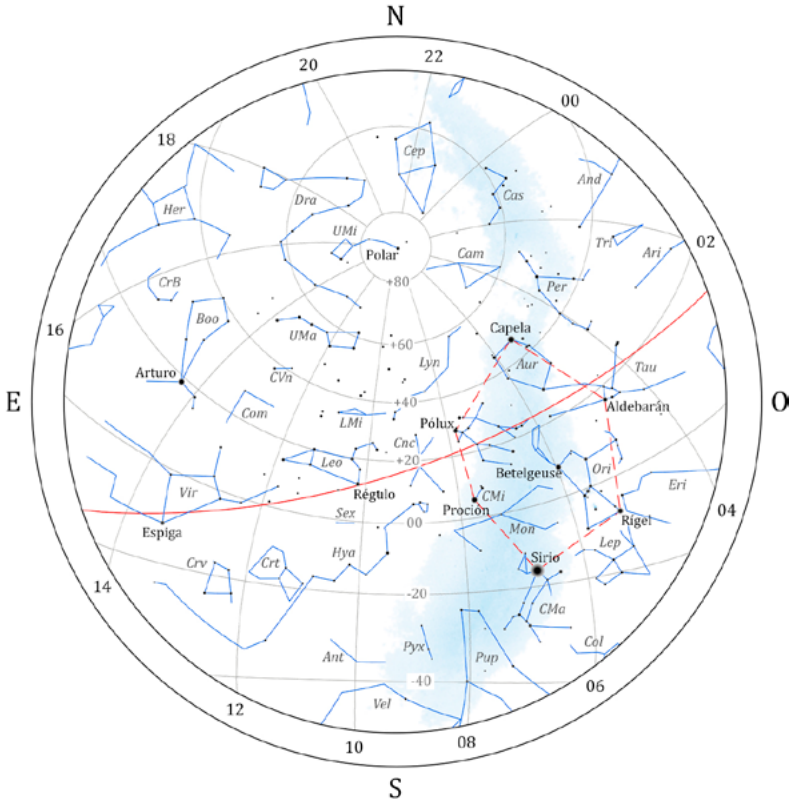
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En línea discontinua roja se muestra el asterismo del Hexágono de Invierno. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Marzo 2027

2 Mercurio estacionario en ascensión recta
3 La Luna 0º,2 al N de Nunki (ocultación)
3 Luna en apogeo
3 Psyche en oposición
4 Hygiea en oposición
4 La Luna 2º al S de Venus
4 Marte en afelio
5 Neptuno 2º al N de Astrea
6 La Luna 1º,2 al S de Mercurio (ocultación)
7 Venus 5º al N de Plutón
8 Luna nueva
8 Neptuno 3º al N de Flora
10 La Luna 7º al N de Saturno
12 Marte 2º al S de Hebe
13 La Luna 1º,0 al N de Alcíone (ocultación)
14 La Luna 5º al N de Urano
15 Cuarto creciente
15 La Luna 1º,2 al S de Elnath (ocultación)
17 Máxima elongación oeste de Mercurio (27º,6)
19 La Luna 1º,1 al S de Júpiter (ocultación)
19 La Luna 4º al S de Marte
19 Luna en perigeo
20 Inicio de la primavera en el hemisferio boreal
22 Luna llena
22 Mercurio en afelio
24 Neptuno en conjunción con el Sol
26 Juno en conjunción con el Sol
27 La Luna 0º,1 al S de Antares (ocultación)
27 La Luna 2º al S de Iris
30 Cuarto menguante
30 La Luna 0º,5 al N de Nunki (ocultación)
31 Luna en apogeo

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta (h m)		Declin. (º ′)		Magnitud
Mercurio	21	56,4	−13	9	0,3
Venus	21	15,4	−16	1	−3,9
Marte	9	46,3	17	35	−0,8
Júpiter	9	24,3	16	22	−2,3
Saturno	0	57,7	3	44	0,7



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, en color rojo, la eclíptica. En línea discontinua roja se muestra el asterismo del Hexágono de Invierno. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Abril 2027

2 Marte estacionario en ascensión recta
4 La Luna 3º al N de Venus
5 Astrea en conjunción con el Sol
5 La Luna 6º al N de Mercurio
6 Luna nueva (día 7 hora oficial)
7 Saturno en conjunción con el Sol
10 La Luna 0º,8 al N de Alcíone (ocultación)
10 La Luna 5º al N de Urano
11 Mercurio 1º,1 al S de Neptuno
13 Júpiter estacionario en ascensión recta
13 Cuarto creciente (día 14 hora oficial)
14 Luna en perigeo
15 La Luna 1º,1 al S de Júpiter (ocultación)
15 Laetitia en oposición
16 La Luna 3º al S de Marte
17 Venus en afelio
18 Flora en conjunción con el Sol
20 Luna llena (día 21 hora oficial)
22 Máximo de las líridas
23 La Luna 0º,1 al S de Antares (ocultación)
24 La Luna 2º al S de Iris
24 Venus 0º,3 al S de Neptuno
26 La Luna 0º,8 al N de Nunki (ocultación)
27 Luna en apogeo
28 Cuarto menguante
28 Mercurio en conjunción superior con el Sol
29 Máximo brillo de Mercurio

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta (h m)		Declin. (º ′)		Magnitud
Mercurio	0	42,2	2	15	−0,7
Venus	23	39,3	−3	47	−3,8
Marte	9	41,0	16	43	−0,0
Júpiter	9	19,1	16	43	−2,1
Saturno	1	12,0	5	13	0,6



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

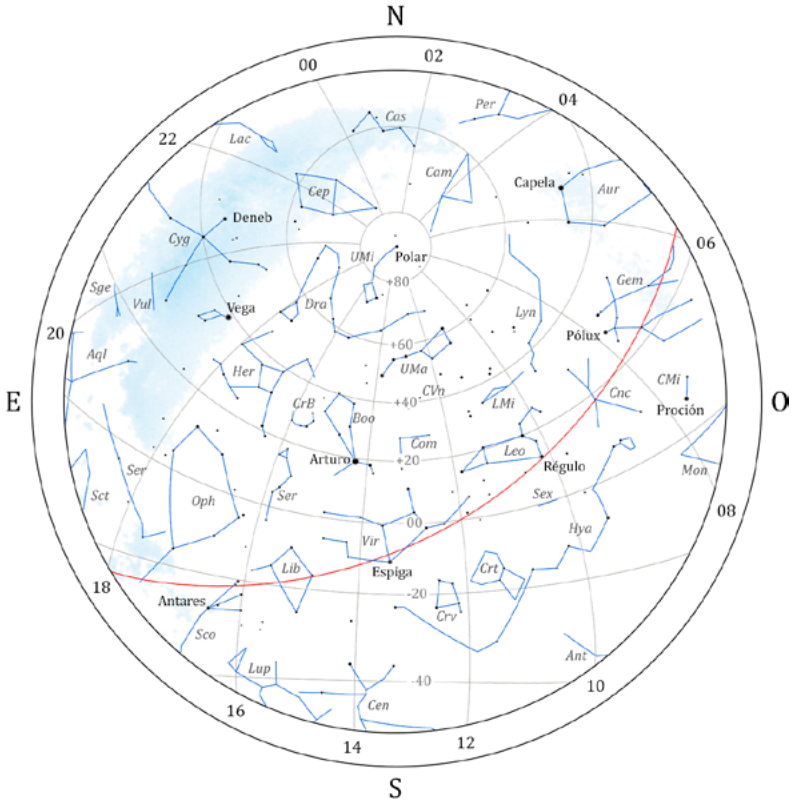
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Mayo 2027

4 La Luna 7º al N de Saturno
4 La Luna 7º al N de Venus
5 Mercurio en perihelio
6 Luna nueva
6 Máximo de las η acuáridas
7 La Luna 0º,6 al N de Alcíone (ocultación)
7 La Luna 4º al N de Mercurio
7 La Luna 5º al N de Urano
8 Melpomene en conjunción con el Sol
8 Mercurio 3º al S de Alcíone
8 Venus 0º,7 al N de Saturno
9 Luna en perigeo
11 Mercurio 1º,9 al N de Urano
12 La Luna 1º,4 al S de Júpiter
13 Cuarto creciente
13 La Luna 3º al S de Marte
13 Marte 1º,4 al N de Régulo
14 La Luna 3º al N de Hygiea
15 Mercurio 8º al N de Aldebarán
15 Metis en conjunción con el Sol
17 Venus 2º al N de Astrea
18 Harmonia en oposición
20 La Luna 2º al S de Iris
20 Luna llena
21 La Luna 0º,2 al N de Antares (ocultación)
22 Mercurio 3º al S de Elnath
24 La Luna 0º,8 al N de Nunki (ocultación)
25 Iris en oposición
25 Luna en apogeo
27 El Sol 0º,1 al N de Urano (ocultación)
27 Urano en conjunción con el Sol (ocultación)
28 Cuarto menguante
28 Máxima elongación este de Mercurio
31 La Luna 6º al N de Neptuno

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta (^{h} ^{m})		Declin. (^{o} $'$)		Magnitud
Mercurio	4	37,5	24	13	−0,6
Venus	1	54,5	10	2	−3,8
Marte	10	11,4	13	1	0,5
Júpiter	9	25,0	16	12	−1,9
Saturno	1	25,6	6	32	0,7



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

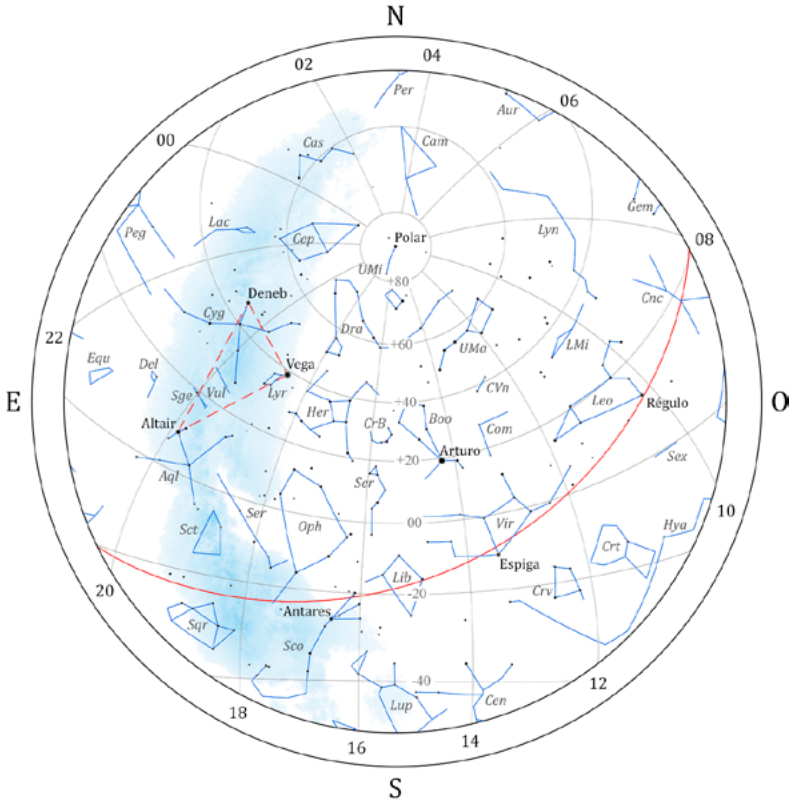
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Junio 2027

1 La Luna 8º al N de Saturno
3 La Luna 0º,7 al N de Alcíone (ocultación)
3 La Luna 6º al N de Venus
4 Luna nueva
6 La Luna 3º al N de Mercurio
6 Luna en perigeo
6 Vesta en conjunción con el Sol
7 Venus 2º al N de Flora
7 Venus 5º al S de Alcíone
9 Eunomia en oposición
9 La Luna 2º al S de Júpiter
10 Mercurio estacionario en ascensión recta
10 La Luna 1º,4 al N de Hygiea
10 La Luna 4º al S de Marte
11 Cuarto creciente
12 Palas en conjunción con el Sol
13 Venus 0º,7 al S de Urano
14 Fortuna en oposición
17 La Luna 0º,2 al N de Antares (ocultación)
17 Venus 5º al N de Aldebarán
18 Venus 0º,4 al S de Metis
18 Mercurio en afelio
19 Luna llena
20 La Luna 1º,1 al N de Nunki (ocultación)
21 Inicio del verano en el hemisferio boreal
21 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
22 Luna en apogeo
23 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
27 Cuarto menguante
27 La Luna 6º al N de Neptuno
27 Venus 6º al S de Elnath
28 Venus 2º al N de Vesta
29 La Luna 8º al N de Saturno

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta (h m)		Declin. (º ′)		Magnitud
Mercurio	6	24,5	21	23	3,5
Venus	4	25,0	20	51	−3,8
Marte	11	1,8	7	16	0,9
Júpiter	9	40,4	14	55	−1,7
Saturno	1	37,4	7	37	0,6



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

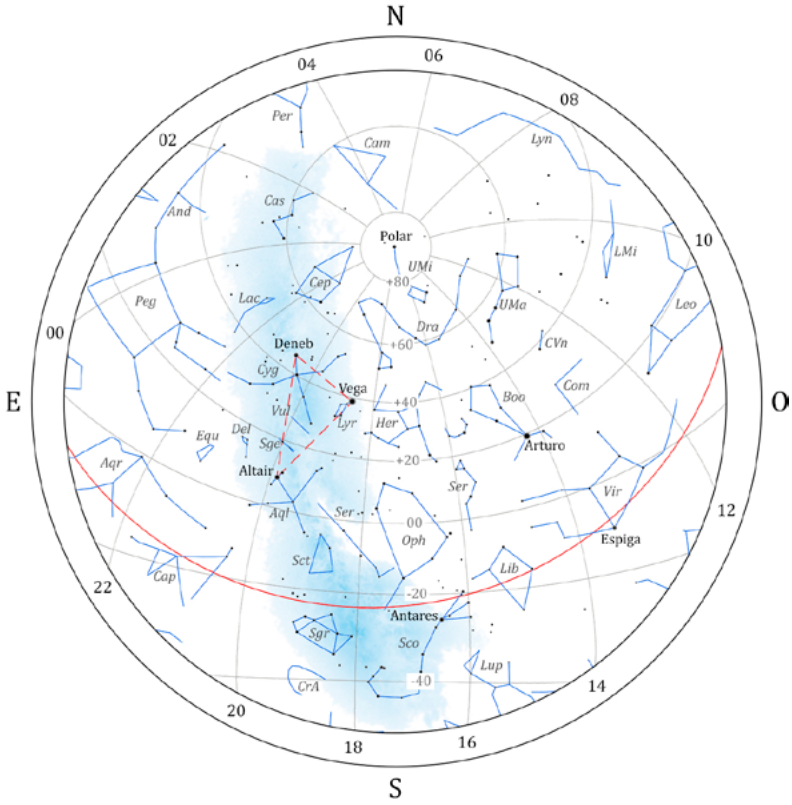
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En línea discontinua roja se muestra el asterismo del Triángulo de Verano. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Julio 2027

1 La Luna 0,°7 al N de Alcíone (ocultación)
1 La Luna 5° al N de Urano
1 Mercurio 5° al S de Venus
1 Partenope en oposición
3 La Luna 3° al N de Venus
3 La Luna 8° al N de Mercurio
4 Mercurio estacionario en ascensión recta
4 Luna en perigeo
4 Luna nueva
5 Mercurio 2° al S de Vesta
5 La Tierra en afelio
7 La Luna 3° al S de Júpiter
8 La Luna 0,°2 al N de Hygiea (ocultación)
9 La Luna 5° al S de Marte
10 Neptuno estacionario en ascensión recta
10 Cuarto creciente
11 Masalia en oposición
14 La Luna 0,°0 al N de Antares (ocultación)
14 Mercurio 1,°1 al S de Vesta
15 Máxima elongación oeste de Mercurio (20,°7)
17 La Luna 1,°1 al N de Nunki (ocultación)
18 Luna llena
19 Luna en apogeo
26 Cuarto menguante
26 Júpiter 0,°5 al N de Régulo
26 La Luna 8° al N de Saturno
28 La Luna 0,°8 al N de Alcíone (ocultación)
29 La Luna 5° al N de Urano
30 Mercurio 6° al S de Pólux
31 La Luna 2° al N de Metis
31 Máximo de las δ acuáridas

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta (^{h} ^{m})		Declin. (^{o} $'$)		Magnitud
Mercurio	6	7,8	20	34	0,6
Venus	7	3,6	23	3	−3,8
Marte	12	0,2	0	26	1,2
Júpiter	10	1,1	13	6	−1,6
Saturno	1	45,0	8	12	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

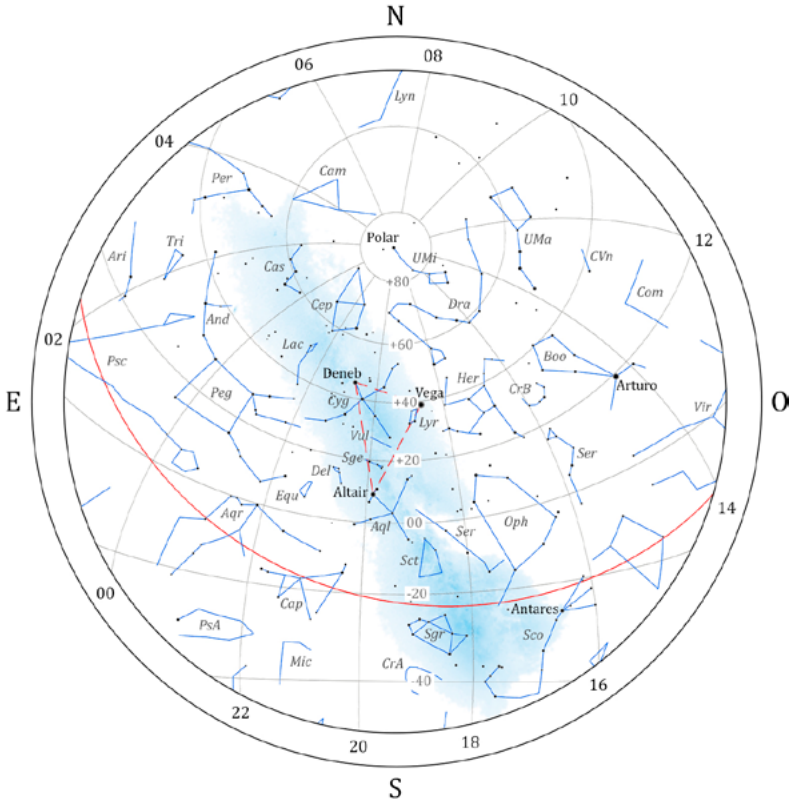
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En línea discontinua roja se muestra el asterismo del Triángulo de Verano. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Agosto 2027

1 Mercurio en perihelio
1 La Luna 0º,1 al N de Mercurio (ocultación)
2 Egeria en oposición
2 La Luna 0º,8 al S de Venus (ocultación)
2 Luna en perigeo
2 Luna nueva
2 Eclipse total de Sol
3 La Luna 3º al S de Júpiter
5 La Luna 0º,9 al S de Hygiea (ocultación)
6 La Luna 5º al S de Marte
7 Venus en perihelio
9 Cuarto creciente
10 Saturno estacionario en ascensión recta
11 La Luna 0º,0 al S de Antares (ocultación)
11 Mercurio en conjunción superior con el Sol
11 Máximo brillo de Mercurio
11 Marte en nodo descendente
11 Venus en conjunción superior con el Sol
13 La Luna 1º,0 al N de Nunki (ocultación)
13 Máximo de las perseidas
15 Luna en apogeo
17 Luna llena
17 Eclipse penumbral de Luna
21 La Luna 6º al N de Neptuno
22 La Luna 8º al N de Saturno
22 Marte 2º al N de Espiga
25 Cuarto menguante
25 La Luna 0º,9 al N de Alcíone (ocultación)
25 La Luna 5º al N de Urano
28 La Luna 0º,2 al N de Metis (ocultación)
28 La Luna 3º al N de Vesta
30 Luna en perigeo
31 Júpiter en conjunción con el Sol
31 Luna nueva

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta (h m)		Declin. (º ′)		Magnitud
Mercurio	9	54,3	14	36	−1,5
Venus	9	42,3	15	8	−3,8
Marte	13	8,0	−7	16	1,3
Júpiter	10	25,5	10	50	−1,6
Saturno	1	47,3	8	16	0,4



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

31 de julio a las 23h de TU
15 de agosto a las 22h de TU
30 de agosto a las 21 h de TU

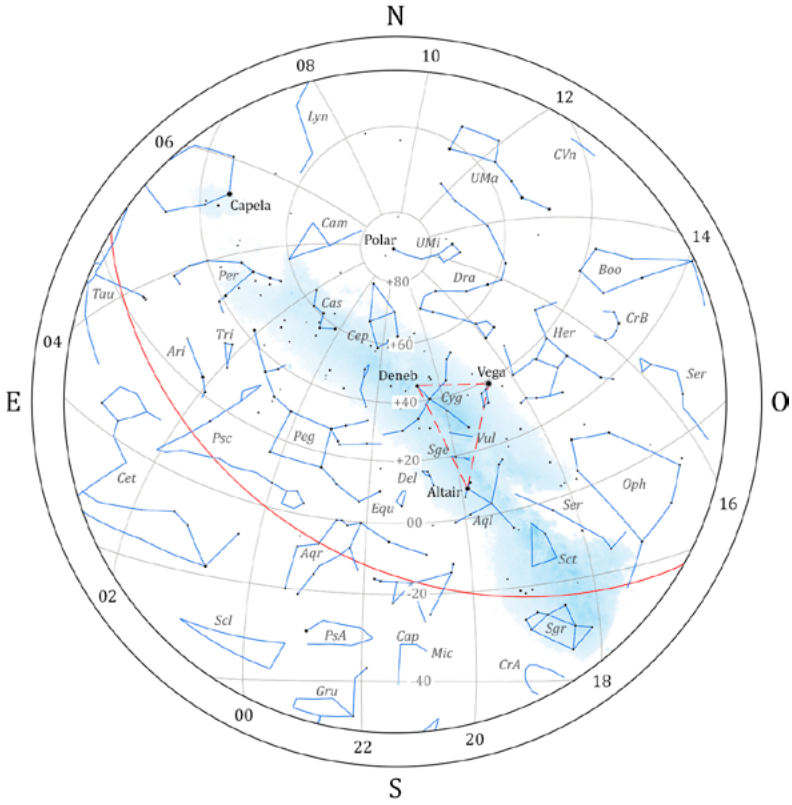
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En línea discontinua roja se muestra el asterismo del Triángulo de Verano. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Septiembre 2027

2 La Luna 2º al S de Hygiea
2 La Luna 4º al S de Mercurio
4 La Luna 5º al S de Marte
7 Cuarto creciente
7 La Luna 0º,2 al N de Antares (ocultación)
10 La Luna 1º,0 al N de Nunki (ocultación)
11 Luna en apogeo
12 Ceres en conjunción con el Sol
12 Mercurio 2º al N de Hygiea
14 Mercurio en afelio
15 Urano estacionario en ascensión recta
15 Luna llena (día 16 hora oficial)
17 La Luna 6º al N de Neptuno
18 La Luna 8º al N de Saturno
21 Amphitrite en oposición
21 Irene en oposición
21 La Luna 0º,6 al N de Alcíone (ocultación)
21 Mercurio 0º,3 al S de Espiga
22 La Luna 5º al N de Urano
23 Cuarto menguante
23 Inicio del otoño en el hemisferio boreal
24 Máxima elongación este de Mercurio (26º,3)
25 La Luna 1º,1 al N de Vesta (ocultación)
25 La Luna 2º al S de Metis
25 La Luna 3º al N de Flora
25 Marte 0º,9 al S de Zuben el Genubi
27 Luna en perigeo
28 La Luna 4º al S de Júpiter
28 Neptuno en oposición
29 Victoria en conjunción con el Sol
30 Luna nueva

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta (^{h} ^{m})		Declin. (^{o} $'$)		Magnitud
Mercurio	12	58,1	−7	50	0,1
Venus	12	6,5	0	42	−3,8
Marte	14	24,2	−14	45	1,4
Júpiter	10	50,8	8	21	−1,6
Saturno	1	43,4	7	47	0,2



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

31 de agosto a las 23h de TU
15 de septiembre a las 22h de TU
30 de septiembre a las 21 h de TU

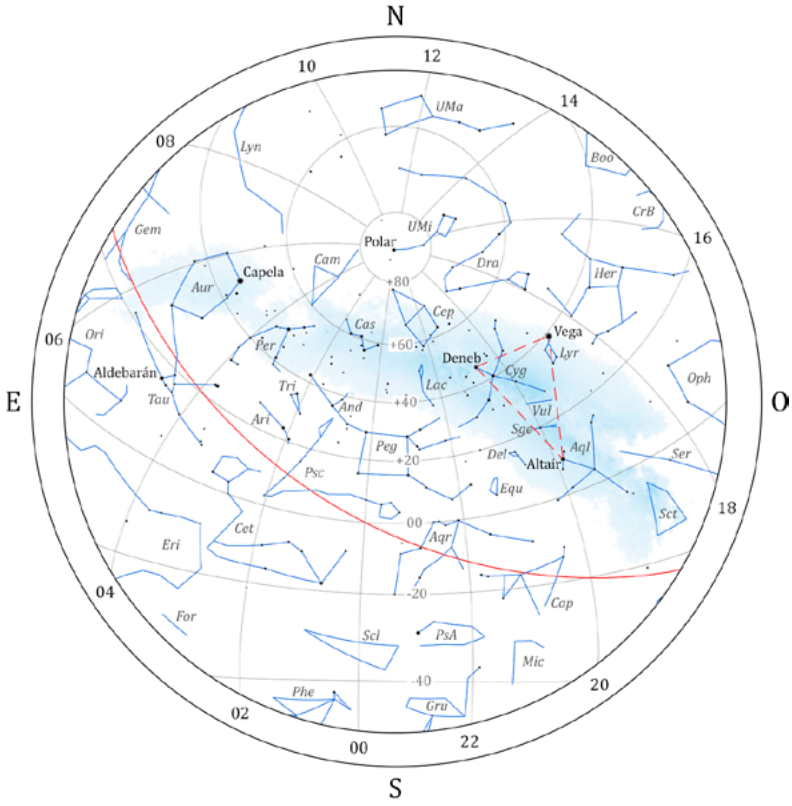
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En línea discontinua roja se muestra el asterismo del Triángulo de Verano. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Octubre 2027

1 La Luna 6º al S de Venus
2 La Luna 2º al S de Mercurio
2 Venus 3º al N de Espiga
3 La Luna 4º al S de Marte
4 La Luna 0º,3 al N de Antares (ocultación)
7 Mercurio estacionario en ascensión recta
7 Cuarto creciente
9 Luna en apogeo
9 Máximo de las dracónidas
10 Mercurio 4º al S de Venus
14 La Luna 6º al N de Neptuno
15 Luna llena
16 La Luna 8º al N de Saturno
17 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
18 La Luna 0º,4 al N de Alcíone (ocultación)
18 Saturno en oposición
19 La Luna 4º al N de Urano
19 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
20 Venus 0º,2 al S de Zuben el Genubi
21 Marte 2º al S de Graffias
21 Máximo de las oriónidas
22 Cuarto menguante
23 La Luna 0º,5 al N de Flora (ocultación)
23 La Luna 0º,7 al S de Vesta (ocultación)
25 Hygiea en conjunción con el Sol
25 Luna en perigeo
26 La Luna 5º al S de Júpiter
28 Mercurio en perihelio
28 Mercurio estacionario en ascensión recta
28 La Luna 7º al S de Mercurio
29 Luna nueva
29 Marte 4º al N de Antares
31 La Luna 4º al S de Venus

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta (h m)		Declin. (º ′)		Magnitud
Mercurio	13	53,0	−14	27	2,9
Venus	14	25,0	−13	58	−3,8
Marte	15	47,7	−20	42	1,3
Júpiter	11	14,1	6	0	−1,6
Saturno	1	35,4	6	58	0,1



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

30 de septiembre a las 23h de TU
15 de octubre a las 22h de TU
30 de octubre a las 21 h de TU

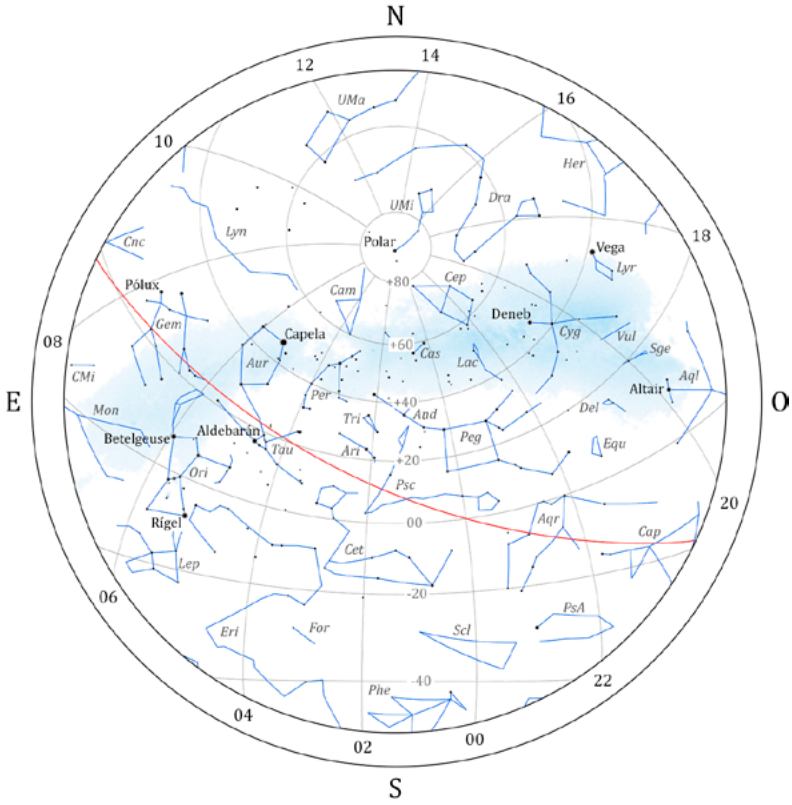
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En línea discontinua roja se muestra el asterismo del Triángulo de Verano. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Noviembre 2027

1 La Luna 0º,5 al N de Antares (ocultación)
1 La Luna 3º al S de Marte
3 Mercurio 5º al N de Espiga
4 Máxima elongación oeste de Mercurio (18º,8)
4 Venus 2º al S de Graffias
6 Cuarto creciente
6 Luna en apogeo
9 Venus 4º al N de Antares
12 La Luna 8º al N de Saturno
14 La Luna 0º,4 al N de Alcíone (ocultación)
14 Luna llena
15 La Luna 4º al N de Urano
18 Máximo de las leónidas
19 Luna en perigeo
20 La Luna 2º al S de Flora
20 La Luna 3º al S de Vesta
20 Mercurio 1º,0 al N de Zuben el Genubi
21 Cuarto menguante
22 La Luna 6º al S de Júpiter
24 Marte 2º al S de Iris
24 Venus 3º al S de Iris
25 Venus 0º,3 al S de Marte
26 La Luna 2º al S de Hygiea
27 Venus en afelio
28 Luna nueva
29 Laetitia en conjunción con el Sol
30 La Luna 0º,7 al S de Venus (ocultación)
30 La Luna 1º,4 al S de Marte
30 Urano en oposición

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta (^{h} ^{m})		Declin. (^{o} $'$)		Magnitud
Mercurio	14	22,3	−12	18	−0,7
Venus	17	3,0	−23	44	−3,8
Marte	17	24,5	−24	8	1,3
Júpiter	11	34,5	3	55	−1,7
Saturno	1	26,7	6	9	0,2



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

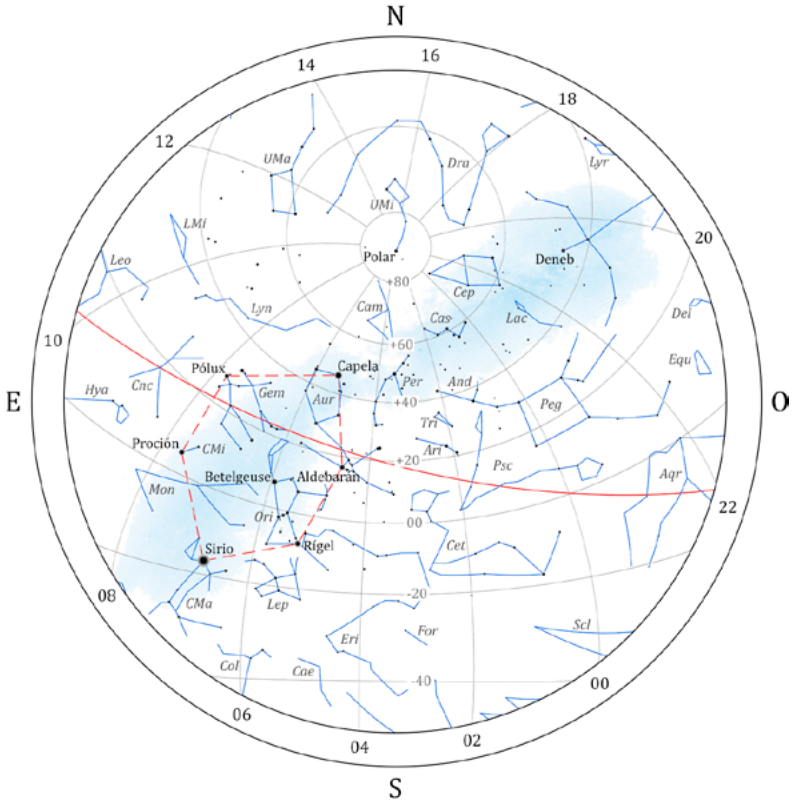
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Diciembre 2027

2 Juno estacionario en ascensión recta
4 Luna en apogeo
5 Venus 2º al N de Nunki
6 Astrea en oposición
6 Cuarto creciente
8 La Luna 7º al N de Neptuno
9 La Luna 8º al N de Saturno
11 Mercurio en conjunción superior con el Sol
11 Mercurio en afelio
11 Máximo brillo de Mercurio
12 La Luna 0º,4 al N de Alcíone (ocultación)
12 La Luna 4º al N de Urano
12 Marte 2º al N de Nunki
13 Luna llena
14 Máximo de las gemínidas
15 Neptuno estacionario en ascensión recta
16 Luna en perigeo
17 Vesta estacionario en ascensión recta
20 Cuarto menguante
20 La Luna 6º al S de Júpiter
22 Inicio del invierno en el hemisferio boreal
23 Máximo de las úrsidas
24 La Luna 2º al S de Hygiea
25 Saturno estacionario en ascensión recta
25 La Luna 0º,6 al N de Antares (ocultación)
25 Venus 3º al N de Plutón
27 Luna nueva
28 La Luna 0º,8 al N de Mercurio (ocultación)
29 La Luna 0º,7 al N de Marte (ocultación)
31 La Luna 3º al N de Venus

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta (^{h} ^{m})		Declin. (^{o} $'$)		Magnitud
Mercurio	17	35,7	−24	45	−1,0
Venus	19	45,4	−23	4	−3,8
Marte	19	4,3	−23	42	1,2
Júpiter	11	48,2	2	35	−1,9
Saturno	1	21,9	5	48	0,4



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

30 de noviembre a las 23h de TU
15 de diciembre a las 22h de TU
30 de diciembre a las 21 h de TU

En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En línea discontinua roja se muestra el asterismo del Hexágono de Invierno. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

1.5. Eclipses de Sol

Denominamos eclipse de Sol al fenómeno por el cual la luz de nuestra estrella es total o parcialmente ocultada al interponerse la Luna entre el observador y el Sol.

Desde el punto de vista del observador, los eclipses de Sol se clasifican en: totales, anulares y parciales. Dicho observador dirá que ha visto un eclipse total cuando ve la Luna cubrir enteramente el disco del Sol. Sin embargo, otro observador situado centenares de kilómetros más al norte o más al sur que el primero verá la Luna cubrir solo una parte del Sol, de manera que para él el eclipse será parcial. Hay ocasiones en las que la Luna no llega a cubrir enteramente el Sol desde ningún punto de la Tierra, por lo que para todos los observadores el eclipse es parcial.

Otro tipo común de eclipses es el eclipse anular. Estos se dan cuando el observador ve que la Luna no llega a cubrir al Sol, aunque su disco esté completamente por delante del solar. Esto es debido a que nuestro satélite se encuentra ese día más lejos de la Tierra que en el caso de un eclipse total, de modo que su tamaño aparente es menor que el del Sol. En tal caso se observa un anillo brillante rodeando el disco lunar.



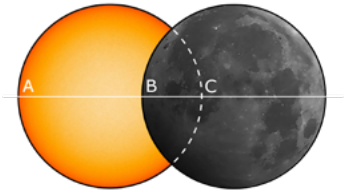
Magnitud de los eclipses de Sol

Se denomina así a la fracción del diámetro solar ocultada por la Luna. Para un eclipse total es 1, aunque en ocasiones se da un valor mayor que indica la razón entre el diámetro lunar y el solar. Para un eclipse anular o parcial la magnitud es menor que 1.

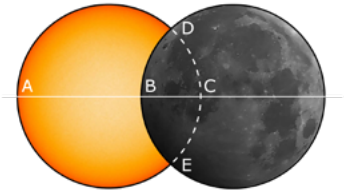
No debe confundirse la magnitud con el *oscurecimiento* del disco solar, o sea con la fracción de superficie ocultada por la luna. El oscurecimiento es siempre una cantidad numérica menor que la magnitud. Se relacionan, de una manera orientativa, según:

Magnitud	Oscurecimiento
0,1	0,04
0,2	0,10
0,3	0,19
0,4	0,28
0,5	0,39

Magnitud	Oscurecimiento
0,6	0,50
0,7	0,62
0,8	0,75
0,9	0,87
1,0	1,00



Magnitud = BC/AC



Oscurecimiento = Área BDCE/Área SOL

Mapas y tablas de los eclipses de Sol

Se ha realizado una proyección ortográfica de la Tierra para cada uno de los eclipses solares visibles en este año, en la que se representan la extensa zona en que el eclipse es visible como parcial y, en su caso, la franja donde es visible el eclipse total o anular. La región donde se observa el eclipse parcial ocupa una gran parte del hemisferio terrestre en que es de día. A la izquierda se encuentra un bucle en el que se indican los lugares en que el Sol está saliendo al inicio o al final del eclipse. De manera análoga, en un bucle situado a la derecha se indican los lugares en que se pone el Sol al inicio o al final del eclipse.

La región en que es posible observar el eclipse como total o anular, cuando se da tal circunstancia, viene delimitada por dos curvas aproximadamente paralelas que delimitan la franja de visibilidad. Su separación varia a lo largo del eclipse y es distinta para cada eclipse, pudiendo incluso superar los 1000 km (eclipse del 22 de agosto de 1979).

En las tablas de características generales para los eclipses totales y anulares de Sol, las coordenadas geográficas 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.

Eclipses de Sol en 2027

Se producirán dos eclipses de Sol, uno anular el 6 de febrero y otro total el 2 de agosto. El primero será visible como parcial desde las islas Canarias, Andalucía, Ceuta y Melilla. El segundo será visible en toda España.

Eclipse anular de Sol del día 6 de febrero (saros 131)

Este eclipse anular es el número 52 de los 71 eclipses del ciclo Saros 131, y será visible desde el sur peninsular, Ceuta, Melilla y las islas Canarias como parcial.

El eclipse será visible desde América del Sur, la Antártida, el oeste de África, y el sur de España y Portugal. Se iniciará a las 12^h57^m TU (Tiempo Universal) a una latitud de −33° en el océano Pacífico y el fin del eclipse se producirá a las 19^h01^m TU a una latitud de +12° en Guinea-Bisáu. La duración total del fenómeno será de 364 minutos (algo más de 6 horas).

El eclipse anular se iniciará a las 14^h04^m en un punto del océano Pacífico al sur de las islas Pitcairn, cruzará Chile por las regiones de los Lagos y Aysén y Argentina por las provincias de Chubut, Río Negro, La Pampa y Buenos Aires, y tocará las costas de Uruguay y Brasil antes de adentrarse en el Océano Atlántico. Llegará al oeste de África, dónde será visible desde las costas de Costa de Marfil, Ghana, Togo, Benín y Nigeria. El eclipse anular terminará a las 17^h55^m en un punto del océano Atlántico al sur de Lagos (Nigeria). La duración total del fenómeno será de 231 minutos (algo menos de 4 horas).

El máximo del eclipse se dará a las 15^h59^m en el océano Atlántico al este de Porto Alegre (Brasil), siendo la duración máxima de la anularidad de 7 min 51 seg. En el máximo la anchura de la sombra será de unos 278 km.

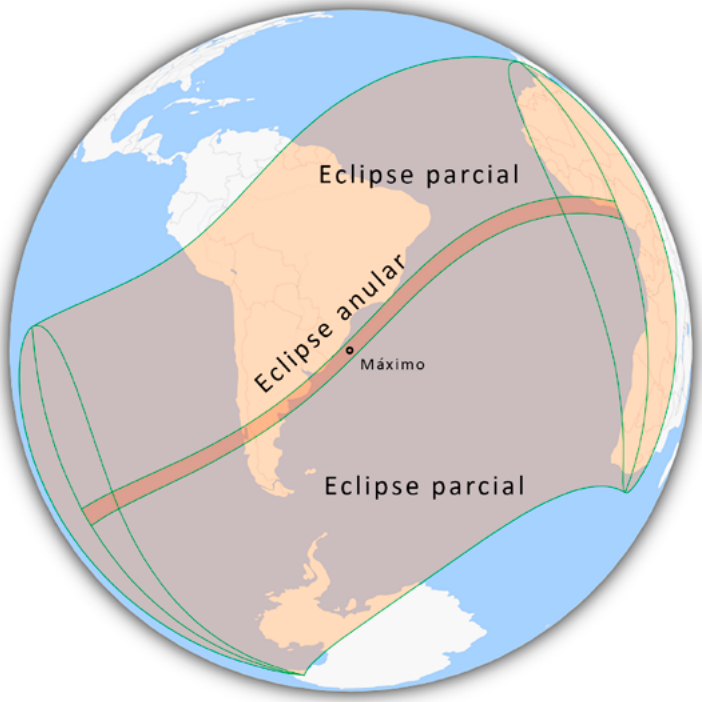
Características generales del eclipse

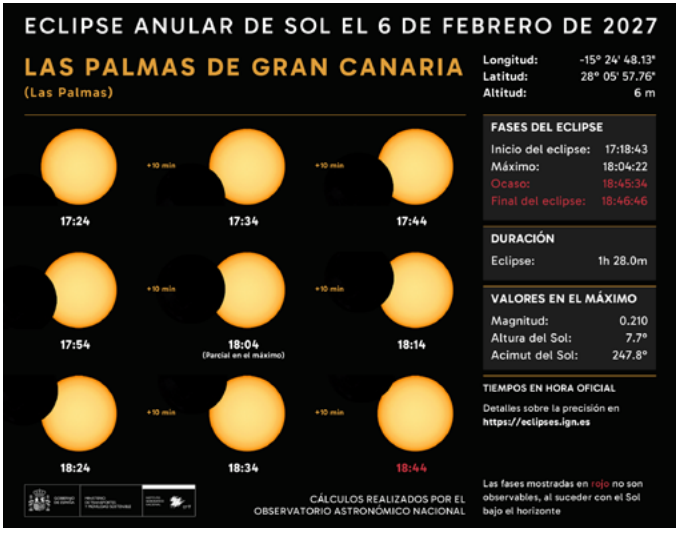
Fases	TU	Latitud	Longitud
Inicio del eclipse general	$12^h\ 57^m$	−33° 03′	−111° 21′
Inicio del eclipse anular	$14^h\ 04^m$	−39° 05′	−131° 19′
Conjunción en Asc. Recta	$15^h\ 44^m$		
Máximo del eclipse	$15^h\ 59^m$	−31° 18′	−48° 26′
Fin del eclipse anular	$17^h\ 55^m$	6° 11′	3° 43′
Fin del eclipse general	$19^h\ 01^m$	12° 20′	−15° 23′

Características del eclipse en el máximo

Duración de la fase anular	$7^m\ 51^s$
Anchura de la sombra	278 km
Razón entre el radio topocéntrico de la Luna y el del Sol	92,9%
Distancia mínima entre el eje de sombra de la Luna y el centro de la Tierra (en radios terrestres)	0,295
Altura del Sol	73°

Eclipse anular de 6 de febrero de 2027





Eclipse total de Sol del día 2 de agosto (Saros 136)

Este será un eclipse total con el número 38 de los 71 eclipses del ciclo Saros 136, y será visible en nuestro país.

El eclipse será visible desde Europa, gran parte de África, el sur y suroeste de Asia, el sur de Groenlandia y desde algunas regiones del noroeste de América del Norte.

El inicio del eclipse parcial se producirá a las 7^h30^m TU (Tiempo Universal) a una latitud de 25° en el océano Atlántico y el final ocurrirá a las 12^h43^m TU a una latitud de −15° en el océano Índico. La duración total del fenómeno será de 313 minutos (algo más de 5 horas).

La fase de totalidad se iniciará a las 8^h23^m en un punto en el centro del océano Atlántico, entrará en el sur de la península y el norte de África, cruzando Marruecos, Argelia, Túnez, Egipto y Sudán. Luego se adentrará en la península Arábiga, pasando por Arabia Saudí y Yemen, tocará el extremo del cuerno de África y se adentrará en el Océano Índico, donde terminará a las 11^h49^m en un punto al oeste de las islas Cocos. La duración total del fenómeno será de 206 minutos (algo menos de 3 horas y media).

El máximo del eclipse ocurrirá a las 10^h06^m en un punto de Egipto al este-sureste de Luxor, con una duración máxima de la totalidad de 6 min 23 seg. En el máximo la anchura de la sombra será de unos 258 km.

En España, será visible como total desde las provincias de Cádiz, Málaga, Granada y Almería, y las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla, y como parcial en el resto de la península y en las islas Canarias y Baleares.

Características generales del eclipse

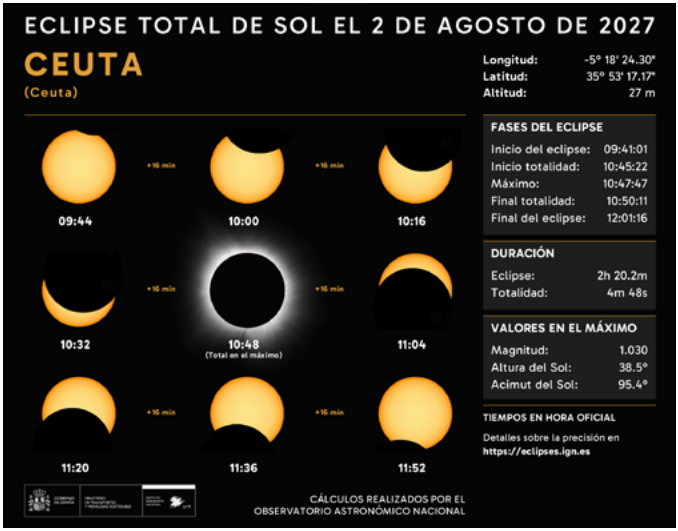
Fases	TU	Latitud	Longitud
Inicio del eclipse general	$7^h\ 30^m$	25° 15′	−29° 40′
Inicio del eclipse total	$8^h\ 23^m$	27° 58′	−44° 28′
Conjunción en Asc. Recta	$10^h\ 00^m$		
Máximo del eclipse	$10^h\ 06^m$	25° 29′	33° 11′
Fin del eclipse total	$10^h\ 53^m$	−12° 29′	90° 25′
Fin del eclipse general	$12^h\ 43^m$	−15° 12′	75° 46′

Características del eclipse en el máximo

Duración de la fase total	$6^m\ 23^s$
Anchura de la sombra	258 km
Razón entre el radio topocéntrico de la Luna y el del Sol	107,9%
Distancia mínima entre el eje de sombra de la Luna y el centro de la Tierra (en radios terrestres)	0,142
Altura del Sol	82°

Eclipse total de 2 de agosto de 2027





Se incluyen dos tablas, en la primera se indican, para las capitales en las que el eclipse se observará como total, los momentos de inicio y fin del eclipse, inicio, máximo y fin de la totalidad, y la posición del Sol en el máximo (altura y azimut). En la segunda tabla, para aquellas capitales en las que el eclipse se observará como parcial, los momentos de inicio, máximo y fin del eclipse, oscurecimiento (% Sol oculto) y la posición del Sol en el máximo (altura y azimut). Las horas vienen dadas en hora oficial peninsular, salvo para las islas Canarias, donde se expresan en hora oficial de Canarias.

Eclipse en capitales de provincia, Ceuta y Melilla con eclipse total

ciudad	inicio eclipse ($^h\ ^m$)	inicio totalidad ($^h\ ^m\ ^s$)	máximo ($^h\ ^m\ ^s$)	fin totalidad ($^h\ ^m\ ^s$)	fin eclipse ($^h\ ^m$)	Alt Sol (º)	Az Sol (º)
Cádiz	$9^h\ 41^m$	$10^h\ 45^m\ 26^s$	$10^h\ 46^m\ 53^s$	$10^h\ 48^m\ 21^s$	$12^h\ 00^m$	37	95
Ceuta	$9^h\ 41^m$	$10^h\ 45^m\ 23^s$	$10^h\ 47^m\ 47^s$	$10^h\ 50^m\ 12^s$	$12^h\ 01^m$	38	95
Málaga	$9^h\ 42^m$	$10^h\ 48^m\ 12^s$	$10^h\ 49^m\ 06^s$	$10^h\ 50^m\ 01^s$	$12^h\ 03^m$	39	97
Melilla	$9^h\ 42^m$	$10^h\ 48^m\ 15^s$	$10^h\ 50^m\ 32^s$	$10^h\ 52^m\ 49^s$	$12^h\ 05^m$	41	97

Eclipse en capitales de provincia con eclipse parcial

ciudad	inicio eclipse ($^h\ ^m$)	máximo eclipse ($^h\ ^m$)	fin eclipse ($^h\ ^m$)	Osc. (%)	Alt Sol (º)	Az Sol (º)
A Coruña	$09^h\ 46^m$	$10^h\ 48^m$	$11^h\ 55^m$	73,31	35	99
Alacant/Alicante	$09^h\ 46^m$	$10^h\ 54^m$	$12^h\ 09^m$	94,84	43	102
Albacete	$09^h\ 46^m$	$10^h\ 53^m$	$12^h\ 06^m$	92,26	42	101
Almería	$09^h\ 44^m$	$10^h\ 52^m$	$12^h\ 06^m$	99,99	41	99
Ávila	$09^h\ 45^m$	$10^h\ 50^m$	$12^h\ 01^m$	85,21	39	100
Badajoz	$09^h\ 42^m$	$10^h\ 47^m$	$11^h\ 58^m$	92,36	37	96
Barcelona	$09^h\ 51^m$	$10^h\ 59^m$	$12^h\ 11^m$	81,64	45	108
Bilbao	$09^h\ 49^m$	$10^h\ 53^m$	$12^h\ 03^m$	74,34	40	104
Burgos	$09^h\ 47^m$	$10^h\ 52^m$	$12^h\ 02^m$	78,16	40	102
Cáceres	$09^h\ 43^m$	$10^h\ 48^m$	$11^h\ 59^m$	89,99	37	97
Castelló de la Plana	$09^h\ 48^m$	$10^h\ 55^m$	$12^h\ 09^m$	87,96	43	104
Ciudad Real	$09^h\ 44^m$	$10^h\ 50^m$	$12^h\ 03^m$	92,28	40	99
Córdoba	$09^h\ 43^m$	$10^h\ 49^m$	$12^h\ 02^m$	96,68	39	98
Cuenca	$09^h\ 46^m$	$10^h\ 53^m$	$12^h\ 05^m$	87,73	41	102
Donostia/San Sebastián	$09^h\ 50^m$	$10^h\ 54^m$	$12^h\ 04^m$	74,07	41	105

Eclipse en capitales de provincia con eclipse parcial

ciudad	inicio eclipse (^{h} ^{m})	máximo eclipse (^{h} ^{m})	fin eclipse (^{h} ^{m})	Osc. (%)	Alt Sol (º)	Az Sol (º)
Girona	09^h 52^m	10^h 59^m	12^h 12^m	78,95	46	109
Granada	09^h 43^m	10^h 50^m	12^h 04^m	99,21	40	98
Guadalajara	09^h 46^m	10^h 52^m	12^h 03^m	85,38	40	102
Huelva	09^h 41^m	10^h 46^m	11^h 59^m	98,64	37	95
Huesca	09^h 50^m	10^h 56^m	12^h 07^m	78,88	43	106
Jaén	09^h 43^m	10^h 50^m	12^h 03^m	97,18	40	98
Las Palmas de Gran Canaria	08^h 33^m	09^h 34^m	10^h 43^m	77,22	27	83
León	09^h 47^m	10^h 50^m	11^h 59^m	76,95	38	101
Lleida	09^h 50^m	10^h 57^m	12^h 09^m	80,96	44	106
Logroño	09^h 48^m	10^h 53^m	12^h 04^m	77,64	41	104
Lugo	09^h 46^m	10^h 49^m	11^h 56^m	74,96	36	99
Madrid	09^h 45^m	10^h 51^m	12^h 03^m	86,32	40	101
Murcia	09^h 45^m	10^h 54^m	12^h 08^m	96,32	43	101
Ourense	09^h 45^m	10^h 48^m	11^h 56^m	77,72	36	98
Oviedo	09^h 47^m	10^h 50^m	11^h 59^m	73,75	38	101
Palencia	09^h 47^m	10^h 51^m	12^h 01^m	79,52	39	101
Palma	09^h 50^m	10^h 59^m	12^h 13^m	89,20	46	107
Pamplona/Iruña	09^h 49^m	10^h 55^m	12^h 05^m	76,15	41	105
Pontevedra	09^h 45^m	10^h 47^m	11^h 55^m	77,15	35	98
Salamanca	09^h 45^m	10^h 49^m	12^h 00^m	83,80	38	99
Santa Cruz de Tenerife	08^h 33^m	09^h 34^m	10^h 42^m	79,27	26	83
Santander	09^h 49^m	10^h 53^m	12^h 01^m	73,48	39	103
Segovia	09^h 46^m	10^h 51^m	12^h 02^m	84,01	39	101
Sevilla	09^h 42^m	10^h 48^m	12^h 00^m	98,35	38	96
Soria	09^h 48^m	10^h 53^m	12^h 04^m	80,60	41	103
Tarragona	09^h 50^m	10^h 57^m	12^h 10^m	82,95	44	107
Teruel	09^h 47^m	10^h 54^m	12^h 07^m	86,55	42	103
Toledo	09^h 45^m	10^h 51^m	12^h 02^m	88,64	40	100
València	09^h 47^m	10^h 55^m	12^h 08^m	90,15	43	103
Valladolid	09^h 46^m	10^h 51^m	12^h 01^m	81,01	39	101
Vitoria-Gasteiz	09^h 49^m	10^h 53^m	12^h 03^m	76,03	40	104
Zamora	09^h 45^m	10^h 50^m	11^h 59^m	81,55	38	100
Zaragoza	09^h 49^m	10^h 55^m	12^h 06^m	80,97	42	105

Eclipses de Sol en los próximos años

Fecha	Tipo	Duración (m s)	Magnitud	Visibilidad
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 1	anular	5 21	0,94	Europa, 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 9	anular	0 22	0,99	S Sudamérica y S África
2032 noviembre 3	parcial		0,86	Asia
2033 marzo 30	total	2 37	1,05	Norteamérica y NE Rusia
2033 septiembre 23	parcial		0,69	S Sudamérica y Antártida
2034 marzo 20	total	4 09	1,05	África, Europa y O Asia
2034 septiembre 12	anular	2 58	0,97	Centroamérica y Sudamérica
2035 marzo 09	anular	0 48	0,99	Oceanía, Antártida y México
2035 septiembre 02	total	2 54	1,03	E Asia y Pacífico
2036 febrero 27	parcial		0,63	Antártida, E Oceanía
2036 julio 23	parcial		0,20	S Atlántico y Antártico
2036 agosto 21	parcial		0,86	N América, O Europa y NO África
2037 enero 16	parcial		0,71	Europa, N África y SO Asia
2037 julio 13	total	3 58	1,04	Oceanía, SE 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.

Eclipses de Sol visibles en España en los próximos años

Aunque es común poder observar un eclipse parcial de Sol cada varios años desde el mismo lugar, no es lo mismo poder ser testigo de un eclipse total o anular. En España, el último eclipse anular visible sucedió en 2005, y el último total tuvo lugar el 12 de agosto de 2026.

El próximo eclipse solar total visible como tal en España se dará el 2 de agosto de 2027. La franja de totalidad atravesará el estrecho de Gibraltar de oeste a este y cubrirá el extremo sur de la península y el norte de África, incluyendo ciudades como Cádiz, Málaga, Ceuta y Melilla. El eclipse tendrá lugar durante la mañana, y la máxima duración de la totalidad corresponderá a Ceuta con 4 minutos y 48 segundos.

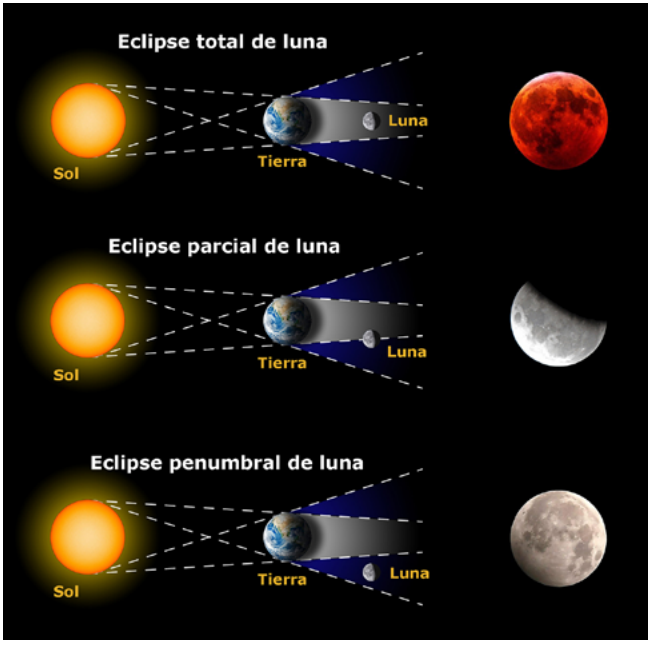
Por último, 26 de enero de 2028, se producirá un eclipse anular cuya franja de anularidad cruzará la península de sudoeste a noreste justo antes de la puesta de Sol, incluyendo ciudades como Sevilla, Málaga, Murcia y Valencia, donde la fase anular se verá completa. En Palma de Mallorca y Barcelona solo se verá el principio de la fase anular pues el Sol se pondrá antes de que esta termine. Debido a la baja elevación del Sol sobre el horizonte, la observación de este eclipse requerirá una excelente visibilidad en la dirección de la puesta de Sol.



1.6. Eclipses de Luna

Denominamos eclipse de Luna al fenómeno por el cual la Tierra impide que la luz del Sol llegue hasta la Luna, generando un cono de sombra que oscurece a la Luna. La Luna totalmente eclipsada adquiere un color rojizo característico debido a la dispersión de la luz refractada por la atmósfera de la Tierra.

Debido al tamaño angular del Sol, la sombra que proyecta la Tierra consta de dos zonas: la umbra y la penumbra. En la umbra no existe radiación solar directa, mientras que en la penumbra la radiación solar es bloqueada solo parcialmente. Por ello los eclipses se clasifican en totales, parciales y penumbrales. Un observador dirá que ha visto un eclipse total cuando la Luna se haya situado completamente en la zona umbral. Cuando solo una parte de la Luna se sitúe en la umbra, el eclipse será parcial. Si la Luna se sitúa en la penumbra, el eclipse será penumbral, y solo se producirá un sutil oscurecimiento en la superficie lunar.



A diferencia de los eclipses solares, que pueden ser vistos solo desde una parte relativamente pequeña de la Tierra y duran unos pocos minutos, un eclipse lunar puede ser visto desde cualquier parte de la Tierra en la que sea de noche y se prolongan durante varias horas.

Magnitud de los eclipses de Luna

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.

Mapas y tablas 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 la curva etiquetada como **iP** a la izquierda y **fP** a la derecha; estas curvas indican, respectivamente, el **i**nicio y el **f**in del contacto con la **p**enumbra.

El eclipse parcial (si tiene lugar) será visible en su totalidad en la zona delimitada por la curva etiquetada como **iS** a la izquierda y **fS** a la derecha; estas curvas indican, respectivamente, el **i**nicio y el **f**in del contacto con la **s**ombra.

El eclipse total (si tiene lugar) será visible en su totalidad en la zona delimitada por la curva etiquetada como **iT** a la izquierda y **fT** a la derecha; estas curvas indican, respectivamente, el **i**nicio y el **f**in del eclipse **t**otal.

En la zona delimitada entre las curvas **fP** e **iP** a la derecha del mapa, la Luna se pondrá antes de que finalice el eclipse. En la zona delimitada entre las curvas **fP** e **iP** a la izquierda del mapa, la Luna saldrá por el horizonte después del inicio del eclipse.

En las tablas de características generales de 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 Luna en 2027

Se producirán dos eclipses penumbrales de Luna, uno el 20 de febrero y otro el 17 de agosto. El primero será visible en España, mientras que el comienzo del segundo podrá verse desde la parte centro y oeste de nuestro país, incluyendo las islas Canarias.

Se describen en detalle en las páginas siguientes.

Eclipse penumbral de Luna del día 20 de febrero (saros 143)

Este eclipse total es el número 19 de los 73 que componen el ciclo Saros 143, y será visible desde España.

El inicio del eclipse tendrá lugar el día 20 de febrero a las 21^h12^m de Tiempo Universal (TU), y su máximo a las 23^h11^m. El fin del eclipse ocurrirá el día siguiente a la 1^h11^m TU. La zona en que será visible viene delimitada por las curvas etiquetadas con **iP** y **fP** en la figura adjunta; corresponde a Europa, África, toda América salvo el oeste de Norteamérica, toda Asia salvo el extremo este de Rusia, y la parte oeste de Oceanía.

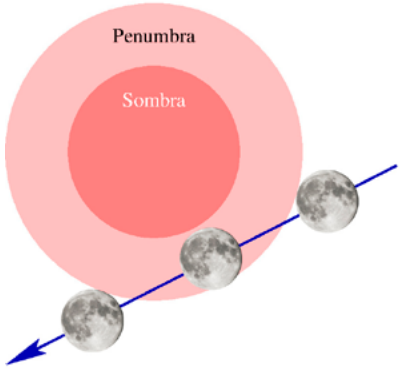
Características generales del eclipse

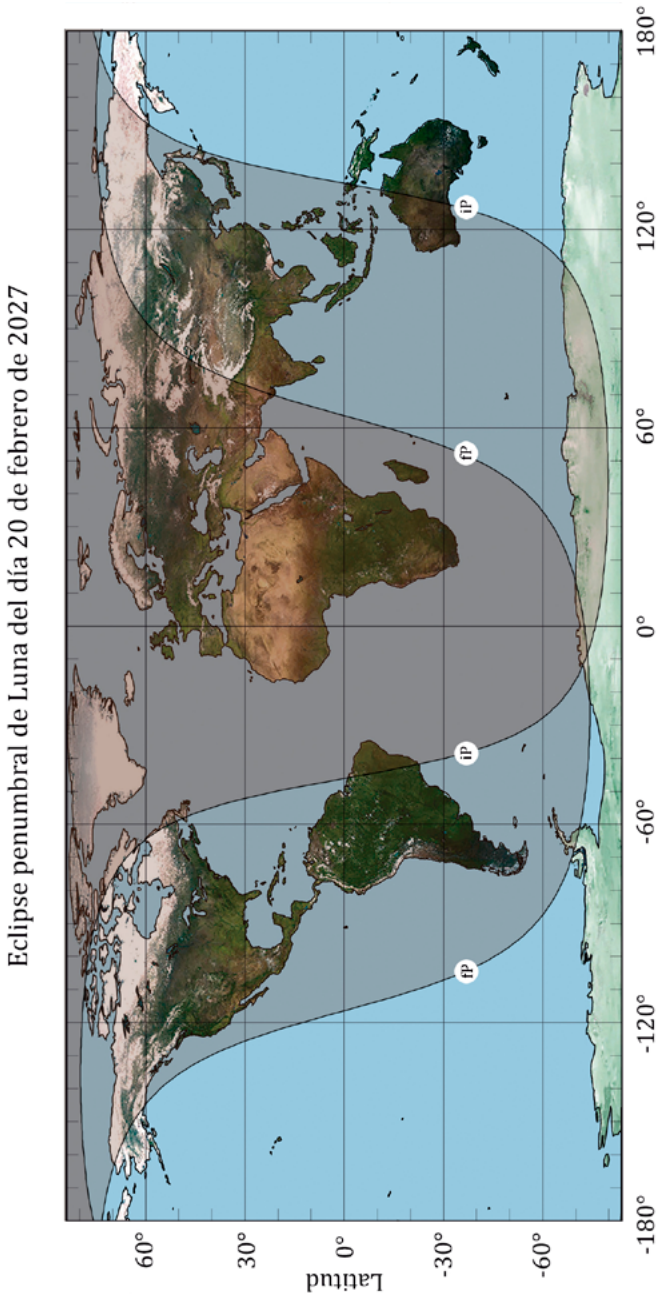
Fases	TU	Latitud	Long.(+E)	A.P.
Primer contacto con la penumbra	$21^h\,12^m$	10° 20′	43° 54′	74°
Máximo del eclipse	$23^h\,11^m$	9° 48′	15° 06′	28°
Último contacto con la penumbra	$1^h\,11^m$	15° 30′	–26° 30′	340°
Duración del eclipse penumbral	$3^h\,59^m$			
Magnitud del eclipse de penumbra	0,92			

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	92%
Distancia mínima entre el eje de la sombra de la Tierra y el centro de la Luna (en radios terrestres)	1,05




Eclipse penumbral de Luna del día 20 de febrero de 2027
Latitud
60°
30°
0°
-30°
-60°
-180°
-120°
-60°
0°
60°
120°
180°
Longitud
dP
dP
dP
dP

Eclipse penumbral de Luna del día 17 de agosto (saros 148)

Este eclipse penumbral es el número 4 de los 71 que componen el ciclo Saros 148, y el comienzo del eclipse será visible desde el centro y el oeste de España.

El eclipse comenzará a las 5^h28^m de Tiempo Universal (TU), el máximo tendrá lugar a las 7^h16^m TU, y finalizará a la 9^h05^m TU. La zona de visibilidad viene delimitada por las curvas etiquetadas con **iP** y **fP** en la figura adjunta; corresponde a América, el extremo oeste de Europa y África, el extremo este de Rusia, y la parte este de Oceanía.

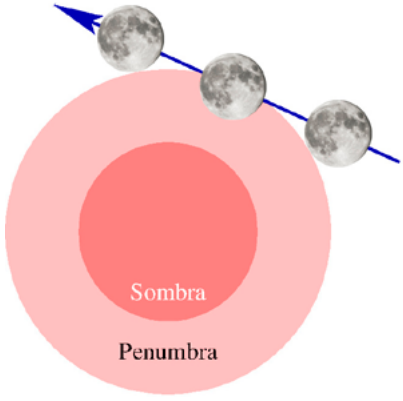
Características generales del eclipse

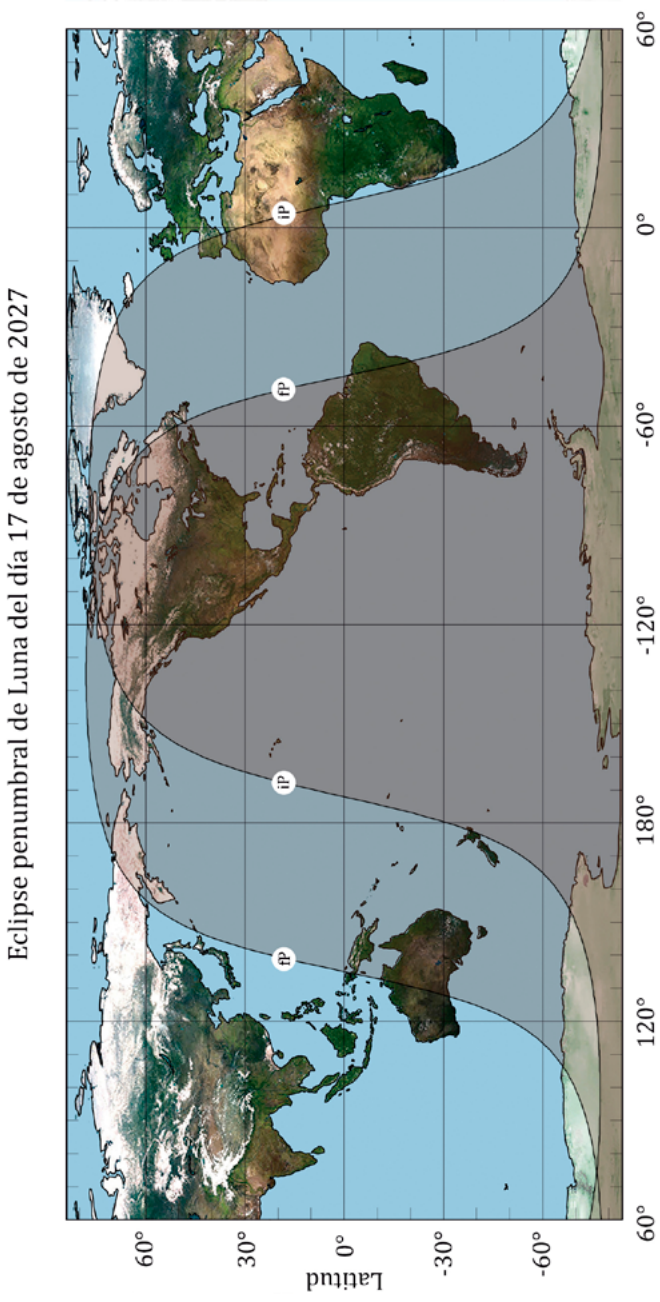
Fases	TU	Latitud	Long.(+E)	A.P.
Primer contacto con la penumbra	$5^h\ 28^m$	–12° 46′	–82° 07′	120°
Máximo del eclipse	$7^h\ 16^m$	–12° 24′	–108° 31′	156°
Último contacto con la penumbra	$9^h\ 05^m$	–12° 02′	–134° 56′	191°
Duración del eclipse penumbral	$3^h\ 37^m$			
Magnitud del eclipse de penumbra	0,54			

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	54%
Distancia mínima entre el eje de la sombra de la Tierra y el centro de la Luna (en radios terrestres)	1,28




Eclipse penumbral de Luna del día 17 de agosto de 2027
Latitud
60°
30°
0°
-30°
-60°
120°
180°
-120°
-60°
0°
60°
Longitud

Eclipses de Luna en los próximos años

Fecha	Tipo	Duración (en min)	Dur. totalidad (en min)	Magnitud
2027 febrero 20	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
2033 abril 14	total	215	49	1,09
2033 octubre 8	total	202	78	1,35
2034 abril 3	penumbral			
2034 septiembre 28	parcial	147		0,01
2035 febrero 22	penumbral			
2035 agosto 19	parcial	77		0,10
2036 febrero 11	total	202	74	1,30
2036 agosto 7	total	231	95	1,45
2037 enero 31	total	197	94	1,21
2037 julio 27	parcial	192		0,81

Duración se refiere a la de contacto con la sombra.

El próximo eclipse **total** de Luna visible en España será el 31 de diciembre de 2028.

1.7. Tránsitos

Se denomina *tránsito* al paso aparente de un planeta por delante de la superficie del Sol. Desde un planeta dado solo se pueden ver los tránsitos de los planetas más interiores a él en el sistema solar. Los observadores terrestres podemos ver los tránsitos de Mercurio, a razón de trece por siglo, y de Venus, a razón de trece por milenio.

La rareza de estos fenómenos viene dada por la ligera inclinación que tiene la órbita de cada uno de los planetas con respecto de la de los demás, suficiente para que en la mayoría de ocasiones el planeta no sea visto pasar por delante del disco solar. En el caso particular de un observador en la Tierra, una dificultad añadida proviene de la gran inclinación de las órbitas de Mercurio y Venus, las mayores entre los planetas del sistema solar. La inclinación es de 7º,0 en el caso de Mercurio y de 3º,4 en el caso de Venus. En este último caso, la mayor distancia media del planeta al Sol produce una mayor amplitud en sus cruces con el Sol (conjunciones inferiores), siendo de 17º,5 en el caso de Venus y de 8º,8 para Mercurio, en promedio.

Para que se produzca un tránsito debe ocurrir que la conjunción inferior del planeta interior (es decir, cuando dicho planeta pasa entre la Tierra y el Sol) ocurra cuando se encuentra en uno de sus nodos orbitales, aquellos puntos de su órbita en que cruza el plano de la órbita de la Tierra. Solo en este caso Sol, planeta y Tierra estarán prácticamente en línea recta y se podrá ver pasar el planeta por delante del disco del Sol. Conviene recordar que el Sol tiene solo medio grado de diámetro. El número de conjunciones inferiores por siglo de estos planetas es de 315 en el caso de Mercurio y de 62 o 63 para Venus. Con solo considerar estos dos factores, amplitud del movimiento en latitud eclíptica y conjunciones inferiores, deducimos que la posibilidad de tránsito de Mercurio es diez veces mayor que para Venus.

Tránsitos en los próximos años

Fecha	Planeta	Inmersión (^{h} ^{m})	Emersión (^{h} ^{m})	Mínima dist. ″
2032 noviembre 13	Mercurio	6 41	11 07	572
2039 noviembre 7	Mercurio	7 17	10 15	822
2049 mayo 7	Mercurio	11 03	17 44	512
2052 noviembre 9/10	Mercurio	23 53	5 06	319
2062 mayo 10/11	Mercurio	18 16	0 57	520
2065 noviembre 11	Mercurio	17 24	22 48	181
2078 noviembre 14	Mercurio	11 42	15 39	674
2085 noviembre 07	Mercurio	11 42	15 26	718
2095 mayo 8/9	Mercurio	17 20	0 50	310
2098 noviembre 10	Mercurio	4 35	9 57	215
2108 mayo 12	Mercurio	1 40	6 52	725
2111 noviembre 14/15	Mercurio	22 15	3 30	283
2117 diciembre 11/12	Venus	23 58	5 38	724

La última columna corresponde a la mínima distancia entre el planeta y el centro del disco solar.


TEMPS APPARENT
LEVER DU SOLEIL
GRAND OCEAN
ASSYRIA
GRECIA

CAPÍTULO 2

La medida del tiempo





Detalle del reloj astronómico de la catedral de Estrasburgo.

2.1. 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 esta. 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 solo 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 ≃ TDT ≃ 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 ≃ TU en ~1900, TAI ≃ TU en 1958), los orígenes de las escalas de TE y TAI son ligeramente distintos. TE y TAI difieren en un valor constante:

$$TE = TAI + 32^{s},184.$$

La denominación "tiempo de efemérides" ha 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 estos implica que la escala de tiempo empleada debe referirse al sistema de referencia de coordenadas que se considere. Por ello, en 1976 se definieron dos nuevas escalas de tiempo: el Tiempo Dinámico Terrestre (TDT, escala uniforme de tiempo adecuada para describir las efemérides referidas al centro de la Tierra y, en la práctica, da continuidad al TE) y el Tiempo Dinámico Baricéntrico (TDB, adecuado para describir las efemérides referidas al baricentro del sistema solar). Difieren en menos de dos milésimas de segundo; en buena aproximación, su diferencia en el día *d* del año viene dada por:

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

Estas escalas están en uso oficial desde 1984. En 1991 la Unión Astronómica Internacional (UAI) introdujo unas nuevas escalas de tiempo que complementan las anteriores en cuanto que se refieren al tiempo propio en las coordenadas espacio-temporales que les corresponde. Se denominan Tiempo Coordenado Geocéntrico (TCG) y Tiempo Coordenado Baricéntrico (TCB). Además, para dar continuidad al TDT en este nuevo sistema, se definió el Tiempo Terrestre (TT) como un tiempo uniforme geocéntrico cuya unidad es el segundo (SI) sobre el geoide. Una nueva resolución de la UAI en 2000 refinó la definición del TT ligándolo de manera más simple al TCG. Existen expresiones para relacionar cada una de estas escalas de tiempo con el TAI.

Escala ligada a la rotación de la Tierra: TU (UT1)

La escala de Hora o Tiempo Universal (TU, internacionalmente designada por UT) está ligada a la rotación de la Tierra con referencia al Sol. Corresponde al tiempo solar medio (Sol ficticio) en Greenwich, denominación en desuso. Dado que la rotación de la Tierra no es uniforme, la escala del TU tampoco es uniforme si la comparamos con el TAI. Hay muchas causas que contribuyen, en distinto grado, a las variaciones en la rotación: a corto plazo, los efectos periódicos causados por las mareas y por las variaciones atmosféricas

estacionales, así como desplazamientos de la superficie terrestre respecto del eje de rotación y movimientos en el interior; a largo plazo, la rotación es frenada por la fricción causada por las mareas. Por todo ello, la definición del segundo como la 86 400ava parte del día solar medio fue abandonada en 1960 y sustituida por la del segundo de efemérides antes citado y, actualmente, por el segundo dado por los relojes atómicos.

El TU que se obtiene directamente de las observaciones de tránsitos de estrellas se denomina UT0 y constituye una aproximación local al TU. Cuando UT0 es corregido de la componente rotacional debida a los movimientos del polo, se obtiene la escala UT1, que es independiente de la posición del observador sobre la Tierra. Esta escala debe ser usada siempre que la orientación de la Tierra en el espacio sea un parámetro esencial y, por lo tanto, es la adecuada para astronomía, navegación y ciertas aplicaciones de la geodesia. Entre los fenómenos estrechamente ligados a esta escala se encuentran los eclipses y ocultaciones, las observaciones de los periodos de los púlsares y los estudios de la rotación de la Tierra (en comparación con el TAI).

El TU y el TE se definieron de tal manera que a principios del siglo XX su diferencia era aproximadamente nula. En la actualidad la diferencia TE − TU (o con mayor propiedad TT − UT1) es de aproximadamente un minuto y, en promedio, aumenta casi un segundo por año.

De una manera aproximada, para el año (incluyendo fracción) A se puede calcular:

$$TT-UT1 = 69^{s},3 + 0^{s},08\,(A-2020) - 0^{s},041\,(A-2020)^2 + 0^{s},0037\,(A-2020)^3,$$

expresión válida entre 2016 y 2027.

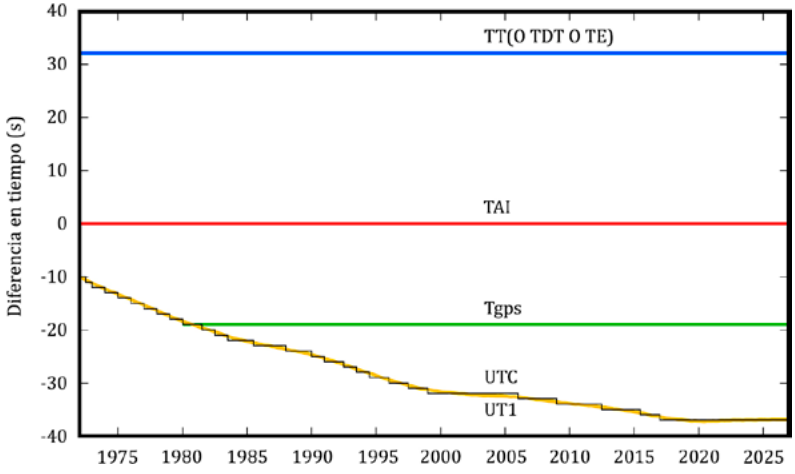
El Servicio Internacional de la Rotación Terrestre y de los Sistemas de Referencia (IERS) proporciona periódicamente los valores medidos y las predicciones de la diferencia *TT–UT1*.

Escala de difusión mundial: UTC

La escala de tiempo utilizada en la práctica se originó en la escala de TU, pues se basa en el tiempo solar medio y precedió históricamente al TAI. Sin embargo, dadas las variaciones no predecibles de la escala de TU respecto de una escala uniforme, continua y precisa como es el TAI, en 1972 se adoptó como base para los tiempos legales la escala de Tiempo Universal Coordinado (UTC) que supone un compromiso entre ambas escalas. En cada instante el UTC difiere del TAI en un número entero de segundos y difiere del UT1 en menos de un segundo. Dado que la diferencia entre TAI

y UT1 se incrementa a razón de una fracción de segundo por año, ocasionalmente resulta necesario retocar la escala del UTC en exactamente 1^s; ello suele hacerse "repitiendo" el último segundo (*intercalar*) del 30 de junio o, más comúnmente, del 31 de diciembre. Es decir, la disminución gradual de la velocidad de rotación de la Tierra se traduce en un alargamiento del día y en que deba añadirse un segundo cada uno o varios años. El primer cambio se produjo en el propio año 1972.

La escala UTC es la que se difunde como señales horarias y, por lo tanto, resulta fácilmente disponible para la mayor parte de usos civiles, de navegación y astronómicos. Si se requiere algo más de precisión, es posible decodificar electrónicamente una predicción de la diferencia UT1 − UTC que, redondeada a la décima de segundo, es transmitida en algunas señales horarias y se denomina DUT1. Si se necesita disponer del TT o del TAI con mucha más precisión (como ocurre en ciertas observaciones astronómicas y geodésicas), se puede recurrir a las señales emitidas por la flotilla de satélites que constituyen el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), con los que se obtiene una precisión instantánea mejor que el microsegundo. Promediando medidas en diez días se llega a una precisión de 10 nanosegundos. Su tiempo interno es tal que T_{GPS} = TAI − 19^s, pero incorpora correcciones para suministrar también UTC a los usuarios.



Fecha	TT–UT1
2019 ene 1	$69^{s}.22$
2020 ene 1	$69^{s}.36$
2021 ene 1	$69^{s}.36$
2022 ene 1	$69^{s}.29$
2023 ene 1	$69^{s}.20$
2024 ene 1	$69^{s}.18$
2025 ene 1	$69^{s}.14$
2026 ene 1	$69^{s}.11$
2027 ene 1 (pred.)	$69^{s}.10$
2028 ene 1 (pred.)	$69^{s}.09$

Fecha	TAI–UTC
2017 ene 1	37^{s}

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^{s} en la diferencia DTA=TAI–UTC, desde 2017 hasta 2028.

El contexto en que aparece la expresión "tiempo universal" debe sugerir si se trata de UT1 o de UTC. En astronomía siempre se refiere a UT1, salvo si se indica otra cosa. Aunque la escala de tiempos propia para el cálculo de las efemérides es una escala uniforme (como son TT y TAI), en este ANUARIO hemos referido los tiempos al tiempo universal pues es de más fácil acceso. Para ello ha sido necesario extrapolar la diferencia TT–UT1.

Tiempo sidéreo: θ_v, θ_m

El tiempo sidéreo es otra escala de tiempo astronómica ligada a la rotación de la Tierra en la que, a diferencia del tiempo solar, se toma como referencia la posición de las estrellas. Se determina observando los instantes de tránsito de estrellas por el meridiano, pues el tiempo sidéreo local verdadero (o aparente) de un lugar en un instante dado coincide con la ascensión recta del astro que culmina en tal instante. En la actualidad también se determina por medidas efectuadas con láser de la distancia a la Luna y a satélites artificiales (cuyas órbitas no están afectadas por las pequeñas irregularidades en la rotación de la Tierra) y por observaciones interferométricas de radiofuentes, que constituye el método más preciso.

El tiempo sidéreo se define, con rigor, con referencia a la dirección en que se cruzan el plano del ecuador y el de la eclíptica. Tal dirección se conoce como *equinoccio de primavera, punto vernal* o *punto Aries*.

Dado que este es el origen de medida de la *ascensión recta*, el ángulo horario *AH* de un astro de ascensión recta α se relaciona con el tiempo sidéreo local θ mediante:

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

Cuando se consideran el ecuador y la eclíptica medios (los obtenidos considerando solo la precesión), se obtiene el *tiempo sidéreo medio*, θ_m, que constituye una escala prácticamente uniforme y que se relaciona por medio de una fórmula con la del tiempo universal UT1. Cuando se incluyen los efectos de la nutación (ecuador y eclíptica verdaderos), se obtiene el *tiempo sidéreo verdadero*, θ_v. La diferencia entre ellos es inferior a $1^s,2$ y se denomina *ecuación de los equinoccios*:

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

siendo *DJ* el día juliano considerado.

La relación entre el tiempo sidéreo verdadero local (θ_v) y el tiempo universal (UT1) para un lugar de longitud (positiva hacia el este) λ_E en el día juliano *DJ* se obtiene mediante:

$$\theta_v = 6^h,69737211 + 0^h,06570982486\ (DJ_{0^h} - 2\,451\,545) + EcEq + \\ + 1{,}0027379093\ UT\ 1 + \lambda_E$$

donde los dos primeros sumandos dan el tiempo sidéreo medio en Greenwich a 0h 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 2025 y el 2036. El resultado debe expresarse entre 0^h y 24^h. Si se desea obtener el tiempo sidéreo medio, basta con prescindir del sumando *EcEq*. El cálculo del tiempo sidéreo local θ_v es necesario, por ejemplo, para determinar el ángulo horario *AH* de un astro a observar en un instante dado y cuya ascensión recta α sea conocida:

$$\textit{ángulo horario} = \textit{tiempo sidéreo verdadero} - \textit{ascensión recta}$$
$$AH = \theta_v - \alpha.$$

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

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

$\theta_v - EcEq - 6^h{,}745117 - 0^h{,}065709824\ (DJ_{0^h} - 2\,450\,450) - \lambda_E$
se expresa el resultado entre 0^h y 24^h, se suman 24^h si es necesario y a continuación se multiplica por 0,9972695663.

La duración de un día sidéreo medio es de $23^h56^m04^s{,}0905$. El periodo de rotación de la Tierra respecto de las estrellas, en que se prescinde del efecto de la precesión del equinoccio, es de $23^h56^m04^s{,}0989$.

Tiempos solares

En el origen del concepto de Tiempo Universal se encuentra el del *tiempo solar*. El tiempo que indica un reloj de sol puede diferir en muchos minutos, incluso en horas, del Tiempo Oficial en un lugar dado, pues uno se basa en el movimiento diurno del Sol verdadero tal como es observado en tal lugar y el otro en un convenio que uniformiza el tiempo en países.

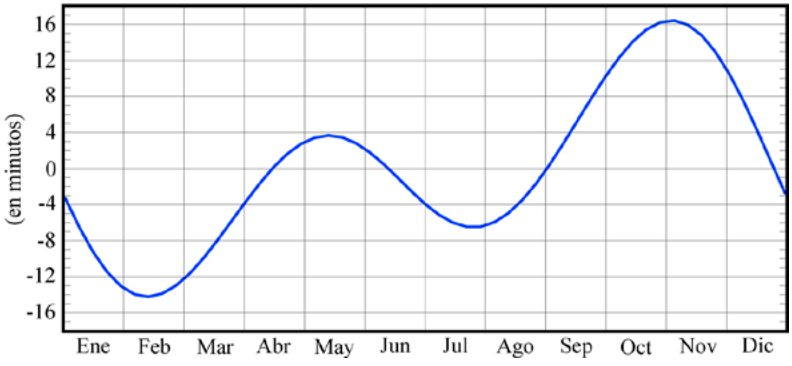
El *tiempo solar (local) verdadero* se define como el ángulo horario del Sol (o sea, la diferencia entre el tiempo sidéreo local verdadero θ_v y la ascensión recta del Sol $\alpha_\odot$). Este tiempo no es uniforme debido a la elipticidad de la órbita de la Tierra, a la inclinación relativa entre el plano de la eclíptica y el del ecuador, y a las irregularidades de la rotación de la Tierra. Dicha no uniformidad da lugar a que la duración de un día solar verdadero (dado por pasos consecutivos del centro del Sol por el meridiano del lugar) pueda diferir de la del día precedente en casi un segundo; su diferencia con 24 horas exactas (86 400 segundos) puede ser de hasta 30 segundos. El *tiempo solar verdadero* puede ser determinado por observación del Sol y fue la base de las efemérides astronómicas publicadas hasta mediados del siglo XIX, siendo sustituido por el *tiempo solar medio*.

Se denomina *tiempo solar (local) medio* al que se obtiene considerando un Sol "ficticio" que se mueve en el plano del ecuador de manera que su ángulo horario varíe de manera uniforme, coincidiendo con el movimiento medio del Sol verdadero. La diferencia entre el tiempo solar verdadero y el medio se denomina *ecuación de tiempo* y puede llegar a superar los 16 minutos. Una expresión aproximada de esta diferencia, válida para un día d de este año, viene dada por:

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

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

Ecuación de tiempo



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

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

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

Emisores de señales de tiempo

El método de obtención del tiempo correspondiente a una escala dada (en general TAI o UTC) depende de la precisión que se requiera. Vía teléfono (y señales horarias) la precisión no es de esperar que sea mejor que 30 ms (milisegundos), debido a inestabilidades y retardos en la propagación telefónica.

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

Emisoras de señales horarias con emisión continua

Indicativo	Emplazamiento país	Latitud Longitud	Frecuencia de la portadora
	Onda corta		MHz
BPM	Pucheng China	+35° 00′ 109° 31′	5; 10
CHU	Ottawa Canadá	+45° 18′ −75° 45′	3,33; 7,85; 14,67
HLA	Daejeon Rep. de Corea	+36° 23′ 127° 22′	5
MIKES	Espoo Finlandia	+60° 11′ 24° 50′	25
RWM	Moscú Rusia	+56° 44′ 37° 38′	4,996; 9,996; 14,996
WWV	Fort Collins EEUU	+40° 41′ −105° 03′	2,5; 5; 10; 15; 20; 25
WWVH	Kauai EEUU	+21° 59′ −159° 46′	2,5; 5; 10; 15
	Onda larga		kHz
ALS162	Allouis Francia	+47° 10′ 2° 12′	162
BPL	Pucheng China	+34° 56′ 109° 32′	100
DCF77	Mainflingen Alemania	+50° 01′ 9° 00′	77,5
JJY	Tamura Japón	+37° 22′ 140° 51′	40
JJY	Saga Japón	+33° 28′ 130° 11′	60
MSF	Anthorn Reino Unido	+54° 54′ −3° 16′	60
PCSK225	Solec Kujawski Polonia	+53° 01′ 18° 16′	225
RBU	Moscú Rusia	+56° 44′ 37° 40′	200/3
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. Las señales que se transmiten están codificadas de distinta manera, según cuál 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.

En España, el Real Instituto y Observatorio de la Armada (San Fernando, Cádiz) participa en la generación de la escala TAI y mantiene el patrón de tiempo nacional, denominado UTC (ROA), garantizando su correlación y trazabilidad con respecto a la escala internacional UTC. Asimismo, realiza la difusión de la hora legal a través de dos servidores públicos NTP, hora.roa.es y minuto.roa.es, y por vía telefónica (tel. 956599429). Además ofrece servicios de certificación horaria y de calibración.

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***.

Relaciones válidas en el año

Días desde el inicio de siglo = 9496 + día del año

Días hasta el fin de siglo = 27 028 − día del año

Día juliano = 2 461 405,5 + día del año + $TU/24^{h}$

Día juliano modificado = 61 405 + día del año + $TU/24^{h}$

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

$$T = (J2027.5 - J2000.0)/36\,525 = 0{,}275$$

Tiempo sidéreo local en el día d, instante TU y longitud λ_E :

$$\theta_{med} = 6^{h}{,}629100 + 0^{h}{,}065709825\ d + 1{,}00273791\ TU + \lambda_E$$

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

Ecuación de los equinoccios = $0^{s}{,}67 + 0^{s}{,}00043\ d$ (error < $0^{s}{,}1$)

2.2. 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 esta 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 solo 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 15º (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 −7º,5 y +7º,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 180º. 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, Kazajstán, México, Mongolia, 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 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 septiembre 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 70 países del mundo adoptan un horario adelantado durante parte del año en algunos de sus territorios.

En las 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 y 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 octubre de 2022 Fiji anuló el cambio horario que se iba a producir el 13 de noviembre del mismo año.

Tiempo oficial referido al Tiempo Universal

TO-TU	Países o regiones
	EUROPA
- 1^h	I. Azores* (Portugal)
+ 0^h	Irlanda*; Islandia; Portugal*; Reino Unido*; I. Canarias* (España); I. Feroe* (Dinamarca); I. Madeira* (Portugal)

Tiempo oficial referido al Tiempo Universal

TO-TU	Países o regiones
+ 1^h	Albania*; Alemania*; Andorra*; Austria*; Bélgica*; Bosnia y Herzegovina*; Ciudad del Vaticano*; Croacia*; Dinamarca*; Eslovaquia*; Eslovenia*; España* (península y Baleares); Francia*; Hungría*; Italia*; Kosovo*; Liechtenstein*; Luxemburgo*; Macedonia del Norte*; Malta*; Mónaco*; Montenegro*; Noruega*; Países Bajos*; Polonia*; R. Checa*; San Marino*; Serbia*; Suecia*; Suiza*; I. Jan Mayen*, Spitzberg* y Svalbarad* (Noruega); Gibraltar* (RU)
+ 2^h	Bulgaria*; Chipre*; Estonia*; Finlandia*; Grecia*; Letonia*; Lituania*; Moldavia*; Rumania*; Rusia (hora de Kaliningrado); Ucrania* (excepto Crimea, Donetsk y Lugansk)
+ 3^h	Bielorrusia; Rusia (hora de Moscú); Ucrania (Crimea, Donetsk y Lugansk)
	ÁFRICA
- 1^h	Cabo Verde
+ 0^h	Burkina Faso; Costa de Marfil; Gambia; Ghana; Guinea; Guinea Bissau; Liberia; Mali; Mauritania; Santo Tomé y Príncipe; Senegal; Sierra Leona; Togo; I. Ascensión, Santa Elena y Tristán de Acuña (RU)
+ 1^h	Angola; Argelia; Benin; Camerún; Congo; Chad; Gabón; Guinea Ecuatorial; Marruecos*; Níger; Nigeria; R. Centroafricana; R.D. Congo (hora de África Occidental); Sahara Occidental*; Túnez
+ 2^h	Botswana; Burundi; Egipto*; Eswatini; Lesotho; Libia; Malawi; Mozambique; Namibia; R.D. Congo (hora de África Central); Rwanda; Sudáfrica; Sudán; Sudán del Sur; Zambia; Zimbabwe
+ 3^h	Comoras; Djibouti; Eritrea; Etiopía; Kenia; Madagascar; Somalia; Tanzania; Uganda; I. Mayotte (Fr.)
+ 4^h	Mauricio; Seychelles; I. Reunión (Fr.)
	ASIA
+ 2^h	Israel*; Líbano*; Palestina*
+ 3^h	Arabia Saudí; Bahrein; Iraq; Jordania; Kuwait; Qatar; Siria; Turquía; Yemen
+ 3^h 30^m	Irán*
+ 4^h	Armenia; Azerbaiyán; Emiratos Árabes Unidos; Georgia; Omán; Rusia (hora de Samara)
+ 4^h 30^m	Afganistán
+ 5^h	Kazajstán; Maldivas; Pakistán; Rusia (hora de Ekaterimburgo); Tayikistán; Turkmenistán; Uzbekistán
+ 5^h 30^m	India; Sri Lanka; I. Andamán y Nicobar (India)
+ 5^h 45^m	Nepal

Tiempo oficial referido al Tiempo Universal

TO-TU	Países o regiones
+ 6^h	Bangladesh; Bhután; Kirguistán; Rusia (hora de Omsk)
+ 6^h 30^m	Myanmar; I. Cocos (Australia)
+ 7^h	Camboya; Indonesia (zona horaria occidental); Laos; Mongolia (Hovd); Rusia (hora de Krasnoyarsk y Novosibirsk); Tailandia; Vietnam
+ 8^h	Brunei Darussalam; China; Filipinas; Hong Kong (China); Indonesia (zona horaria central); Macao (China); Malasia; Mongolia (Choibalsan, Ulaanbaatar); Rusia (hora de Irkutsk); Singapur; Taiwán
+ 9^h	R. de Corea; R. Popular Democrática de Corea; Indonesia (zona horaria oriental); Japón; Rusia (hora de Yakutsk); Timor Oriental
+ 10^h	Rusia (hora de Vladivostok); I. Bonin (Japón)
+ 11^h	Rusia (hora de Magadán y Srednekolimsk)
+ 12^h	Rusia (hora de Kamchatka)
	OCEANÍA
+ 7^h	I. Christmas (Australia)
+ 8^h	Australia (Occidental)
+ 8^h 45^m	Australia (Eucla)
+ 9^h	Palaos
+ 9^h 30^m	Australia (Meridional* y Territorio del Norte)
+ 10^h	Australia (Queensland, Territorio de la Capital Australiana*, N. Gales del Sur*, Tasmania*, Victoria*); Micronesia (Yap, Chuuk); Papúa Nueva Guinea; Guam (EEUU); Marianas del Norte (EEUU)
+ 10^h 30^m	I. Lord Howe* (Australia)
+ 11^h	Islas Salomón; Micronesia (Pohnpei, Kosrae); Vanuatu; I. Norfolk* (Australia); Nueva Caledonia (Fr.)
+ 12^h	Fiji; Islas Marshall; Kiribati (I. Gilbert); Nauru; Nueva Zelanda*; Tuvalu; I. Wallis y Futuna (Fr.)
+ 12^h 45^m	I. Chatham* (Nueva Zelanda)
+ 13^h	Kiribati (I. Fenix); Samoa; Tonga
+ 14^h	Kiribiati (I. Línea)
- 11^h	Niue (Nueva Zelanda); Samoa americana (EEUU)
- 10^h	Cook (Nueva Zelanda); Hawaii (EEUU); I. Sociedad, Tuamotu y Australes (Fr.)
- 9^h 30^m	I. Marquesas (Fr.)
- 9^h	I. Gambier (Fr.)
- 8^h	I. Pitcairn (RU)

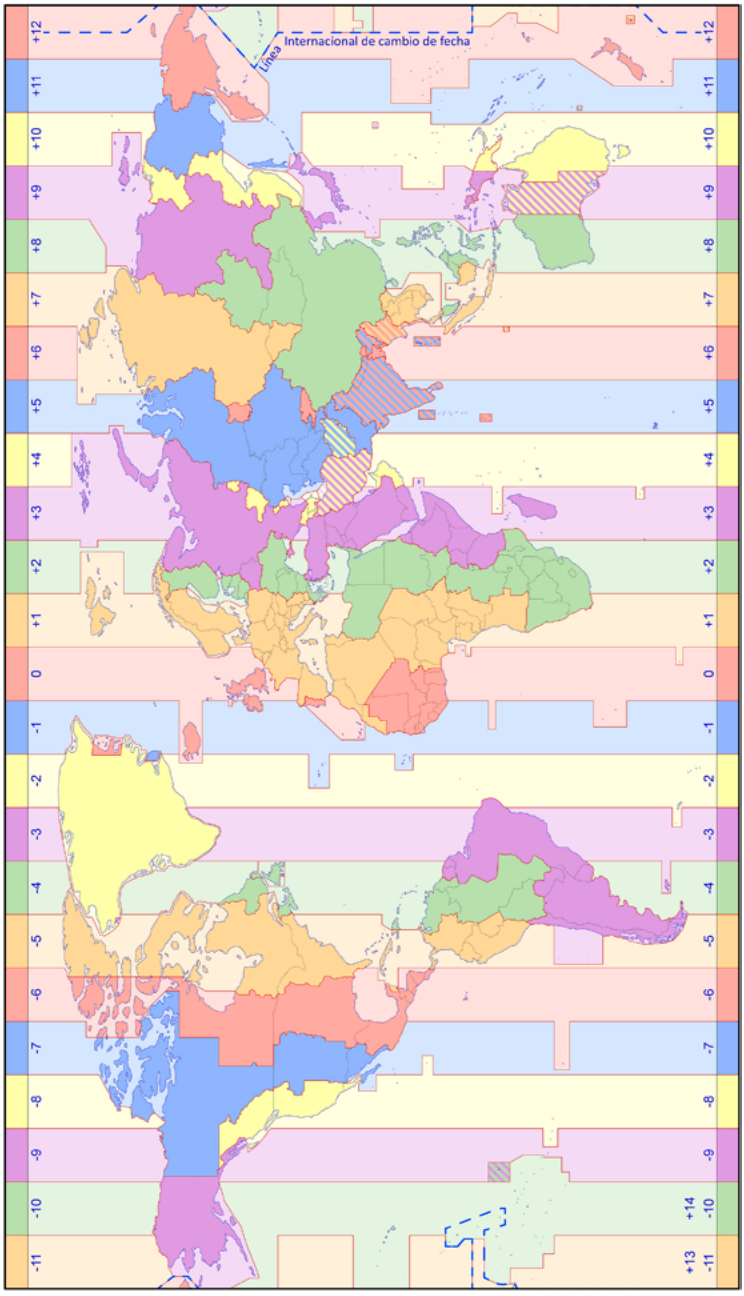
Tiempo oficial referido al Tiempo Universal

TO-TU	Países o regiones
	AMÉRICA
- 10^h	EEUU (I. Aleutianas* al oeste de −169º,5)
- 9^h	EEUU (Alaska* e I. Aleutianas* al este de −169º,5)
- 8^h	Canadá (zona horaria Pacífico*); EEUU (zona horaria Pacífico*); México (zona horaria Noroeste*)
- 7^h	Canadá (zona horaria Montaña*); EEUU (zona horaria Montaña*); México (zona horaria Pacífico* y Montaña)
- 6^h	Belice; Canadá (zona horaria Central*); Costa Rica; El Salvador; EEUU (zona horaria Central*); Guatemala; Honduras; México (zona horaria Centro); Nicaragua; I. Galápagos (Ecuador); I. de Pascua* (Chile); I. Salas y Gómez* (Chile)
- 5^h	Bahamas*; Brasil (Acre); Canadá (zona horaria Este*); Colombia; Cuba*; Ecuador; EEUU (zona horaria Este*); Haití*; Jamaica; México (zona horaria Sureste); Panamá; Perú; I. Caimán (RU); I. Turcas y Caicos* (RU)
- 4^h	Antigua y Barbuda; Barbados; Bolivia; Brasil (Mato Grosso y Noroeste); Canadá (zona horaria Atlántico*); Chile*; Dominica; R. Dominicana; Granada; Guyana; San Cristóbal y Nieves; San Vicente y las Granadinas; Santa Lucía; Trinidad y Tobago; Venezuela; Anguila (RU); Antillas Francesas (Fr.); Antillas Holandesas (Países Bajos); Bermudas* (RU); I. Desventuradas (Chile)*; I. Juan Fernández (Chile)*; Montserrat (RU); Puerto Rico (EEUU); I. Vírgenes Británicas (RU); I. Vírgenes de los Estados Unidos (EEUU)
- $3^h\ 30^m$	Canadá (zona horaria Terranova*)
- 3^h	Argentina; Brasil (Noreste y Sureste); Surinam; Uruguay; Guayana francesa (Fr.); I. Malvinas (RU); Paraguay; Región de Magallanes (Chile); I. de San Pedro y Miquelón* (Fr.); Pituffik (Groenlandia, Dinamarca)
- 2^h	I. Fernando do Noronha (Brasil); I. Georgias del Sur y Sandwich del Sur (RU); Groenlandia* (Dinamarca)
- 1^h	Scorebysund* (Groenlandia, Dinamarca)
+ 0^h	Danmarkshavn (Groenlandia, Dinamarca)

La mayor parte de esta información se refiere al tiempo oficial en vigor el día 1 de marzo de 2025.

Abreviaturas: **Fr.** Francia, **I.** isla, **R.** República, **RU** Reino Unido.

Mapa de husos horarios



La hora en España

Todos los tiempos en el ANUARIO vienen expresados en Tiempo Universal (UT1), salvo que se indique lo contrario. El tiempo oficial en la Península y Baleares corresponde a UTC+1^h en el horario de otoño e invierno y a UTC+2^h en el horario de primavera y verano (horario "adelantado"). UTC es el Tiempo Universal Coordinado, que se da con las señales horarias. El tiempo oficial en Canarias corresponde a una hora menos que el peninsular, de manera que es igual al UTC en otoño e invierno. Desde otoño de 1996 los cambios de horario son comunes para toda Europa central: el horario adelantado se inicia a la 1^h TU (las 2^h de la madrugada en la Península) del último domingo de marzo, momento en que los relojes se adelantan una hora, y dura hasta la 1^h TU (las 3^h de la madrugada en la Península) del último domingo de octubre, momento en que los relojes se retrasan una hora.

El último domingo de marzo cae entre los días 25 y 31 (ambos inclusive). Este día tiene oficialmente una hora menos. El último domingo de octubre cae entre los días 25 y 31 (ambos inclusive). Este día tiene oficialmente una hora más.

El día 12 de septiembre de 2018, la Comisión Europea presentó el proyecto de Directiva sobre el cambio de hora estacional, sin embargo, no se ha adoptado ninguna decisión definitiva sobre este asunto y no se ha establecido ningún plazo para tomar dicha decisión: sigue vigente el sistema actual, que prolonga las horas diurnas en verano mediante cambios de una hora en el reloj.

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

2027 Domingos 28 de marzo y 31 de octubre.

2.3. Tablas de tiempos

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

Enero 2027

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.–med.)	Ecuación de tiempo (v.–m.)	
				h	*m*	*s*	*s*	*m*	*s*
1	V	1	2461406,5	06	41	41,961	+0,645	-03	12
2	S	2	2461407,5	06	45	38,517	+0,646	-03	40
3	D	3	2461408,5	06	49	35,075	+0,649	-04	08
4	L	4	2461409,5	06	53	31,636	+0,654	-04	36
5	M	5	2461410,5	06	57	28,199	+0,661	-05	03
6	M	6	2461411,5	07	01	24,762	+0,670	-05	30
7	J	7	2461412,5	07	05	21,326	+0,678	-05	56
8	V	8	2461413,5	07	09	17,889	+0,686	-06	22
9	S	9	2461414,5	07	13	14,450	+0,691	-06	48
10	D	10	2461415,5	07	17	11,009	+0,695	-07	13
11	L	11	2461416,5	07	21	07,565	+0,696	-07	37
12	M	12	2461417,5	07	25	04,119	+0,694	-08	01
13	M	13	2461418,5	07	29	00,671	+0,691	-08	24
14	J	14	2461419,5	07	32	57,222	+0,686	-08	47
15	V	15	2461420,5	07	36	53,773	+0,682	-09	08
16	S	16	2461421,5	07	40	50,326	+0,680	-09	30
17	D	17	2461422,5	07	44	46,883	+0,681	-09	50
18	L	18	2461423,5	07	48	43,443	+0,686	-10	10
19	M	19	2461424,5	07	52	40,007	+0,694	-10	29
20	M	20	2461425,5	07	56	36,574	+0,706	-10	47
21	J	21	2461426,5	08	00	33,142	+0,719	-11	05
22	V	22	2461427,5	08	04	29,708	+0,730	-11	21
23	S	23	2461428,5	08	08	26,271	+0,737	-11	37
24	D	24	2461429,5	08	12	22,828	+0,739	-11	53
25	L	25	2461430,5	08	16	19,381	+0,737	-12	07
26	M	26	2461431,5	08	20	15,932	+0,732	-12	21
27	M	27	2461432,5	08	24	12,482	+0,726	-12	34
28	J	28	2461433,5	08	28	09,033	+0,722	-12	46
29	V	29	2461434,5	08	32	05,586	+0,720	-12	57
30	S	30	2461435,5	08	36	02,142	+0,720	-13	08
31	D	31	2461436,5	08	39	58,700	+0,723	-13	17

Febrero 2027

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.−med.)	Ecuación de tiempo (v.−m.)	
				h	*m*	*s*	*s*	*m*	*s*
1	L	32	2461437,5	08	43	55,260	+0,728	-13	26
2	M	33	2461438,5	08	47	51,821	+0,734	-13	34
3	M	34	2461439,5	08	51	48,383	+0,740	-13	42
4	J	35	2461440,5	08	55	44,944	+0,745	-13	48
5	V	36	2461441,5	08	59	41,503	+0,749	-13	54
6	S	37	2461442,5	09	03	38,060	+0,751	-13	59
7	D	38	2461443,5	09	07	34,614	+0,750	-14	03
8	L	39	2461444,5	09	11	31,166	+0,746	-14	06
9	M	40	2461445,5	09	15	27,716	+0,741	-14	09
10	M	41	2461446,5	09	19	24,264	+0,734	-14	10
11	J	42	2461447,5	09	23	20,813	+0,727	-14	11
12	V	43	2461448,5	09	27	17,363	+0,722	-14	12
13	S	44	2461449,5	09	31	13,915	+0,719	-14	11
14	D	45	2461450,5	09	35	10,471	+0,719	-14	10
15	L	46	2461451,5	09	39	07,031	+0,723	-14	07
16	M	47	2461452,5	09	43	03,594	+0,731	-14	04
17	M	48	2461453,5	09	47	00,158	+0,740	-14	01
18	J	49	2461454,5	09	50	56,722	+0,749	-13	56
19	V	50	2461455,5	09	54	53,283	+0,754	-13	51
20	S	51	2461456,5	09	58	49,840	+0,756	-13	46
21	D	52	2461457,5	10	02	46,392	+0,753	-13	39
22	L	53	2461458,5	10	06	42,941	+0,746	-13	32
23	M	54	2461459,5	10	10	39,488	+0,738	-13	24
24	M	55	2461460,5	10	14	36,036	+0,730	-13	16
25	J	56	2461461,5	10	18	32,585	+0,724	-13	07
26	V	57	2461462,5	10	22	29,138	+0,721	-12	58
27	S	58	2461463,5	10	26	25,693	+0,721	-12	48
28	D	59	2461464,5	10	30	22,250	+0,723	-12	37

Algunas fechas julianas notables son:

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

Marzo 2027

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.–med.)	Ecuación de tiempo (v.–m.)	
				h	*m*	*s*	*s*	*m*	*s*
1	L	60	2461465,5	10	34	18,809	+0,727	-12	26
2	M	61	2461466,5	10	38	15,368	+0,730	-12	15
3	M	62	2461467,5	10	42	11,927	+0,734	-12	03
4	J	63	2461468,5	10	46	08,485	+0,736	-11	50
5	V	64	2461469,5	10	50	05,040	+0,736	-11	37
6	S	65	2461470,5	10	54	01,593	+0,734	-11	24
7	D	66	2461471,5	10	57	58,143	+0,729	-11	10
8	L	67	2461472,5	11	01	54,691	+0,721	-10	56
9	M	68	2461473,5	11	05	51,238	+0,713	-10	41
10	M	69	2461474,5	11	09	47,785	+0,704	-10	26
11	J	70	2461475,5	11	13	44,332	+0,696	-10	11
12	V	71	2461476,5	11	17	40,882	+0,690	-09	55
13	S	72	2461477,5	11	21	37,435	+0,688	-09	39
14	D	73	2461478,5	11	25	33,992	+0,690	-09	23
15	L	74	2461479,5	11	29	30,552	+0,694	-09	06
16	M	75	2461480,5	11	33	27,114	+0,701	-08	50
17	M	76	2461481,5	11	37	23,676	+0,707	-08	33
18	J	77	2461482,5	11	41	20,236	+0,712	-08	15
19	V	78	2461483,5	11	45	16,793	+0,713	-07	58
20	S	79	2461484,5	11	49	13,345	+0,710	-07	40
21	D	80	2461485,5	11	53	09,894	+0,704	-07	23
22	L	81	2461486,5	11	57	06,440	+0,695	-07	05
23	M	82	2461487,5	12	01	02,986	+0,685	-06	47
24	M	83	2461488,5	12	04	59,534	+0,678	-06	29
25	J	84	2461489,5	12	08	56,084	+0,673	-06	10
26	V	85	2461490,5	12	12	52,638	+0,671	-05	52
27	S	86	2461491,5	12	16	49,194	+0,671	-05	34
28	D	87	2461492,5	12	20	45,752	+0,674	-05	16
29	L	88	2461493,5	12	24	42,310	+0,677	-04	58
30	M	89	2461494,5	12	28	38,869	+0,681	-04	40
31	M	90	2461495,5	12	32	35,427	+0,683	-04	22

El día juliano da el número de días transcurridos desde el mediodía medio en Greenwich del 1 de enero del año 4713 antes de Cristo. Por ello, a las 0^h de TU aparece la fracción 0,5. El denominado "día juliano modificado" se obtiene restando 2 400 000,5 días al día juliano que figura en la tabla. Se inicia a medianoche, lo cual resulta más conveniente en ciertas aplicaciones. Se suele designar por DJM o, por sus siglas en inglés, MJD.

Abril 2027

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.−med.)	Ecuación de tiempo (v.−m.)	
				h	*m*	*s*	*s*	*m*	*s*
1	J	91	2461496,5	12	36	31,983	+0,684	-04	04
2	V	92	2461497,5	12	40	28,536	+0,682	-03	46
3	S	93	2461498,5	12	44	25,087	+0,677	-03	29
4	D	94	2461499,5	12	48	21,636	+0,671	-03	11
5	L	95	2461500,5	12	52	18,183	+0,663	-02	54
6	M	96	2461501,5	12	56	14,730	+0,654	-02	37
7	M	97	2461502,5	13	00	11,277	+0,646	-02	20
8	J	98	2461503,5	13	04	07,826	+0,640	-02	03
9	V	99	2461504,5	13	08	04,379	+0,637	-01	46
10	S	100	2461505,5	13	12	00,936	+0,638	-01	30
11	D	101	2461506,5	13	15	57,496	+0,643	-01	14
12	L	102	2461507,5	13	19	54,058	+0,650	-00	58
13	M	103	2461508,5	13	23	50,621	+0,658	-00	43
14	M	104	2461509,5	13	27	47,182	+0,663	-00	28
15	J	105	2461510,5	13	31	43,740	+0,666	-00	13
16	V	106	2461511,5	13	35	40,295	+0,665	+00	02
17	S	107	2461512,5	13	39	36,845	+0,660	+00	16
18	D	108	2461513,5	13	43	33,393	+0,653	+00	30
19	L	109	2461514,5	13	47	29,940	+0,645	+00	43
20	M	110	2461515,5	13	51	26,489	+0,638	+00	56
21	M	111	2461516,5	13	55	23,039	+0,633	+01	09
22	J	112	2461517,5	13	59	19,593	+0,631	+01	21
23	V	113	2461518,5	14	03	16,149	+0,632	+01	33
24	S	114	2461519,5	14	07	12,708	+0,636	+01	44
25	D	115	2461520,5	14	11	09,269	+0,641	+01	55
26	L	116	2461521,5	14	15	05,829	+0,646	+02	05
27	M	117	2461522,5	14	19	02,389	+0,650	+02	15
28	M	118	2461523,5	14	22	58,947	+0,653	+02	24
29	J	119	2461524,5	14	26	55,504	+0,654	+02	33
30	V	120	2461525,5	14	30	52,057	+0,652	+02	41

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

$$\text{tiempo solar medio} + 12^{h} = \text{TU} + \text{longitud}_{este}$$

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

Mayo 2027

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.–med.)	Ecuación de tiempo (v.–m.)	
				h	*m*	*s*	*s*	*m*	*s*
1	S	121	2461526,5	14	34	48,609	+0,649	+02	49
2	D	122	2461527,5	14	38	45,158	+0,643	+02	56
3	L	123	2461528,5	14	42	41,707	+0,636	+03	03
4	M	124	2461529,5	14	46	38,256	+0,629	+03	09
5	M	125	2461530,5	14	50	34,806	+0,625	+03	14
6	J	126	2461531,5	14	54	31,360	+0,623	+03	19
7	V	127	2461532,5	14	58	27,918	+0,625	+03	24
8	S	128	2461533,5	15	02	24,479	+0,632	+03	27
9	D	129	2461534,5	15	06	21,044	+0,641	+03	31
10	L	130	2461535,5	15	10	17,610	+0,651	+03	33
11	M	131	2461536,5	15	14	14,174	+0,660	+03	36
12	M	132	2461537,5	15	18	10,735	+0,666	+03	37
13	J	133	2461538,5	15	22	07,293	+0,668	+03	38
14	V	134	2461539,5	15	26	03,846	+0,666	+03	39
15	S	135	2461540,5	15	30	00,397	+0,662	+03	38
16	D	136	2461541,5	15	33	56,947	+0,656	+03	38
17	L	137	2461542,5	15	37	53,497	+0,651	+03	37
18	M	138	2461543,5	15	41	50,049	+0,647	+03	35
19	M	139	2461544,5	15	45	46,604	+0,647	+03	33
20	J	140	2461545,5	15	49	43,162	+0,649	+03	30
21	V	141	2461546,5	15	53	39,722	+0,655	+03	26
22	S	142	2461547,5	15	57	36,284	+0,661	+03	23
23	D	143	2461548,5	16	01	32,847	+0,669	+03	18
24	L	144	2461549,5	16	05	29,410	+0,676	+03	13
25	M	145	2461550,5	16	09	25,971	+0,682	+03	08
26	M	146	2461551,5	16	13	22,530	+0,685	+03	02
27	J	147	2461552,5	16	17	19,086	+0,687	+02	55
28	V	148	2461553,5	16	21	15,641	+0,686	+02	48
29	S	149	2461554,5	16	25	12,193	+0,682	+02	41
30	D	150	2461555,5	16	29	08,744	+0,678	+02	33
31	L	151	2461556,5	16	33	05,295	+0,674	+02	24

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

tiempo sidéreo medio = tiempo sidéreo verdadero – Ec.Equin.

Junio 2027

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.–med.)	Ecuación de tiempo (v.–m.)	
				h	*m*	*s*	*s*	*m*	*s*
1	M	152	2461557,5	16	37	01,847	+0,670	+02	16
2	M	153	2461558,5	16	40	58,401	+0,669	+02	06
3	J	154	2461559,5	16	44	54,959	+0,672	+01	57
4	V	155	2461560,5	16	48	51,521	+0,679	+01	47
5	S	156	2461561,5	16	52	48,087	+0,689	+01	36
6	D	157	2461562,5	16	56	44,655	+0,702	+01	26
7	L	158	2461563,5	17	00	41,223	+0,714	+01	15
8	M	159	2461564,5	17	04	37,788	+0,723	+01	03
9	M	160	2461565,5	17	08	34,348	+0,729	+00	52
10	J	161	2461566,5	17	12	30,904	+0,729	+00	40
11	V	162	2461567,5	17	16	27,457	+0,727	+00	28
12	S	163	2461568,5	17	20	24,009	+0,723	+00	16
13	D	164	2461569,5	17	24	20,560	+0,719	+00	03
14	L	165	2461570,5	17	28	17,113	+0,717	-00	09
15	M	166	2461571,5	17	32	13,669	+0,717	-00	22
16	M	167	2461572,5	17	36	10,227	+0,720	-00	35
17	J	168	2461573,5	17	40	06,788	+0,726	-00	47
18	V	169	2461574,5	17	44	03,351	+0,733	-01	00
19	S	170	2461575,5	17	47	59,915	+0,742	-01	13
20	D	171	2461576,5	17	51	56,479	+0,750	-01	26
21	L	172	2461577,5	17	55	53,041	+0,757	-01	39
22	M	173	2461578,5	17	59	49,602	+0,763	-01	52
23	M	174	2461579,5	18	03	46,160	+0,765	-02	05
24	J	175	2461580,5	18	07	42,716	+0,766	-02	18
25	V	176	2461581,5	18	11	39,269	+0,764	-02	31
26	S	177	2461582,5	18	15	35,821	+0,760	-02	44
27	D	178	2461583,5	18	19	32,373	+0,756	-02	56
28	L	179	2461584,5	18	23	28,924	+0,753	-03	09
29	M	180	2461585,5	18	27	25,478	+0,751	-03	21
30	M	181	2461586,5	18	31	22,035	+0,753	-03	33

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:

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

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

Julio 2027

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.–med.)	Ecuación de tiempo (v.–m.)	
				h	*m*	*s*	*s*	*m*	*s*
1	J	182	2461587,5	18	35	18,596	+0,758	-03	45
2	V	183	2461588,5	18	39	15,161	+0,767	-03	57
3	S	184	2461589,5	18	43	11,728	+0,780	-04	08
4	D	185	2461590,5	18	47	08,296	+0,793	-04	19
5	L	186	2461591,5	18	51	04,863	+0,804	-04	30
6	M	187	2461592,5	18	55	01,426	+0,811	-04	41
7	M	188	2461593,5	18	58	57,983	+0,814	-04	51
8	J	189	2461594,5	19	02	54,537	+0,812	-05	01
9	V	190	2461595,5	19	06	51,088	+0,808	-05	10
10	S	191	2461596,5	19	10	47,639	+0,803	-05	19
11	D	192	2461597,5	19	14	44,192	+0,800	-05	27
12	L	193	2461598,5	19	18	40,746	+0,799	-05	35
13	M	194	2461599,5	19	22	37,303	+0,801	-05	43
14	M	195	2461600,5	19	26	33,863	+0,806	-05	50
15	J	196	2461601,5	19	30	30,425	+0,812	-05	56
16	V	197	2461602,5	19	34	26,988	+0,820	-06	02
17	S	198	2461603,5	19	38	23,551	+0,827	-06	08
18	D	199	2461604,5	19	42	20,113	+0,834	-06	13
19	L	200	2461605,5	19	46	16,673	+0,839	-06	17
20	M	201	2461606,5	19	50	13,231	+0,841	-06	21
21	M	202	2461607,5	19	54	09,786	+0,841	-06	25
22	J	203	2461608,5	19	58	06,339	+0,838	-06	27
23	V	204	2461609,5	20	02	02,890	+0,834	-06	30
24	S	205	2461610,5	20	05	59,440	+0,829	-06	31
25	D	206	2461611,5	20	09	55,990	+0,823	-06	32
26	L	207	2461612,5	20	13	52,542	+0,820	-06	33
27	M	208	2461613,5	20	17	49,096	+0,818	-06	33
28	M	209	2461614,5	20	21	45,653	+0,821	-06	32
29	J	210	2461615,5	20	25	42,214	+0,826	-06	31
30	V	211	2461616,5	20	29	38,779	+0,835	-06	29
31	S	212	2461617,5	20	33	35,345	+0,846	-06	27

Día de tiempo solar medio: $1^{d} = 24^{h} = 1440^{m} = 86\,400^{s}$

Día de tiempo sidéreo medio: 1^{d} TSM $= 23^{h}56^{m}04^{s},09053 =$

$=86\,164^{s},09053 = 0^{d},99726956633$

$$\frac{1 \text{ día solar medio}}{1 \text{ día sidéreo medio}} = 1{,}00273790935$$

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

Agosto 2027

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.−med.)	Ecuación de tiempo (v.−m.)	
				h	*m*	*s*	*s*	*m*	*s*
1	D	213	2461618,5	20	37	31,911	+0,857	-06	24
2	L	214	2461619,5	20	41	28,474	+0,864	-06	20
3	M	215	2461620,5	20	45	25,032	+0,867	-06	16
4	M	216	2461621,5	20	49	21,585	+0,865	-06	11
5	J	217	2461622,5	20	53	18,135	+0,860	-06	06
6	V	218	2461623,5	20	57	14,684	+0,853	-06	00
7	S	219	2461624,5	21	01	11,234	+0,847	-05	53
8	D	220	2461625,5	21	05	07,786	+0,844	-05	46
9	L	221	2461626,5	21	09	04,340	+0,843	-05	38
10	M	222	2461627,5	21	13	00,898	+0,845	-05	29
11	M	223	2461628,5	21	16	57,457	+0,849	-05	20
12	J	224	2461629,5	21	20	54,018	+0,855	-05	11
13	V	225	2461630,5	21	24	50,579	+0,860	-05	01
14	S	226	2461631,5	21	28	47,139	+0,865	-04	50
15	D	227	2461632,5	21	32	43,697	+0,868	-04	38
16	L	228	2461633,5	21	36	40,253	+0,869	-04	27
17	M	229	2461634,5	21	40	36,807	+0,867	-04	14
18	M	230	2461635,5	21	44	33,358	+0,862	-04	01
19	J	231	2461636,5	21	48	29,907	+0,856	-03	48
20	V	232	2461637,5	21	52	26,455	+0,849	-03	34
21	S	233	2461638,5	21	56	23,003	+0,841	-03	19
22	D	234	2461639,5	22	00	19,552	+0,835	-03	05
23	L	235	2461640,5	22	04	16,102	+0,830	-02	49
24	M	236	2461641,5	22	08	12,656	+0,829	-02	33
25	M	237	2461642,5	22	12	09,214	+0,831	-02	17
26	J	238	2461643,5	22	16	05,775	+0,836	-02	01
27	V	239	2461644,5	22	20	02,337	+0,844	-01	44
28	S	240	2461645,5	22	23	58,901	+0,851	-01	27
29	D	241	2461646,5	22	27	55,462	+0,858	-01	09
30	L	242	2461647,5	22	31	52,020	+0,860	-00	51
31	M	243	2461648,5	22	35	48,573	+0,858	-00	33

Duración media de distintos tipos de años:

Año juliano:	$365^{d},25000$
Año gregoriano:	$365^{d},24250$
Año trópico:	$365^{d},24219$
Año sidéreo:	$365^{d},25636$
Año anomalístico:	$365^{d},25964$
Año eclíptico:	$346^{d},62005$

Septiembre 2027

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.–med.)	Ecuación de tiempo (v.–m.)	
				h	*m*	*s*	*s*	*m*	*s*
1	M	244	2461649,5	22	39	45,122	+0,852	-00	14
2	J	245	2461650,5	22	43	41,669	+0,843	+00	05
3	V	246	2461651,5	22	47	38,216	+0,835	+00	24
4	S	247	2461652,5	22	51	34,765	+0,828	+00	44
5	D	248	2461653,5	22	55	31,317	+0,824	+01	04
6	L	249	2461654,5	22	59	27,871	+0,824	+01	24
7	M	250	2461655,5	23	03	24,429	+0,826	+01	44
8	M	251	2461656,5	23	07	20,987	+0,829	+02	04
9	J	252	2461657,5	23	11	17,546	+0,833	+02	25
10	V	253	2461658,5	23	15	14,105	+0,836	+02	46
11	S	254	2461659,5	23	19	10,662	+0,838	+03	07
12	D	255	2461660,5	23	23	07,217	+0,838	+03	28
13	L	256	2461661,5	23	27	03,770	+0,835	+03	49
14	M	257	2461662,5	23	31	00,320	+0,829	+04	11
15	M	258	2461663,5	23	34	56,868	+0,822	+04	32
16	J	259	2461664,5	23	38	53,414	+0,813	+04	54
17	V	260	2461665,5	23	42	49,961	+0,804	+05	15
18	S	261	2461666,5	23	46	46,508	+0,796	+05	37
19	D	262	2461667,5	23	50	43,057	+0,789	+05	58
20	L	263	2461668,5	23	54	39,608	+0,786	+06	20
21	M	264	2461669,5	23	58	36,164	+0,786	+06	41
22	M	265	2461670,5	00	02	32,722	+0,789	+07	02
23	J	266	2461671,5	00	06	29,283	+0,794	+07	24
24	V	267	2461672,5	00	10	25,844	+0,800	+07	45
25	S	268	2461673,5	00	14	22,405	+0,806	+08	06
26	D	269	2461674,5	00	18	18,963	+0,808	+08	26
27	L	270	2461675,5	00	22	15,517	+0,806	+08	47
28	M	271	2461676,5	00	26	12,066	+0,801	+09	07
29	M	272	2461677,5	00	30	08,613	+0,792	+09	27
30	J	273	2461678,5	00	34	05,159	+0,783	+09	47

Año juliano:

$$1 \text{ año} = 365^{\text{d}}{,}25 = 8766^{\text{h}} = 525\,960^{\text{m}} = 31\,557\,600^{\text{s}}$$

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 2027

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.–med.)	Ecuación de tiempo (v.–m.)	
				h	*m*	*s*	*s*	*m*	*s*
1	V	274	2461679,5	00	38	01,706	+0,775	+10	07
2	S	275	2461680,5	00	41	58,256	+0,769	+10	26
3	D	276	2461681,5	00	45	54,810	+0,767	+10	45
4	L	277	2461682,5	00	49	51,366	+0,768	+11	04
5	M	278	2461683,5	00	53	47,925	+0,771	+11	22
6	M	279	2461684,5	00	57	44,484	+0,775	+11	40
7	J	280	2461685,5	01	01	41,043	+0,779	+11	58
8	V	281	2461686,5	01	05	37,601	+0,782	+12	15
9	S	282	2461687,5	01	09	34,157	+0,782	+12	32
10	D	283	2461688,5	01	13	30,710	+0,780	+12	49
11	L	284	2461689,5	01	17	27,261	+0,776	+13	05
12	M	285	2461690,5	01	21	23,810	+0,770	+13	20
13	M	286	2461691,5	01	25	20,358	+0,762	+13	36
14	J	287	2461692,5	01	29	16,904	+0,753	+13	50
15	V	288	2461693,5	01	33	13,452	+0,745	+14	04
16	S	289	2461694,5	01	37	10,001	+0,739	+14	18
17	D	290	2461695,5	01	41	06,553	+0,735	+14	31
18	L	291	2461696,5	01	45	03,108	+0,735	+14	43
19	M	292	2461697,5	01	48	59,667	+0,739	+14	55
20	M	293	2461698,5	01	52	56,229	+0,745	+15	06
21	J	294	2461699,5	01	56	52,791	+0,752	+15	16
22	V	295	2461700,5	02	00	49,353	+0,758	+15	26
23	S	296	2461701,5	02	04	45,912	+0,762	+15	35
24	D	297	2461702,5	02	08	42,468	+0,763	+15	44
25	L	298	2461703,5	02	12	39,020	+0,760	+15	51
26	M	299	2461704,5	02	16	35,569	+0,754	+15	58
27	M	300	2461705,5	02	20	32,117	+0,746	+16	05
28	J	301	2461706,5	02	24	28,665	+0,739	+16	10
29	V	302	2461707,5	02	28	25,216	+0,734	+16	15
30	S	303	2461708,5	02	32	21,770	+0,732	+16	19
31	D	304	2461709,5	02	36	18,327	+0,734	+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 2027

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.–med.)	Ecuación de tiempo (v.–m.)	
				h	*m*	*s*	*s*	*m*	*s*
1	L	305	2461710,5	02	40	14,886	+0,738	+16	24
2	M	306	2461711,5	02	44	11,448	+0,744	+16	26
3	M	307	2461712,5	02	48	08,009	+0,750	+16	27
4	J	308	2461713,5	02	52	04,570	+0,756	+16	27
5	V	309	2461714,5	02	56	01,129	+0,759	+16	26
6	S	310	2461715,5	02	59	57,685	+0,760	+16	24
7	D	311	2461716,5	03	03	54,239	+0,759	+16	22
8	L	312	2461717,5	03	07	50,791	+0,756	+16	19
9	M	313	2461718,5	03	11	47,341	+0,750	+16	15
10	M	314	2461719,5	03	15	43,891	+0,744	+16	10
11	J	315	2461720,5	03	19	40,440	+0,738	+16	04
12	V	316	2461721,5	03	23	36,991	+0,734	+15	58
13	S	317	2461722,5	03	27	33,544	+0,732	+15	50
14	D	318	2461723,5	03	31	30,101	+0,733	+15	42
15	L	319	2461724,5	03	35	26,662	+0,739	+15	33
16	M	320	2461725,5	03	39	23,226	+0,747	+15	23
17	M	321	2461726,5	03	43	19,791	+0,757	+15	12
18	J	322	2461727,5	03	47	16,356	+0,767	+15	01
19	V	323	2461728,5	03	51	12,919	+0,774	+14	48
20	S	324	2461729,5	03	55	09,479	+0,778	+14	35
21	D	325	2461730,5	03	59	06,034	+0,779	+14	21
22	L	326	2461731,5	04	03	02,586	+0,775	+14	06
23	M	327	2461732,5	04	06	59,137	+0,771	+13	50
24	M	328	2461733,5	04	10	55,687	+0,766	+13	33
25	J	329	2461734,5	04	14	52,240	+0,763	+13	16
26	V	330	2461735,5	04	18	48,795	+0,763	+12	58
27	S	331	2461736,5	04	22	45,353	+0,766	+12	39
28	D	332	2461737,5	04	26	41,915	+0,772	+12	19
29	L	333	2461738,5	04	30	38,478	+0,780	+11	59
30	M	334	2461739,5	04	34	35,042	+0,789	+11	38

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:

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

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

Diciembre 2027

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.−med.)	Ecuación de tiempo (v.−m.)	
				h	*m*	*s*	*s*	*m*	*s*
1	M	335	2461740,5	04	38	31,606	+0,797	+11	16
2	J	336	2461741,5	04	42	28,168	+0,803	+10	54
3	V	337	2461742,5	04	46	24,728	+0,808	+10	31
4	S	338	2461743,5	04	50	21,285	+0,810	+10	07
5	D	339	2461744,5	04	54	17,840	+0,809	+09	43
6	L	340	2461745,5	04	58	14,393	+0,807	+09	18
7	M	341	2461746,5	05	02	10,945	+0,804	+08	53
8	M	342	2461747,5	05	06	07,497	+0,800	+08	27
9	J	343	2461748,5	05	10	04,049	+0,797	+08	01
10	V	344	2461749,5	05	14	00,604	+0,796	+07	34
11	S	345	2461750,5	05	17	57,161	+0,798	+07	07
12	D	346	2461751,5	05	21	53,723	+0,804	+06	40
13	L	347	2461752,5	05	25	50,288	+0,814	+06	12
14	M	348	2461753,5	05	29	46,855	+0,826	+05	44
15	M	349	2461754,5	05	33	43,423	+0,838	+05	15
16	J	350	2461755,5	05	37	39,989	+0,849	+04	46
17	V	351	2461756,5	05	41	36,552	+0,856	+04	17
18	S	352	2461757,5	05	45	33,110	+0,859	+03	48
19	D	353	2461758,5	05	49	29,665	+0,859	+03	19
20	L	354	2461759,5	05	53	26,217	+0,856	+02	49
21	M	355	2461760,5	05	57	22,769	+0,852	+02	19
22	M	356	2461761,5	06	01	19,322	+0,850	+01	50
23	J	357	2461762,5	06	05	15,877	+0,850	+01	20
24	V	358	2461763,5	06	09	12,436	+0,854	+00	50
25	S	359	2461764,5	06	13	08,998	+0,860	+00	20
26	D	360	2461765,5	06	17	05,561	+0,868	-00	10
27	L	361	2461766,5	06	21	02,126	+0,877	-00	40
28	M	362	2461767,5	06	24	58,691	+0,887	-01	09
29	M	363	2461768,5	06	28	55,254	+0,895	-01	39
30	J	364	2461769,5	06	32	51,815	+0,900	-02	08
31	V	365	2461770,5	06	36	48,374	+0,904	-02	37

La ecuación de tiempo se anula en las siguientes cuatro fechas: 15 de abril, 13 de junio, 1 de septiembre 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.

2.4. Los calendarios

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 (año solar, mes lunar o ambos); 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 86 400 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, que podrán estar separadas por guiones, 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.

El año solía expresarse solo con dos cifras pero 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 2027 se escribe como 2027-02-28 o bien 20270228.

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.

De manera análoga pueden numerarse los **milenios**, periodos de mil años. El segundo milenio de la era cristiana se inició el 1 de enero del año 1001 y terminó el 31 de diciembre del año 2000. El día 1 de enero del 2001 se inició el tercer milenio.

2.5. 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 adelante.

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. Por ello, el día juliano

se expresará como un número entero al mediodía de Greenwich (12^h de TU) y tendrá una fracción 0,5 a las 0^h de TU (medianoche en el meridiano de Greenwich).

Ejemplo: el día juliano correspondiente a las 0^h de TU del día 9 de enero de 2027 es 2 461 414,5.

Para obtener el día juliano correspondiente a un día D de un mes, basta con sumar el valor D al día juliano dado para el día cero de tal mes en la tabla siguiente. (Se entiende por día cero el último día del mes precedente).

Día a 0^h de TU	Día juliano
2027 ene 0	2461405,5
2027 feb 0	2461436,5
2027 mar 0	2461464,5
2027 abr 0	2461495,5
2027 may 0	2461525,5
2027 jun 0	2461556,5

Día a 0^h de TU	Día juliano
2027 jul 0	2461586,5
2027 ago 0	2461617,5
2027 sep 0	2461648,5
2027 oct 0	2461678,5
2027 nov 0	2461709,5
2027 dic 0	2461739,5

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

2021	2459214,5	2026	2461040,5	2031	2462866,5
2022	2459579,5	2027	2461405,5	2032	2463231,5
2023	2459944,5	2028	2461770,5	2033	2463597,5
2024	2460309,5	2029	2462136,5	2034	2463962,5
2025	2460675,5	2030	2462501,5	2035	2464327,5

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	=	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	=	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 este (TU/24) si no son las 0^h de TU. La función *int*[ ] calcula la parte entera de un número.

Centuria

Año	DJC
1600	2305447,5
1700	2341971,5
1800	2378495,5
1900	2415019,5
2000	2451544,5
2100	2488068,5

Mes

Mes	DJM	bis.	Mes	DJM	bis.
Ene	0	−1	Jul	181	0
Feb	31	−1	Ago	212	0
Mar	59	0	Sep	243	0
Abr	90	0	Oct	273	0
May	120	0	Nov	304	0
Jun	151	0	Dic	334	0

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

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

Ejemplo: para el 9 de enero de 2027 a las 0^h TU son:

$DJC(2000) = 2\,451\,544{,}5$

$DJF(27) = 365 * 27 + int[27/4] = 9861$

$DJM(\text{enero}) = 0$

Por consiguiente, el día juliano es: $DJC + DJF + DJM + día =$

$2\,451\,544{,}5 + 9861 + 0 + 9 = 2\,461\,414{,}5.$

Tal día será sábado.

En ocasiones se usa el *día juliano modificado* establecido en 1957, que se obtiene restando al día juliano la cantidad 2 400 000,5. De esta forma la expresión es más corta y desaparece la fracción 0,5 en la expresión de un día a las 0^h de TU.

Ejemplo: el día juliano correspondiente al 9 de enero de 2027 a las 0^h TU es 2 461 414,5; el día juliano **modificado** correspondiente es 61 414.

2.6. Calendarios del mundo

Calendario gregoriano

Es un calendario solar, que trata de ajustar su duración media a la del ciclo estacional (año trópico). Consta de años comunes, de 365 días, y de años bisiestos, con un día adicional que se coloca antes del 1 de marzo y se denomina 29 de febrero. Son bisiestos los años divisibles por 4 excepto cuando sean divisibles por 100, a no ser que sean divisibles por 400. Según esta regla, el año 1900 no fue bisiesto y el año 2000 sí lo fue.

El calendario gregoriano se compone de un ciclo de 146 097 días (20 871 semanas) que se repite exactamente cada 400 años. La duración media de un año resulta ser de 365,24250 días, excediendo la duración del año trópico (365,24219 días) en solo 27 segundos.

El calendario gregoriano (introducido por el Papa Gregorio XIII) constituye una modificación al calendario *juliano* descrito más adelante, 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 2027

Cómputo eclesiástico

Número áureo	14	(ciclo lunar de 19 años)
Epacta	22	(edad de la Luna al 1 de enero)
Ciclo solar	20	(ciclo de 28 años)
Letra dominical	C	(ciclo de 28 años)
Indicción romana	5	(ciclo de 15 años)

Principales fiestas movibles

Septuagésima	ene	24
Miércoles de Ceniza	feb	10
Primer domingo de Cuaresma	feb	14
Viernes Santo	mar	26
Pascua	mar	28
Ascensión	may	6
Pentecostés	may	16
La Santísima Trinidad	may	23
Corpus Christi	may	27
El Sagrado Corazón de Jesús	jun	4
Primer domingo de Adviento	nov	28

Témporas

I	feb 17, 19, 20
II	may 19, 21, 22
III	sep 15, 17, 18
IV	dic 15, 17, 18

Velaciones

Se cierran:
Feb 9 y nov 27
Se abren:
Mar 30 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.*

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

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

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 2027

Pascua	19 de abril (juliano) 2 de mayo (gregoriano)
Epacta	1
Letra dominical	D

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. C., designando como año 1 del *periodo juliano* al año 4713 a. 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:

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

Ejemplo: el 1 de enero de 2027 (G = 2027,00) corresponde a M = 1448,57, o sea a mediados del año musulmán 1448. Este es un año común pues es el año 8 del ciclo 49.

En la siguiente tabla se indican las fechas gregorianas correspondientes al inicio de los meses del calendario musulmán establecido según las reglas anteriores. El mes se inicia a la puesta de sol del día anterior al que figura en la tabla.

Inicio del mes musulmán			Fecha gregoriana		
1448	Šaʿbān	1	2027	ene	10
1448	Ramaḍān	1	2027	feb	8
1448	Šawwāl	1	2027	mar	10
1448	Ḏū-l-qaʿda	1	2027	abr	8
1448	Ḏū-l-ḥiŷŷa	1	2027	may	8
1449	Muḥarram	1	2027	jun	6
1449	Ṣafar	1	2027	jul	6
1449	Rabīʿ al-awwal	1	2027	ago	4
1449	Rabīʿ al-ṯānī	1	2027	sep	3
1449	Ŷumādà al-ūlà	1	2027	oct	2
1449	Ŷumādà al-ājira	1	2027	nov	1
1449	Raŷab	1	2027	nov	30
1449	Šaʿbān	1	2027	dic	30

Las fechas gregorianas correspondientes a las principales festividades del calendario musulmán se muestran en la siguiente tabla.

Ascensión del Profeta	2027	ene	6
Primer día del ramadán	2027	feb	8
Conquista de la Meca	2027	feb	27
Revelación del Corán	2027	mar	6
Último día del ramadán	2027	mar	9
Pascua postayuno	2027	mar	10
Pascua de Inmolación	2027	may	17
Primer día del año	2027	jun	6
ʿĀshūrā'	2027	jun	15
Huida del Profeta *(Hégira)*	2027	ago	4
Nacimiento del Profeta	2027	ago	15
Ascensión del Profeta	2027	dic	26

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 en ella.

Visibilidad del creciente lunar en Madrid

Mes musulmán		Fecha gregoriana		
1448	Ša‘bān	2027	ene	9
1448	Ramaḍān	2027	feb	7
1448	Šawwāl	2027	mar	9
1448	Ḏū-l-qa‘da	2027	abr	7
1448	Ḏū-l-ḥiŷŷa	2027	may	7
1449	Muḥarram	2027	jun	5
1449	Ṣafar	2027	jul	5
1449	Rabī‘ al-awwal	2027	ago	3
1449	Rabī‘ al-ṯānī	2027	sep	2
1449	Ŷumādà al-ūlà	2027	oct	1
1449	Ŷumādà al-ājira	2027	oct	31
1449	Raŷab	2027	nov	29
1449	Ša‘bān	2027	dic	29

Calendario hebreo

Es un calendario lunisolar, esto es: pretende ajustar la duración media de los meses a la del mes lunar y la duración media de los años a la del año trópico. Por ello, su definición es más compleja que los anteriormente descritos. Los años constan de 12 o 13 meses de 29 o 30 días, siguiendo un ciclo de 19 años. Los años *comunes regulares* tienen 12 meses de, alternativamente, 30 y 29 días. El primer mes del año se llama tišrī. En ocasiones el segundo mes (ḥešwān) tiene 30 días, dando lugar a un año *común completo o abundante*. En ocasiones el tercer mes (kislew) tiene 29 días, con lo que el año se denomina *común defectivo*. Los años *embolísticos* tienen 13 meses, siendo el mes intercalar añadido en los años 3, 6, 8, 11, 14, 17 y 19 del ciclo de 19 años. Dicho mes se llama ve-adār y se intercala entre los meses de

adār y nisan. Los años embolísticos pueden a su vez ser defectivos, regulares o abundantes. A consecuencia de ello, el año puede tener seis duraciones distintas, algunas de las cuales figuran en la tabla que sigue.

Con todo ello se consigue una duración media del mes (29,530594 días) que difiere del mes lunar medio en menos de medio segundo y una duración media del año (365,246822 días = $365^{d}\ 5^{h}\ 55^{m}\ 25^{s}$) que difiere del año trópico en menos de 7 minutos. El primer día del año hebreo 1 corresponde al 7 de octubre de −3760 (3761 a. C.) del calendario juliano proléptico.

Primer día del año	Fecha gregoriana	Duración (días)
5784	2023 sep 16	383
5785	2024 oct 3	355
5786	2025 sep 23	354
5787	2026 sep 12	385
5788	2027 oct 2	355
5789	2028 sep 21	354
5790	2029 sep 10	383
5791	2030 sep 28	355
5792	2031 sep 18	354
5793	2032 sep 6	383
5794	2033 sep 24	355

En la siguiente tabla se indican las fechas gregorianas correspondientes al inicio de cada uno de los meses del calendario hebreo. El mes se inicia a la puesta de sol del día anterior al que figura en la tabla.

Inicio del mes			Fecha gregoriana		
5787	Šebāṭ	1	2027	ene	9
5787	Adār	1	2027	feb	8
5787	ve-Adār	1	2027	mar	10
5787	Nisan	1	2027	abr	8
5787	Iyyār	1	2027	may	8
5787	Siwān	1	2027	jun	6
5787	Tammūz	1	2027	jul	6
5787	Ab	1	2027	ago	4
5787	Elūl	1	2027	sep	3
5788	Tišrī	1	2027	oct	2
5788	Ḥešwān	1	2027	nov	1
5788	Kislew	1	2027	dic	1
5788	Ṭebēt	1	2027	dic	31

Esta forma del calendario fue establecida a partir del siglo IV 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.

Las fechas gregorianas correspondientes a las principales festividades del calendario hebreo se muestran en la siguiente tabla (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	2027	ene	23
Ayuno de Ester	2027	mar	22
Suertes *(Purim)*	2027	mar	23
Pascua *(Pesaḥ)*	2027	abr	22
Lag B'Omer	2027	may	25
Pentecostés *(Shavuot)*	2027	jun	11
Ayuno del mes de tammūz	2027	jul	22
Ayuno. Destrucción de Jerusalén	2027	ago	12
Año nuevo *(Rosh-hashana)*	2027	oct	2
Ayuno de Guedaliah	2027	oct	4
Expiación *(Yom Kippur)*	2027	oct	11
Tabernáculos *(Sukkot)*	2027	oct	16
Alegría de la Ley	2027	oct	24
Dedicación del Templo *(Ḥanukka)*	2027	dic	25

Calendario perpetuo

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*.

Índice	1	2	3	4	5	6	7

Millar y centena del año							
	4_ _	3_ _	2_ _	1_ _	0_ _		
	11_ _	10_ _	9_ _	8_ _	7_ _	6_ _	5_ _
	G 15_ _			J 15_ _	14_ _	13_ _	12_ _
	19_ _		18_ _		17_ _		16_ _
	23_ _		22_ _		21_ _		20_ _
	27_ _		26_ _		25_ _		24_ _
			30_ _		29_ _		28_ _

(G = Gregoriano, J = Juliano)

Decena y unidad del año							
						00	01
	02	03		04	05	06	07
		08	09	10	11		12
	13	14	15		16	17	18
	19		20	21	22	23	
	24	25	26	27		28	29
	30	31		32	33	34	35
		36	37	38	39		40
	41	42	43		44	45	46
	47		48	49	50	51	
	52	53	54	55		56	57
	58	59		60	61	62	63
		64	65	66	67		68
	69	70	71		72	73	74
	75		76	77	78	79	
	80	81	82	83		84	85
	86	87		88	89	90	91
		92	93	94	95		96
	97	98	99				

Mes							
		feb(B)	feb			ene(B)	ene
	may		mar	jun		abr	
		ago	nov		sep	jul	oct
					dic		

(B = bisiesto)

Día del mes							
	1	2	3	4	5	6	7
	8	9	10	11	12	13	14
	15	16	17	18	19	20	21
	22	23	24	25	26	27	28
	29	30	31				

Día de la semana	lun	mar	mié	jue	vie	sáb	dom

Índice	1	2	3	4	5	6	7

(Ver la sección **calendario gregoriano** para la regla de los bisiestos).

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: 9 de enero de 2027: a 20__ le corresponde el índice 7; a __27, el índice 4; a enero, el índice 7; y al día 9, el índice 2. La suma es: 7 + 4 + 7 + 2 = 20. Restándole dos veces 7 se obtiene 6, índice que corresponde a sábado.



CAPÍTULO 3

Tierra



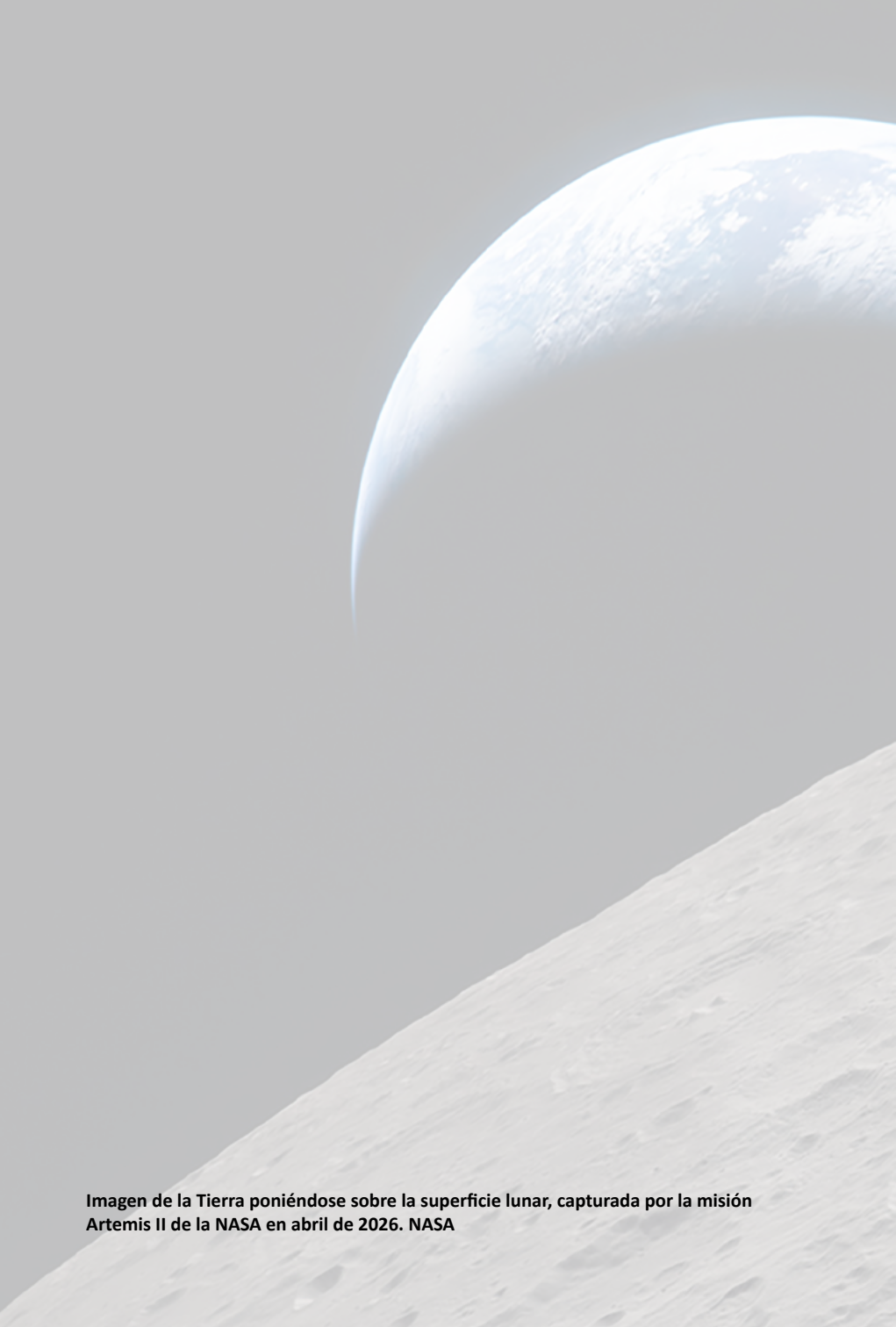


Imagen de la Tierra poniéndose sobre la superficie lunar, capturada por la misión Artemis II de la NASA en abril de 2026. NASA

La Tierra es el planeta en el que habitamos, el único en todo el universo conocido en el que hasta el momento está confirmada la existencia de vida. Está situado en tercer lugar en cuanto a la distancia al Sol, con una órbita situada entre las de Venus y Marte. Es el quinto en tamaño, el más grande y masivo entre los cuatro planetas rocosos, y el más denso de todos los planetas del sistema solar. La Tierra, como la mayoría de los cuerpos del sistema solar, se formó hace alrededor de 4500 millones de años a partir del disco de gas y polvo que rodeaba a nuestro Sol en formación. Describe dos movimientos: el de traslación, siguiendo una órbita con una ligera elipticidad alrededor del Sol y en el mismo plano de la eclíptica, y el de rotación sobre su propio eje, que se encuentra inclinado unos 23º con respecto a la eclíptica, lo que genera la existencia de diferentes estaciones a lo largo del año.

La Tierra tiene un único satélite natural, la Luna. El sistema Tierra-Luna constituye una excepcionalidad debido a la relación de tamaños: la Luna tiene un tamaño del orden de un cuarto del tamaño de la Tierra, por lo que es el satélite natural más grande del sistema solar con respecto al tamaño de su planeta anfitrión. La Luna ejerce un papel decisivo en las condiciones existentes en la Tierra: es la principal causa de las mareas, estabiliza el eje de rotación de la Tierra y con ello evita bruscos cambios estacionales, y produce una lenta ralentización del ritmo de rotación terrestre.

El interior de la Tierra está compuesto por cuatro capas diferenciadas. En primer lugar la zona central está compuesta por un núcleo interno, una esfera sólida de hierro y níquel de 1221 kilómetros de ancho, y un núcleo externo, una banda de fluidos de hierro y níquel de 2253 km de espesor. Sobre esta zona se encuentra el manto, una capa de roca viscosa fundida de 2897 km sobre la que descansa la capa más externa, la corteza, con un grosor de entre 5 y 30 kilómetros. La corteza terrestre está dividida en placas tectónicas que se deslizan sobre el magma del manto. Esta actividad geológica produce la renovación de la superficie terrestre, con la consiguiente modificación de su geografía a lo largo de millones de años, y fenómenos como los terremotos y maremotos o los volcanes.

La superficie de la Tierra es accidentada, con montañas, valles y demás accidentes, al igual que podemos observar en las superficies de Venus o Marte. Pero una característica esencial de la Tierra es el hecho de que es el único cuerpo astronómico conocido donde se ha hallado agua líquida en superficie. De hecho casi el 70% de la superficie terrestre está cubierta por océanos de agua líquida, con una profundidad media de 4 kilómetros.

El nuestro es uno de los planetas que cuenta con campo magnético (no lo tienen Venus ni Marte, aunque podrían haberlo tenido en el pasado). Se genera por la rotación de su núcleo interno de hierro y níquel. Tiene un efecto de protección sobre la Tierra, ya que canaliza las partículas cargadas procedentes del Sol hacia los polos magnéticos, situados cerca de los polos geográficos terrestres.

La Tierra cuenta con una atmósfera dinámica compuesta principalmente por nitrógeno y oxígeno, con una cantidad de vapor de agua que da lugar a la existencia de nubes. La atmósfera produce un efecto invernadero en todo el planeta que hace que la temperatura media en superficie sea de unos 15ºC, mientras que sin ella sería de unos −18ºC y por tanto no podría haber agua líquida en superficie. Las diferencias entre la cantidad de energía recibida del Sol en diferentes regiones del planeta (siendo mayor la que se recibe en el ecuador y menor en los polos) genera la existencia de corrientes atmosféricas y oceánicas, lo que produce un sistema climático global, con diferentes zonas climáticas y un amplio abanico de fenómenos meteorológicos.

Nuestro planeta es, como se ha mencionado, el único cuerpo astronómico en el que a día de hoy hemos confirmado la existencia de vida. E incluso aunque hay otros cuerpos actualmente en investigación por la posible presencia en la actualidad o en el pasado de bacterias o microorganismos, en ningún otro cuerpo hemos encontrado ningún indicio de vida tan compleja y evolucionada como la que se encuentra en nuestro planeta. Esto ha sido posible por la ocurrencia simultánea de una serie de circunstancias esenciales: la existencia de agua líquida en superficie; la atmósfera, que no solo sostiene la vida proporcionando los elementos para la respiración o la fotosíntesis sino que además nos protege de la gran mayoría de los meteoritos y de la radiación ultravioleta; la tectónica de placas, que también contribuye a la regulación de la temperatura del planeta; el campo magnético terrestre, que nos protege de la radiación solar; la presencia de la Luna y su moderación de los cambios bruscos estacionales… Todas estos factores producen unas condiciones que se hallan en un delicado equilibrio y que puede alterarse con cualquier variación. De hecho, se perderá con el tiempo, en cientos de millones de años, cuando la evolución del Sol cause un aumento de la temperatura terrestre e imposibilite la existencia de agua líquida en superficie. Pero mucho antes de eso están teniendo lugar otros cambios: la actividad humana está causando un impacto creciente en el clima y la biosfera de la Tierra, generando un cambio climático extremadamente acelerado que ya está produciendo extinciones masivas y que, si no se remedia, supondrá una amenaza para las condiciones de vida de los seres humanos y de otras muchas formas de vida de nuestro planeta.

3.1. Parámetros físicos de la Tierra

Forma y tamaño

Si consideramos negligibles las irregularidades de la superficie terrestre, la forma del planeta Tierra puede aproximarse a efectos prácticos por un elipsoide de revolución, achatado por los polos. Esta figura geométrica viene definida por dos valores: la longitud de su semieje mayor, es decir, en este caso el radio ecuatorial, R_e, y su achatamiento, f, que se obtiene mediante la expresión $(R_e\text{-}R_p)/R_e$, donde R_p es el semieje menor, en este caso el radio polar. La excentricidad del elipsoide viene dada por:

$$e = \sqrt{f\,(2 - f)}$$

El radio medio volumétrico, es decir, el radio de una esfera de igual volumen que un elipsoide definido por su radio ecuatorial R_e y un achatamiento f viene dado por:

$$R_m = R_e \sqrt[3]{1 - f}$$

Según las convenciones del Servicio Internacional de Rotación Terrestre y Sistemas de Referencia (International Earth Rotation and Reference Systems Service, IERS) de 2010, los valores actualizados de estos parámetros son los siguientes:

Radio ecuatorial	R_e = 6378,1366 km
Achatamiento	f = 1/298,25642 = 0,00335282
Radio polar	R_p = 6356,7519 km
Radio medio volumétrico	R_m = 6371,0004 km
Excentricidad del elipsoide	e = 0,08181930
Volumen de la Tierra	$1{,}0832\ 10^{12}$ km^3
Rango topográfico	20,4 km

Elipsoides de referencia

A lo largo de la historia se han propuesto y utilizado diferentes elipsoides como marco de referencia en términos geodésicos. En la tabla siguiente se indican los parámetros de estos elipsoides de referencia, así como los nombres que han recibido y/o las autoridades que han propuesto o recomendado su uso.

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
2010	IERS	6378136,6	6356751,9	298,25642

Las siglas corresponden a: Unión Astronómica Internacional (UAI/IAU), Sistema Geodésico de Referencia (GRS), Sistema Geodésico Mundial (WGS), y el ya mencionado Servicio Internacional de Rotación Terrestre y Sistemas de Referencia (IERS).

La relación entre la latitud geodésica ϕ_{gd} y la geocéntrica ϕ_{gc} en un elipsoide de achatamiento f viene dada por:

$$\tan\phi_{gc} = (1 - f)^2 \tan\phi_{gd}$$

La discrepancia máxima entre ellas, para el caso de la Tierra, no supera los 12'. Las coordenadas geodésicas (referidas a un elipsoide) y las astronómicas (referidas a la vertical del lugar de observación) pueden diferir en algunos segundos de arco.

Considerando un elipsoide de referencia dado se pueden obtener las equivalencias en metros de las unidades de medida usadas en las coordenadas angulares de latitud y longitud, teniendo en cuenta para ello que, al tratarse de un elipsoide y no de una esfera, existe una dependencia con la latitud.

En concreto, para el rango de latitudes de España, los grados, minutos y segundos de arco medidos respectivamente sobre el paralelo o sobre el meridiano tienen las siguientes longitudes lineales en metros:

Longitud en metros de arcos de meridiano y de paralelo
para las latitudes de España considerando el elipsoide GRS 1980

latitud	sobre el paralelo			sobre el meridiano		
ϕ (º)	1º	1′	1″	1º	1′	1″
35º	91288	1521	25,4	110941	1849	30,8
36º	90163	1503	25,0	110959	1849	30,8
37º	89011	1484	24,7	110978	1850	30,8
38º	87832	1464	24,4	110996	1850	30,8
39º	86626	1444	24,1	111015	1850	30,8
40º	85393	1423	23,7	111035	1851	30,8
41º	84135	1402	23,4	111054	1851	30,8
42º	82850	1381	23,0	111073	1851	30,9
43º	81540	1359	22,7	111093	1852	30,9
44º	80206	1337	22,3	111112	1852	30,9
45º	78846	1314	21,9	111132	1852	30,9

Para la latitud de Madrid (en concreto la del Real Observatorio Astronómico de Madrid) se obtienen los siguientes valores:

1º sobre el meridiano	111042 m
1′ sobre el meridiano	1850,7 m
1″ sobre el meridiano	30,845 m
1º sobre el paralelo	84883 m
1′ sobre el paralelo	1414,7 m
1″ sobre el paralelo	23,579 m

Luminosidad

Las siguientes magnitudes nos proporcionan información sobre la energía que la Tierra recibe desde el espacio, principalmente desde el Sol, y la que ella misma irradia al exterior y que percibiría un observador externo.

- *Irradiancia solar.* Energía solar que recibe el cuerpo: 1361,0 W/m^2
- *Magnitud en banda V. V(1,0).* Magnitud en banda V del cuerpo si estuviera a una distancia de 1 ua del observador, y con un ángulo de fase de cero: -3,99
- *Temperatura equivalente de cuerpo negro.* Temperatura superficial que tendría el cuerpo si estuviera en equilibrio radiativo y no tuviera atmósfera, pero tuviera el mismo albedo: 255 K

- *Albedo de Bond, o albedo planetario.* Fracción de radiación solar incidente que se refleja de nuevo al espacio: 0,294
- *Albedo geométrico.* Cociente entre el brillo del cuerpo con un ángulo de fase de cero y el de un disco con una difusión total que estuviera en la misma posición y con el mismo tamaño aparente: 0,434

Masa y momento de inercia

La masa de la Tierra se usa como unidad de referencia en astronomía, particularmente para elementos de tamaño comparable, como planetas y exoplanetas. A partir de la masa y el volumen del planeta podemos estimar también la densidad media del planeta, aunque hay que tener en cuenta que la estructura interna del planeta implica fuertes variaciones de densidad entre diversas zonas. El momento de inercia proporciona información sobre la inercia rotacional del cuerpo, necesaria para el estudio de la dinámica global del planeta y de su geofísica. Los valores más precisos obtenidos en la actualidad para estas magnitudes son los siguientes:

Masa	$\mathcal{M}_\oplus = 5{,}9722\ 10^{24}$ kg
Densidad media	5513 kg/m^3
Momento de inercia	0,3308 $\mathcal{M}_\oplus\ R_e^{\,2}$
J_2	0,0010826359

Gravedad

El valor de la gravedad en la superficie terrestre, denotado como g, es la aceleración neta que sufre un cuerpo en la superficie como resultado de la combinación de la fuerza gravitatoria que ejerce el planeta sobre el cuerpo y de la aceleración centrífuga que sufre el cuerpo debido a la rotación de la Tierra. Puesto que la atracción gravitatoria depende de la distancia entre el cuerpo y el centro de masas de la Tierra, el valor de la gravedad terrestre varía ligeramente en función de la latitud y la altitud de la posición del objeto. Algunos valores relevantes, y la fórmula de dependencia de la gravedad terrestre en función de la latitud y la altitud, son los siguientes:

Gravedad superficial media	9,820 m/s^2
Gravedad superficial ecuatorial	9,780 m/s^2
Gravedad superficial polar	9,832 m/s^2
Gravedad superficial ($\phi = 45^\circ$)	9,8062 m/s^2
Gravedad superficial en Madrid	9,8000 m/s^2

Dependencia de la gravedad normal g con la latitud ϕ a un altura $h = 0$:

$$g_{(h=0)} = 9{,}806201 - 0{,}025930\cos(2\phi) + 0{,}000028\cos(4\phi)$$

Variación de la gravedad con la altura h (en metros):

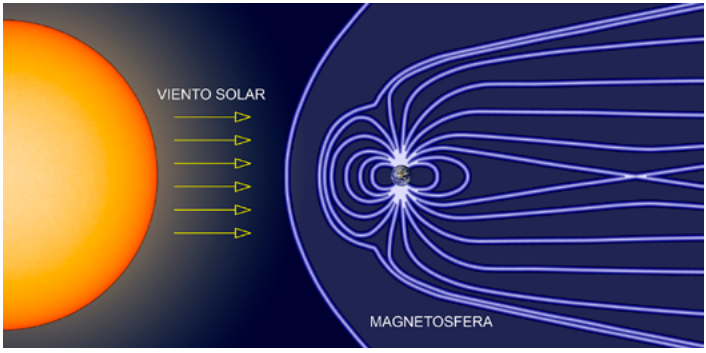
$$g = g_{(h=0)} - 3{,}086\ 10^{-6}\ h$$

Velocidad de escape	11,186 km/s
Constante gravitatoria	$G\mathcal{M}_{\oplus} = 398\,600{,}4418\ \mathrm{km}^3/\mathrm{s}^2$

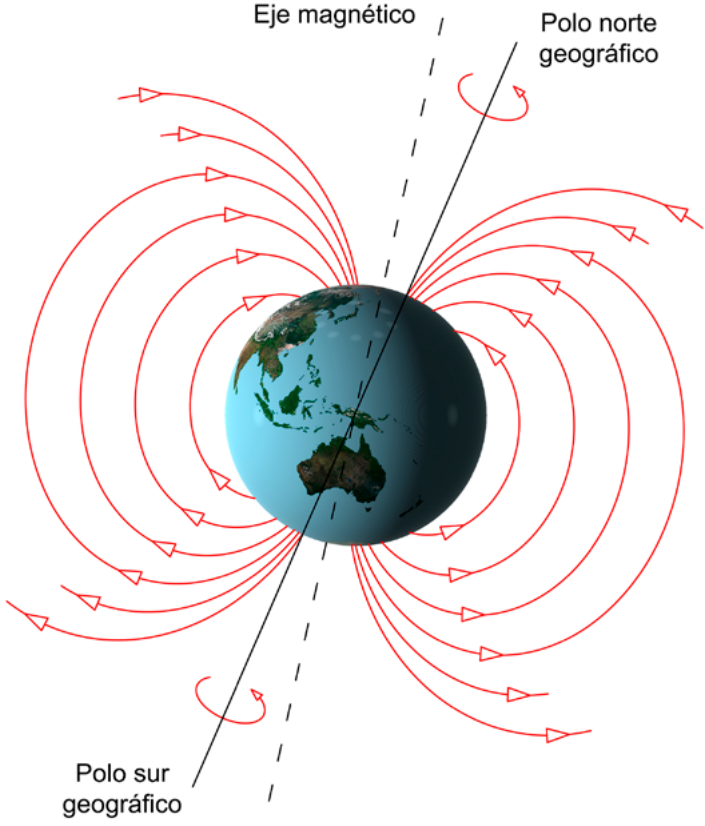
Campo magnético

La Tierra, al igual que otros planetas del sistema solar (aunque no todos), posee un campo magnético propio que se extiende desde el interior del planeta hasta el espacio. El campo magnético terrestre se puede representar de forma aproximada como el de un dipolo magnético, descrito por las siguientes magnitudes:

- *Intensidad del campo magnético.* Intensidad del campo generado por el dipolo fuera del planeta en Gauss-r^3, donde la distancia r está en unidades de radio planetario, en este caso radio ecuatorial de la Tierra (dividir por la distancia r^3 proporciona el campo en Gauss). 0,306 Gauss-r^3
- *Inclinación del eje del dipolo* (respecto al eje de rotación): ~11º
- *Desplazamiento del dipolo respecto al centro de la Tierra.* 0,076 R_e
- *Intensidad del campo magnético en la superficie terrestre.* Rango total de valores. 0,24-0,66 Gauss
- *Posición del Polo Norte Magnético* (WMM2020). 86º,50 N, 164º,04 E
- *Distancia del centro terrestre a la magnetopausa* (límite exterior de la magnetosfera). ~10 R_e



El campo magnético terrestre tiene un papel fundamental en las condiciones actuales y en la existencia de vida en la Tierra, ya que interacciona con la radiación procedente del Sol, generando un efecto pantalla ante los efectos nocivos de dicha radiación y ante la llegada de la mayoría de rayos cósmicos procedentes del espacio. La interacción del campo magnético con la radiación solar se produce en una capa de la atmósfera denominada magnetosfera. El campo magnético terrestre desvía las partículas cargadas procedentes del exterior hacia los polos magnéticos, lo que genera los fenómenos de las auroras boreales y australes que se ven a altas latitudes.



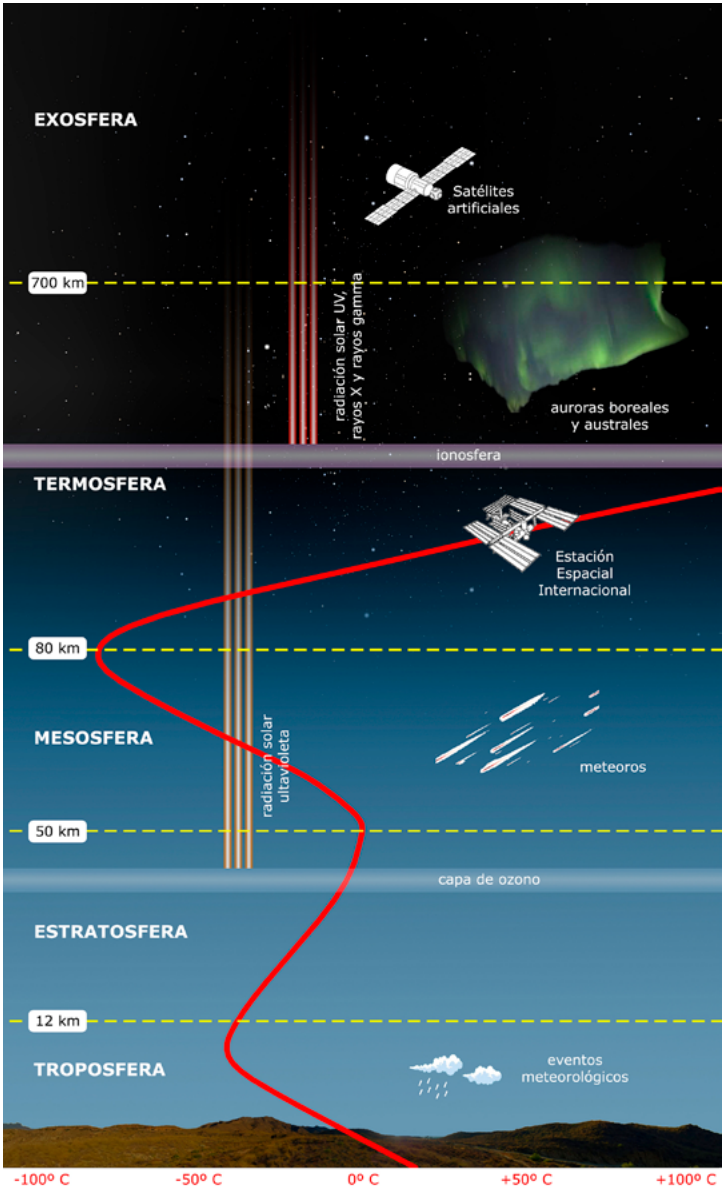
3.2. Atmósfera

Estructura y composición.

La atmósfera es la capa de gases que rodea la Tierra, retenida por la fuerza de la gravedad. Desempeña un papel esencial en la existencia de vida tal como la conocemos en la Tierra, ya que contiene los gases necesarios para procesos como la respiración o la fotosíntesis, protege de impactos de meteoritos, absorbe parte de la radiación ultravioleta del Sol, retiene parte del calor recibido del Sol por efecto invernadero y actúa como colchón térmico suavizando los contrastes de temperatura. Está compuesta por cinco capas principales, con varias capas secundarias. Las capas principales son:

- *Troposfera.* Desde la superficie hasta ~12 km de altitud. Es la capa más densa, y contiene casi todo el vapor de agua y los aerosoles. La mayor parte de los eventos meteorológicos tienen lugar en ella. La temperatura decrece con la altitud.
- *Estratosfera*. Entre 12 y 50 km de altitud. Contiene la capa de ozono que protege a la Tierra de la radiación solar ultravioleta. La temperatura aumenta con la altitud, debido principalmente a la absorción de radiación UV por parte del ozono.
- *Mesosfera.* Entre 50 y 80 km de altitud. La temperatura decrece con la altitud, hasta alcanzar las temperaturas más bajas que se encuentran en el sistema terrestre: hasta -85ºC. La mayoría de los meteoros se queman en esta capa.
- *Termosfera.* Entre 80 y 700 km de altitud. Contiene la ionosfera. La absorción de radiación UV, rayos X y rayos gamma procedentes del Sol provoca la ionización de átomos y moléculas, lo que produce un progresivo aumento de la temperatura con la altitud. Aquí tienen lugar parte de las auroras boreales y australes, y en esta capa orbita la Estación Espacial Internacional.
- *Exosfera.* Entre 700 y 10 000 km de altitud. Es la capa más externa, en la que los gases se dispersan progresivamente hasta que la composición es similar al espacio exterior. Su límite superior colinda y se mezcla con el viento solar (en la magnetosfera). La densidad es tan baja que el material de esta capa no se comporta como un gas, y las partículas escapan al espacio fácilmente. Parte de las auroras boreales y australes tienen lugar en la parte más baja de la exosfera, y la mayor parte de los satélites artificiales terrestres orbitan en ella.

En el siguiente esquema se muestran las capas descritas, indicando los principales fenómenos o características mencionadas. La línea roja muestra la evolución de la temperatura con la altitud.



Algunos parámetros físicos atmosféricos de relevancia:

Presión en la superficie	1014 mb
Densidad en la superficie	1,217 kg/m^3
Temperatura efectiva	255 K (−18° C)
Temperatura media en la superficie	288 K (15° C)
Altura de escala	8,5 km
Masa total de la atmósfera	5,1 10^{18} kg

La altura de escala es la altura a la que hay que elevarse en una atmósfera para que la presión disminuya en un factor e = 2,718282.

La composición de la atmósfera en volumen, considerando el aire seco, es la siguiente (los componentes más abundantes se expresan en porcentaje, los menos abundantes en partes por millón):

Nitrógeno (N_2)	78,08%
Oxígeno (O_2)	20,95%
Argón (Ar)	0,934%, 9340 ppm
Dióxido de carbono (CO_2)	426 ppm (variable)
Neon (Ne)	18,18 ppm
Helio (He)	5,24 ppm
Metano (CH_4)	1,7 ppm
Kriptón (Kr)	1,14 ppm
Hidrógeno (H_2)	0,55 ppm

La cantidad de vapor de agua es variable, pero es típicamente del orden del 1%. Los números totales no suman exactamente 100%, debido a los redondeos y a las incertidumbres asociadas a las medidas.

Refracción atmosférica

La refracción es el cambio de dirección y velocidad que experimenta una onda al pasar de un medio a otro con distinto índice refractivo. La refracción atmosférica es el fenómeno de refracción de la luz estudiado en un medio atmosférico. En las observaciones astronómicas, la refracción que sufre la luz de los astros observados al atravesar la atmósfera terrestre produce que la altura aparente de los astros sea superior a la altura real (la que se deduce de las efemérides, o la que se observaría si no existiese atmósfera). El efecto de la refracción depende fuertemente de la altura observada (es máxima en el horizonte y nula en el cénit) y, en menor medida, de la temperatura y presión ambientes y de la longitud de onda de la observación.

En las siguientes tablas se encuentra el valor de la corrección por refracción, R, a aplicar en función de la altura observada, siguiendo el criterio:

altura verdadera = altura observada − Refracción

distancia cenital verdadera = distancia cenital observada + Refracción

En la primera tabla la altura observada figura grado a grado. En la segunda tabla la altura observada se da cada diez minutos de arco. Estas tablas han sido calculadas con los siguientes parámetros:

longitud de onda, λ_0 = 0,575 µm

presión atmosférica, P_0 = 1000 mbar

temperatura ambiente, T_0 = 10°C

Las lentes de los telescopios refractores suelen ser acromáticas a la longitud de onda de 0,575 µm. La banda *visual* de magnitudes está centrada a una longitud de onda muy próxima, 0,55 µm.

Los factores de corrección a emplear en caso de que tales condiciones de contorno sean distintas son, respectivamente y en primera aproximación:

$$\text{corrección en } \lambda \text{ : multiplicar por } \left[0{,}93 + \left(\frac{0{,}075}{\lambda}\right)^2\right]$$

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

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

Fórmula aproximada para la corrección por refracción

La sencilla fórmula siguiente (de Bennett) da valores adecuados de la corrección R salvo en trabajos que requieran una elevada precisión:

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

siendo h la altura observada. Esta fórmula lleva incluidos los parámetros atmosféricos (P en milibares y T en grados centígrados). Si estos 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 20º y 90º

(λ = 0, 575 µm, P=1000 mbar, T=10ºC)

alt. obs.	0º (″)	1º (″)	2º (″)	3º (″)	4º (″)	5º (″)	6º (″)	7º (″)	8º (″)	9º (″)
80º	10,1	9,1	8,1	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0
70º	20,9	19,8	18,6	17,5	16,5	15,4	14,3	13,3	12,2	11,2
60º	33,1	31,8	30,5	29,2	28,0	26,8	25,5	24,4	23,2	22,0
50º	48,1	46,4	44,8	43,2	41,7	40,2	38,7	37,3	35,8	34,5
40º	68,3	65,9	63,7	61,5	59,4	57,3	55,4	53,5	51,6	49,9
30º	99,1	95,2	91,6	88,1	84,9	81,8	78,8	76,0	73,3	70,8
20º	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 0º y 20º

(λ = 0, 575 µm, P=1000 mbar, T=10ºC)

altura observada	0′ (′ ″)	10′ (′ ″)	20′ (′ ″)	30′ (′ ″)	40′ (′ ″)	50′ (′ ″)
19º	2 45	2 44	2 42	2 41	2 39	2 38
18º	2 55	2 53	2 51	2 50	2 48	2 47
17º	3 05	3 04	3 02	3 00	2 58	2 56
16º	3 17	3 15	3 13	3 11	3 09	3 07
15º	3 31	3 29	3 26	3 24	3 22	3 20
14º	3 46	3 43	3 41	3 38	3 36	3 33
13º	4 03	4 00	3 57	3 54	3 51	3 48
12º	4 23	4 19	4 16	4 12	4 09	4 06
11º	4 46	4 42	4 38	4 34	4 30	4 26
10º	5 13	5 08	5 04	4 59	4 54	4 50
9º	5 46	5 40	5 35	5 29	5 24	5 18
8º	6 26	6 19	6 12	6 05	5 59	5 52
7º	7 16	7 07	6 58	6 50	6 42	6 34
6º	8 19	8 08	7 57	7 46	7 36	7 26
5º	9 42	9 26	9 12	8 58	8 44	8 32
4º	11 33	11 12	10 52	10 33	10 15	9 58
3º	14 08	13 38	13 10	12 44	12 19	11 55
2º	17 56	17 11	16 30	15 51	15 14	14 40
1º	23 53	22 41	21 35	20 34	19 37	18 45
0º	33 48	31 45	29 52	28 10	26 37	25 11

3.3. Rotación terrestre

Datos generales

La Tierra rota sobre sí misma, de oeste a este (o en sentido antihorario si se toma el polo norte como punto de observación). Datos generales de rotación:

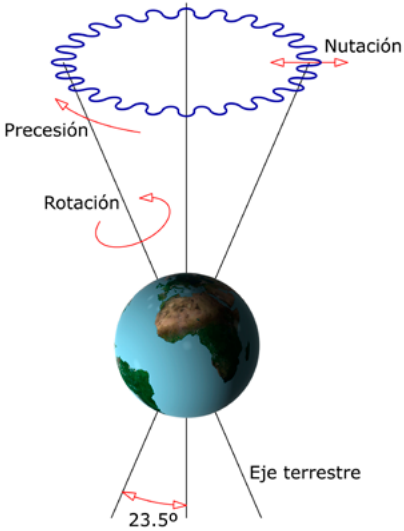
Oblicuidad de la eclíptica	23º,44
Inclinación respecto al plano orbital	23º,44
Velocidad angular media de rotación	$7{,}2921150\ 10^{-5}$ rad s^{-1}
	= 15,0410672 "/s
Velocidad lineal de rotación en el ecuador	465,12 m s^{-1}
	= 1674 km h^{-1}
Aceleración centrífuga en el ecuador	– 0,034 m s^{-2}

La oblicuidad de la eclíptica es el ángulo entre el eje de rotación y la perpendicular de la eclíptica y la inclinación respecto al plano orbital es el ángulo entre el eje de rotación y la perpendicular del plano de la órbita celeste.

- *Día sidéreo*. Intervalo de tiempo que tarda la Tierra en dar una vuelta completa, 360º sobre sí misma, o dicho de otra manera en volver a orientarse de la misma manera respecto al sistema de referencia de las estrellas fijas. Duración: 23,9345 h = $23^h\ 56^m\ 4^s{,}2$
- *Día solar medio.* Intervalo de tiempo que tarda la Tierra en rotar sobre sí misma y volver a orientarse de la misma manera respecto al Sol. Si empleamos como referencia el meridiano local, tiempo entre dos cruces consecutivos del Sol. Debido a la traslación de la Tierra, es más largo que el día sidéreo. Se proporciona el día solar medio porque debido a la excentricidad de la órbita de la Tierra y a la oblicuidad de la eclíptica, la Tierra varía su velocidad de traslación a lo largo de su órbita. En la Tierra se usa para definir el día de 24 horas. Duración: 24h.

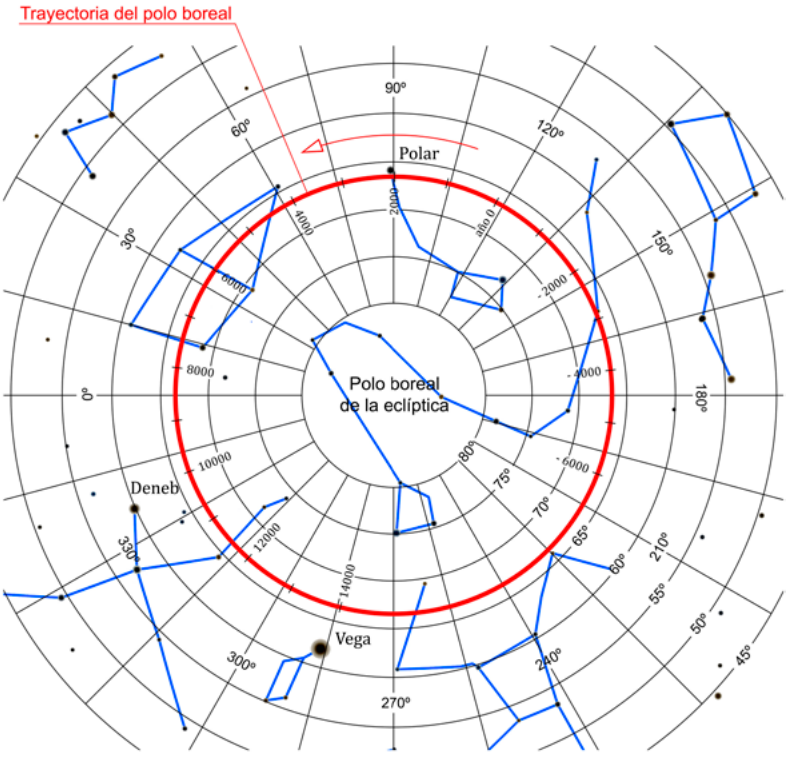
Precesión y nutación

El eje de rotación de la Tierra no mantiene una dirección fija en el tiempo, sino que sufre variaciones que deben ser tenidas en cuenta en el estudio de la rotación terrestre y en la definición de parámetros y magnitudes relacionadas, como las coordenadas geográficas terrestres o las escalas de tiempo basadas en la rotación.



La **precesión de los equinoccios** es el fenómeno por el cual el eje de rotación de la Tierra describe un movimiento circular alrededor de la vertical de la eclíptica en sentido retrógrado (horario), trazando un cono con vértice en el centro de la Tierra y abertura de 47° (ya que la inclinación del eje de la Tierra respecto a la vertical de la Tierra es de unos 23º,5). Este movimiento está causado por la forma de esferoide achatado por los polos de nuestro planeta, y la influencia de la atracción gravitatoria del Sol, la Luna y el resto de los planetas. La Tierra tarda un total de 25 776 años en trazar el círculo completo.

La variación de la dirección del eje de rotación produce una modificación de la orientación del plano del ecuador celeste, y con ello de la línea de intersección entre este y la eclíptica. Como consecuencia, el punto Aries, punto de esa línea de intersección en el que la Tierra en su órbita pasa del hemisferio sur celeste al norte, sufre una precesión retrógrada sobre la eclíptica, con una variación de 50,29 segundos de arco por año. La precesión también origina que el polo norte celeste se mueva en el marco de referencia de las estrellas fijas, lo que genera variaciones en la o las estrellas que puedan considerarse como referentes geográficos (actualmente la estrella Polar para el norte). Si consideramos solo el efecto de la precesión, la siguiente figura muestra la variación de la posición del polo norte celeste en el planisferio a lo largo del movimiento completo de precesión (línea roja), indicando también las fechas (en años, estando ahora sobrepasando los 2000) en las que irá realizando este recorrido.



La **nutación** es un movimiento del eje de la tierra que se superpone al de precesión, y que produce que el eje sufra una oscilación en su oblicuidad, es decir, una variación periódica del ángulo que forma con la vertical de la eclíptica. Cada 18,6 años el eje oscila en torno a 9,2 segundos de arco respecto a su posición media. La causa principal de la nutación es la influencia gravitatoria de la Luna, y particularmente el torque de fuerzas generado por la inclinación de la órbita lunar.

La precesión y la nutación varían la posición del eje de rotación y, consecuentemente, la del plano ecuatorial de la Tierra, que es plano de referencia para las coordenadas celestes de los astros (tales como las coordenadas ecuatoriales α y δ). Por ello, al dar las coordenadas de un astro hay que indicar que se refieren a una posición dada del eje de rotación, por ejemplo la que tenía en la época J2000.0. Para conocer las coordenadas en otro instante es necesario aplicar unas correcciones que se describen en los siguientes subapartados y tablas.

Corrección de las coordenadas por precesión, cálculo aproximado

La lenta precesión del eje de rotación de la Tierra hace que las coordenadas celestes que se dan para un astro (tal como las coordenadas ecuatoriales α y δ) se refieran siempre a una posición dada de tal eje, por ejemplo la que tenía en la época J2000.0. Para conocer las coordenadas en otro instante es necesario aplicar una corrección.

En el caso de las coordenadas ecuatoriales, la corrección anual viene dada, en primera aproximación, por:

$$P_\alpha = 3^s,0750 + 1^s,3362 \operatorname{sen} \alpha \tan \delta$$
$$P_\delta = 20'',043 \cos \alpha$$

expresiones en las que la ascensión recta, α, debe ser expresada en grados.

Dadas unas coordenadas α_0, δ_0 referidas a una época t_0, las coordenadas α_1, δ_1 referidas a una época t_1 se obtienen mediante:

$$\alpha_1 = \alpha_0 + (t_1 - t_0)\, P_\alpha$$
$$\delta_1 = \delta_0 + (t_1 - t_0)\, P_\delta$$

donde típicamente $t_0 = 2000$.

Precesión anual en declinación

ascensión recta, α		$P\delta$	ascensión recta, α		$P\delta$
$00^h\ 00^m$	$24^h\ 00^m$	$20'',04$	$12^h\ 00^m$	$12^h\ 00^m$	$-20'',04$
$00^h\ 20^m$	$23^h\ 40^m$	$19'',96$	$12^h\ 20^m$	$11^h\ 40^m$	$-19'',96$
$00^h\ 40^m$	$23^h\ 20^m$	$19'',73$	$12^h\ 40^m$	$11^h\ 20^m$	$-19'',73$
$01^h\ 00^m$	$23^h\ 00^m$	$19'',36$	$13^h\ 00^m$	$11^h\ 00^m$	$-19'',36$
$01^h\ 20^m$	$22^h\ 40^m$	$18'',83$	$13^h\ 20^m$	$10^h\ 40^m$	$-18'',83$
$01^h\ 40^m$	$22^h\ 20^m$	$18'',16$	$13^h\ 40^m$	$10^h\ 20^m$	$-18'',16$
$02^h\ 00^m$	$22^h\ 00^m$	$17'',35$	$14^h\ 00^m$	$10^h\ 00^m$	$-17'',35$
$02^h\ 20^m$	$21^h\ 40^m$	$16'',41$	$14^h\ 20^m$	$09^h\ 40^m$	$-16'',41$
$02^h\ 40^m$	$21^h\ 20^m$	$15'',35$	$14^h\ 40^m$	$09^h\ 20^m$	$-15'',35$
$03^h\ 00^m$	$21^h\ 00^m$	$14'',17$	$15^h\ 00^m$	$09^h\ 00^m$	$-14'',17$
$03^h\ 20^m$	$20^h\ 40^m$	$12'',88$	$15^h\ 20^m$	$08^h\ 40^m$	$-12'',88$
$03^h\ 40^m$	$20^h\ 20^m$	$11'',49$	$15^h\ 40^m$	$08^h\ 20^m$	$-11'',49$
$04^h\ 00^m$	$20^h\ 00^m$	$10'',02$	$16^h\ 00^m$	$08^h\ 00^m$	$-10'',02$
$04^h\ 20^m$	$19^h\ 40^m$	$08'',47$	$16^h\ 20^m$	$07^h\ 40^m$	$-08'',47$
$04^h\ 40^m$	$19^h\ 20^m$	$06'',85$	$16^h\ 40^m$	$07^h\ 20^m$	$-06'',85$
$05^h\ 00^m$	$19^h\ 00^m$	$05'',18$	$17^h\ 00^m$	$07^h\ 00^m$	$-05'',18$
$05^h\ 20^m$	$18^h\ 40^m$	$03'',48$	$17^h\ 20^m$	$06^h\ 40^m$	$-03'',48$
$05^h\ 40^m$	$18^h\ 20^m$	$01'',74$	$17^h\ 40^m$	$06^h\ 20^m$	$-01'',74$
$06^h\ 00^m$	$18^h\ 00^m$	$00'',00$	$18^h\ 00^m$	$06^h\ 00^m$	$00'',00$

Precesión anual en ascensión recta

si $\delta \geq 0$		$P\alpha$								si $\delta \leq 0$	
α		*declinación*, δ								α	
h m	h m	0º	10º	20º	30º	40º	50º	55º	60º	h m	h m
18 00	18 00	3ˢ,07	2ˢ,83	2ˢ,58	2ˢ,30	1ˢ,95	1ˢ,48	1ˢ,16	0ˢ,76	06 00	06 00
18 20	17 40	3ˢ,07	2ˢ,84	2ˢ,59	2ˢ,30	1ˢ,95	1ˢ,48	1ˢ,17	0ˢ,76	06 20	05 40
18 40	17 20	3ˢ,07	2ˢ,84	2ˢ,59	2ˢ,31	1ˢ,97	1ˢ,50	1ˢ,19	0ˢ,79	06 40	05 20
19 00	17 00	3ˢ,07	2ˢ,84	2ˢ,60	2ˢ,32	1ˢ,99	1ˢ,53	1ˢ,23	0ˢ,83	07 00	05 00
19 20	16 40	3ˢ,07	2ˢ,85	2ˢ,61	2ˢ,35	2ˢ,02	1ˢ,57	1ˢ,28	0ˢ,90	07 20	04 40
19 40	16 20	3ˢ,07	2ˢ,86	2ˢ,63	2ˢ,37	2ˢ,05	1ˢ,63	1ˢ,34	0ˢ,97	07 40	04 20
20 00	16 00	3ˢ,07	2ˢ,87	2ˢ,65	2ˢ,40	2ˢ,10	1ˢ,69	1ˢ,42	1ˢ,07	08 00	04 00
20 20	15 40	3ˢ,07	2ˢ,88	2ˢ,67	2ˢ,44	2ˢ,15	1ˢ,77	1ˢ,51	1ˢ,17	08 20	03 40
20 40	15 20	3ˢ,07	2ˢ,89	2ˢ,70	2ˢ,48	2ˢ,21	1ˢ,85	1ˢ,61	1ˢ,30	08 40	03 20
21 00	15 00	3ˢ,07	2ˢ,90	2ˢ,73	2ˢ,52	2ˢ,28	1ˢ,94	1ˢ,72	1ˢ,43	09 00	03 00
21 20	14 40	3ˢ,07	2ˢ,92	2ˢ,76	2ˢ,57	2ˢ,35	2ˢ,05	1ˢ,84	1ˢ,58	09 20	02 40
21 40	14 20	3ˢ,07	2ˢ,93	2ˢ,79	2ˢ,63	2ˢ,43	2ˢ,16	1ˢ,98	1ˢ,74	09 40	02 20
22 00	14 00	3ˢ,07	2ˢ,95	2ˢ,83	2ˢ,68	2ˢ,51	2ˢ,27	2ˢ,12	1ˢ,91	10 00	02 00
22 20	13 40	3ˢ,07	2ˢ,97	2ˢ,86	2ˢ,74	2ˢ,60	2ˢ,40	2ˢ,26	2ˢ,09	10 20	01 40
22 40	13 20	3ˢ,07	2ˢ,99	2ˢ,90	2ˢ,81	2ˢ,69	2ˢ,53	2ˢ,42	2ˢ,28	10 40	01 20
23 00	13 00	3ˢ,07	3ˢ,01	2ˢ,94	2ˢ,87	2ˢ,78	2ˢ,66	2ˢ,58	2ˢ,47	11 00	01 00
23 20	12 40	3ˢ,07	3ˢ,03	2ˢ,99	2ˢ,94	2ˢ,88	2ˢ,79	2ˢ,74	2ˢ,67	11 20	00 40
23 40	12 20	3ˢ,07	3ˢ,05	3ˢ,03	3ˢ,00	2ˢ,97	2ˢ,93	2ˢ,90	2ˢ,87	11 40	00 20
00 00	12 00	3ˢ,07	3ˢ,07	3ˢ,07	3ˢ,07	3ˢ,07	3ˢ,07	3ˢ,07	3ˢ,07	12 00	24 00
00 20	11 40	3ˢ,07	3ˢ,09	3ˢ,11	3ˢ,14	3ˢ,17	3ˢ,21	3ˢ,24	3ˢ,27	12 20	23 40
00 40	11 20	3ˢ,07	3ˢ,11	3ˢ,15	3ˢ,20	3ˢ,26	3ˢ,35	3ˢ,40	3ˢ,47	12 40	23 20
01 00	11 00	3ˢ,07	3ˢ,13	3ˢ,20	3ˢ,27	3ˢ,36	3ˢ,48	3ˢ,56	3ˢ,67	13 00	23 00
01 20	10 40	3ˢ,07	3ˢ,15	3ˢ,24	3ˢ,33	3ˢ,45	3ˢ,61	3ˢ,72	3ˢ,86	13 20	22 40
01 40	10 20	3ˢ,07	3ˢ,17	3ˢ,28	3ˢ,40	3ˢ,54	3ˢ,74	3ˢ,88	4ˢ,05	13 40	22 20
02 00	10 00	3ˢ,07	3ˢ,19	3ˢ,31	3ˢ,46	3ˢ,63	3ˢ,87	4ˢ,02	4ˢ,23	14 00	22 00
02 20	09 40	3ˢ,07	3ˢ,21	3ˢ,35	3ˢ,51	3ˢ,71	3ˢ,98	4ˢ,16	4ˢ,40	14 20	21 40
02 40	09 20	3ˢ,07	3ˢ,22	3ˢ,38	3ˢ,57	3ˢ,79	4ˢ,09	4ˢ,30	4ˢ,56	14 40	21 20
03 00	09 00	3ˢ,07	3ˢ,24	3ˢ,41	3ˢ,62	3ˢ,86	4ˢ,20	4ˢ,42	4ˢ,71	15 00	21 00
03 20	08 40	3ˢ,07	3ˢ,25	3ˢ,44	3ˢ,66	3ˢ,93	4ˢ,29	4ˢ,53	4ˢ,84	15 20	20 40
03 40	08 20	3ˢ,07	3ˢ,26	3ˢ,47	3ˢ,70	3ˢ,99	4ˢ,37	4ˢ,63	4ˢ,97	15 40	20 20
04 00	08 00	3ˢ,07	3ˢ,27	3ˢ,49	3ˢ,74	4ˢ,04	4ˢ,45	4ˢ,72	5ˢ,07	16 00	20 00
04 20	07 40	3ˢ,07	3ˢ,28	3ˢ,51	3ˢ,77	4ˢ,09	4ˢ,51	4ˢ,80	5ˢ,17	16 20	19 40
04 40	07 20	3ˢ,07	3ˢ,29	3ˢ,53	3ˢ,79	4ˢ,12	4ˢ,57	4ˢ,86	5ˢ,24	16 40	19 20
05 00	07 00	3ˢ,07	3ˢ,30	3ˢ,54	3ˢ,82	4ˢ,15	4ˢ,61	4ˢ,91	5ˢ,31	17 00	19 00
05 20	06 40	3ˢ,07	3ˢ,30	3ˢ,55	3ˢ,83	4ˢ,17	4ˢ,64	4ˢ,95	5ˢ,35	17 20	18 40
05 40	06 20	3ˢ,07	3ˢ,30	3ˢ,55	3ˢ,84	4ˢ,19	4ˢ,66	4ˢ,97	5ˢ,38	17 40	18 20
06 00	06 00	3ˢ,07	3ˢ,31	3ˢ,56	3ˢ,84	4ˢ,19	4ˢ,66	4ˢ,98	5ˢ,38	18 00	18 00

Cálculo riguroso de la precesión

En este apartado se describe el método general de cálculo riguroso de los efectos de la precesión a las coordenadas de un astro entre una cierta época origen (dada por DJ_{origen}) y una cierta fecha o época final (dada por DJ_{fecha}). Es decir, este método es aplicable incluso en aquellos casos en que la época a que se refieren las coordenadas originales no es la época J2000, sino otra cualquiera (J1900, B1950, etc). Algunas épocas típicas vienen dadas en el apartado *Día Juliano* en la página 121.

1) Cálculo de los argumentos temporales T y t, dados en siglos julianos:

$$T = (\text{época origen} - 2000.0)/100 = (DJ_{origen} - 2\,451\,545{,}0)/36\,525$$
$$t = (DJ_{fecha} - DJ_{origen})/36\,525$$

2) Cálculo de los coeficientes para la época origen:

$$\begin{aligned}
\zeta_1 &= 2306''{,}2181 + 1''{,}39656\,T - 0''{,}000139\,T^2 \\
\zeta_2 &= 0''{,}30188 - 0''{,}000344\,T \\
\zeta_3 &= 0''{,}017998 \\
z_1 &= \zeta_1 \\
z_2 &= 1''{,}09468 + 0''{,}000066\,T \\
z_3 &= 0''{,}018203 \\
\theta_1 &= 2004''{,}3109 - 0''{,}85330\,T - 0''{,}000217\,T^2 \\
\theta_2 &= -0''{,}42665 - 0''{,}000217\,T \\
\theta_3 &= -0''{,}041833
\end{aligned}$$

3) Cálculo de los ángulos auxiliares para la fecha:

$$\begin{aligned}
\zeta &= \zeta_1\,t + \zeta_2\,t^2 + \zeta_3\,t^3 \\
z &= z_1\,t + z_2\,t^2 + z_3\,t^3 \\
\theta &= \theta_1\,t + \theta_2\,t^2 + \theta_3\,t^3
\end{aligned}$$

4) Transformación de las coordenadas ecuatoriales de la época origen (α_0, δ_0) a la fecha (α, δ) por efecto de la precesión. Es necesario expresar todos los ángulos en grados (o en radianes). La declinación δ se determina a partir de la ecuación:

$$\operatorname{sen}\delta = \cos(\alpha_0 + \zeta)\operatorname{sen}\theta\cos\delta_0 + \cos\theta\operatorname{sen}\delta_0$$

y la ascensión recta α se determina, en el cuadrante adecuado, a partir de

$$\operatorname{sen}(\alpha - z) = \operatorname{sen}(\alpha_0 + \zeta)\cos\delta_0/\cos\delta$$

$$\cos(\alpha - z) = \frac{\cos(\alpha_0 + \zeta)\cos\theta\cos\delta_0 - \operatorname{sen}\theta\operatorname{sen}\delta_0}{\cos\delta}$$

Corrección de las coordenadas por nutación

La corrección por precesión da como resultado las coordenadas referidas al ecuador y equinoccio medios de la fecha considerada. Si se desea obtener las coordenadas referidas al ecuador y equinoccio *verdaderos* de la fecha es necesaria una corrección adicional, de pequeña magnitud, que recibe el nombre de *corrección por nutación*. Tal corrección involucra una gran cantidad de términos de corto periodo. Si se considera solamente el más significativo (ligado a la longitud media del nodo lunar, $\Omega_{☾}$), podemos expresar la corrección por nutación a aplicar a las coordenadas ecuatoriales (α, δ) con las siguientes fórmulas:

$$\Delta\alpha = Ec.Eq. - (0^{s}.46 \operatorname{sen} \Omega_{☾} \operatorname{sen}\alpha + 0^{s}.61 \cos \Omega_{☾} \cos\alpha) \tan\delta$$

$$\Delta\delta = 9''.2 \cos \Omega_{☾} \operatorname{sen}\alpha - 6''.8 \operatorname{sen} \Omega_{☾} \cos\alpha$$

donde *Ec.Eq.* es el valor de la ecuación de los equinoccios para la fecha (ver *Tablas de tiempos* en la página 108), y $\Omega_{☾}$ viene dada para este año en el apartado de *Datos lunares* en la página 203 o bien se puede calcular a partir del día juliano *DJ* mediante:

$$\Omega_{☾} = 125^{o}.045 - 0^{o}.05295376\ (DJ - 2\,451\,545)$$

Variaciones irregulares de la rotación terrestre

Los movimientos de precesión y nutación se producen por influencias externas (particularmente Sol y Luna) en el movimiento como sólido rígido que tiene la Tierra. Sin embargo, también hay factores internos del planeta, como las redistribuciones de masas en su interior o su superficie (por ejemplo, grandes corrientes oceánicas, o cambios en la acumulación estacional de nieve), que generan variaciones irregulares en la posición del eje, o pequeñas aceleraciones o desaceleraciones en la rotación. Estos cambios se miden mediante los Parámetros de Orientación Terrestres (EOP en sus siglas en inglés), que además proporcionan la transformación dependiente del tiempo entre sistemas de referencia que se ven afectados por estas variaciones (particularmente entre el Sistema de Referencia Terrestre Internacional y el Sistema de Referencia Celeste Internacional). Los EOP son cinco, y son los siguientes:

- *El tiempo universal.* Es el tiempo empleado en la rotación, y en concreto es UT1, que mide el tiempo de rotación terrestre corrigiendo por el movimiento del polo.
- *Coordenadas del polo*. Son dos parámetros que miden la posición sobre la superficie de la Tierra del polo celeste (punto

por el que pasa el eje de rotación) con respecto a la posición de un punto estático, el polo celeste de referencia. El polo celeste describe movimientos que implican variaciones del orden de metros con respecto al polo de referencia a lo largo del año.

- *Desviaciones del polo*. Son dos parámetros que en este caso miden las desviaciones de la posición del polo celeste respecto a la posición definida por los modelos de precesión y nutación de la IAU.

Los EOP se determinan mediante diversas técnicas geodésicas. La única que permite la determinación directa de todos los EOP es la interferometría de muy larga línea de base (VLBI). En la actualidad, las observaciones de VLBI geodésico son coordinadas por el Servicio Internacional de VLBI para Geodesia y Astronomía (IVS), compuesto por unas 45 antenas pertenecientes a unas 40 organizaciones localizadas en 20 países. Una de ellas es la antena de 13,2 m del Observatorio de Yebes (Guadalajara), dependiente del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

3.4. Traslación terrestre

La Tierra orbita en torno a nuestra estrella, el Sol, como el resto de planetas del sistema solar. Las leyes de Kepler, que describen las órbitas heliocéntricas, y las definiciones y fórmulas de cálculo de los elementos orbitales que se recogen a continuación se encuentran en la página 171. En este anuario se dan los elementos orbitales referidos al equinoccio y eclíptica medios J2000.0. Cuando una 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 parámetros orbitales de la Tierra:

Parámetros orbitales medios J2000

Semieje mayor de la órbita	149 598 000 km
Excentricidad	0,01671022
Inclinación del plano orbital	0º,000
Longitud del nodo ascendente	-11º,26064
Longitud del perihelio	102º,94719
Longitud media	100º,46435

La inclinación del plano orbital es el ángulo entre el plano orbital de la Tierra y la eclíptica.

Distancias al Sol

En astronomía se usa frecuentemente como unidad de medida de longitud la Unidad Astronómica (UA o AU), que es igual por definición a 149 597 870,700 km, un valor que equivale aproximadamente a la distancia media entre la Tierra y el Sol.

Distancia media	149 598 000 km (1,000001018 ua)
Distancia perihélica	147 095 000 km
Distancia afélica	152 100 000 km

Tiempos

- *Periodo (año) sidéreo.* Intervalo de tiempo que transcurre para que la Tierra complete una vuelta en torno al Sol, usando como referencia el sistema de las estrellas fijas. Duración: 365,256 días.
- *Periodo (año) solar o tropical.* Intervalo de tiempo que transcurre entre dos equinoccios iguales, o también se puede definir como el tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos de la Tierra por el punto Aries. Tiene una duración aceptada de 365,242 días, pero debido a la influencia de la precesión del eje de rotación terrestre, que varía la posición del punto Aries, y a perturbaciones en el movimiento orbital de la Tierra, no se puede considerar que tenga una duración constante.

Velocidades

Velocidad orbital máxima	29,29 km/s
Velocidad orbital mínima	30,29 km/s
Velocidad orbital media	29,78 km/s
Movimiento medio diario	0º,985647

Corrección de las coordenadas por aberración anual

El fenómeno de la aberración de la luz, o aberración de Bradley, produce una diferencia entre la posición geométrica y la posición observada de un astro, debido a la combinación de la velocidad que tiene la Tierra, y por tanto el observador, y la velocidad de la luz proveniente del astro. Cuando se tiene en cuenta exclusivamente el movimiento de la Tierra alrededor del Sol, el fenómeno se denomina aberración anual. Para alcanzar una precisión en las coordenadas del astro del orden del segundo de arco debe tenerse en cuenta la corrección correspondiente a este fenómeno. En primera aproximación,

prescindiendo de la pequeña excentricidad de la órbita terrestre, la corrección a las coordenadas ecuatoriales (α,δ) viene dada por:

$$\Delta\alpha = -(1^{s},366 \operatorname{sen} L_{\odot} \operatorname{sen}\alpha + 1^{s},253 \cos L_{\odot} \cos\alpha)/\cos\delta$$
$$\Delta\delta = 18'',80 \operatorname{sen}\delta \operatorname{sen}\alpha \cos L_{\odot} - 20'',49 \operatorname{sen}\delta \cos\alpha \operatorname{sen} L_{\odot} - 8'',15 \cos\delta \cos L_{\odot}$$

donde la longitud media $L_{\odot}$ viene dada para este año en el apartado de *Datos solares* en la página 171, o se puede considerar de modo general en función del día juliano *DJ* mediante:

$$L_{\odot} = 280^{\circ},466 + 0^{\circ},98564736\,(DJ - 2\,451\,545)$$

3.5. Satélites artificiales

Desde los años 50 del pasado siglo el número de satélites artificiales en torno a la Tierra ha ido en aumento, contribuyendo al desarrollo de campos como la investigación espacial, la observación de la propia Tierra, la meteorología o las telecomunicaciones. Su proliferación ha producido que, según la Oficina de Basura Espacial de la Agencia Espacial Europea, actualmente haya más de 20 000 objetos en órbita alrededor de nuestro planeta, aunque solo una fracción de ellos son satélites actualmente operativos. El número de satélites en órbita está sufriendo un fuerte incremento en los últimos años debido al lanzamiento de constelaciones de satélites, grupos de satélites artificiales con un mismo diseño y que trabajan como un único sistema. Algunos ejemplos son las constelaciones de satélites para geoposicionamiento (GPS, Galileo o GLONASS), todas con un número relativamente pequeño de satélites, siempre por debajo del centenar. Sin embargo otro ejemplo reciente, y que parece ser precursor de otros proyectos de similares características, es el de los satélites Starlink para telecomunicaciones. La empresa responsable, SpaceX, ha lanzado hasta ahora (2024) más de 6000 satélites y prevé lanzar hasta 42 000 en los próximos años. Por lo tanto, el número de satélites en órbita en los próximos años puede multiplicarse por un importante factor, y su injerencia en las observaciones profesionales en óptico y radio debe ser considerada.

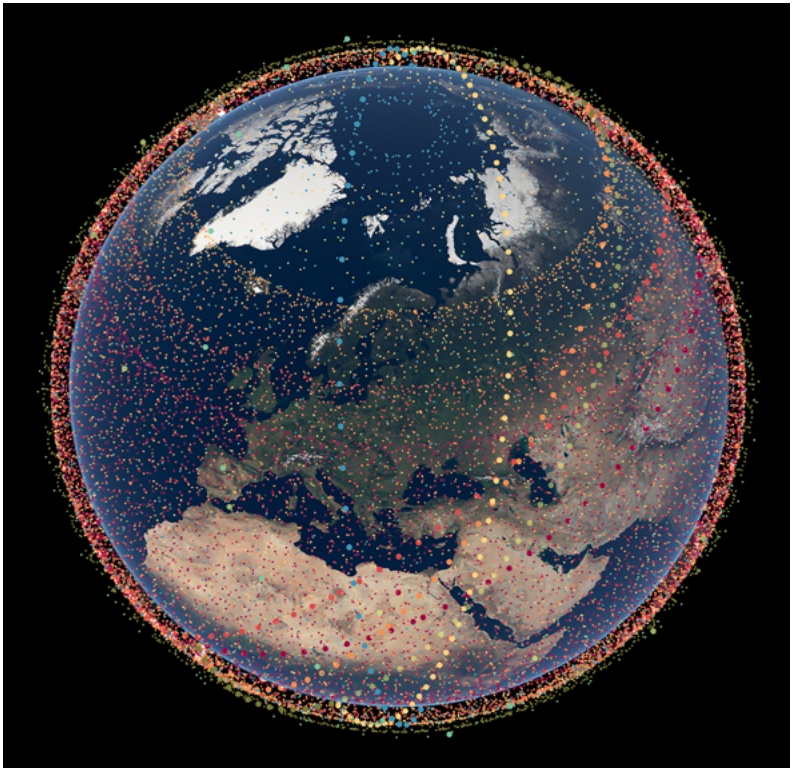
Los satélites artificiales interfieren también en las observaciones astronómicas amateurs, particularmente tras la puesta del Sol o antes de su salida, cuando el cielo está oscuro para la observación pero la luz solar sigue incidiendo en los objetos en órbita. Un ejemplo habitual, que puede constituir un aliciente observacional, es el seguimiento de la Estación Espacial Internacional. Otro ejemplo son los ya

mencionados satélites Starlink, observables a simple vista especialmente cuando se produce el lanzamiento de un conjunto de ellos, y estos se desplazan durante las siguientes horas y días hasta alcanzar sus órbitas de operación.

Actualmente existen una serie de recursos en red que permiten tanto planificar previamente la observación de estos objetos como identificar a posteriori cualquier objeto no identificado observado en el cielo nocturno. Algunos de estos servicios (en inglés) son los siguientes:

Estación Espacial Internacional:
https:/www.nasa.gov/spot-the-station/

Satélites: ***https://www.satflare.com/home.asp***
https://www.heavens-above.com/



Visualización de los 30 000 satélites previstos de la constelación Starlink Generación 2. ESO

3.6. Posiciones geográficas

Ciudades españolas

En este apartado se proporcionan las posiciones geográficas de las capitales de provincia españolas, las ciudades de más de 170 000 habitantes y de Ceuta y Melilla. Las coordenadas geográficas proporcionadas están referidas al sistema de referencia geodésico ETRS89 (para la Península y las islas Baleares) y al REGCAN95 (para las islas Canarias), únicos oficiales en España desde 2015 y consistentes con los modernos sistemas de navegación por satélite. Ambos están asociados al elipsoide GRS80 (prácticamente idéntico al WGS84). 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. La posición indicada corresponde a un hito relevante de cada ciudad, que suele ser la catedral, concatedral o una iglesia o torre relevante, salvo en el caso de Madrid, donde se refiere al Observatorio Astronómico. Las posiciones dadas son representativas de toda la ciudad a efectos de cálculos de efemérides, como son los ortos, ocasos y las circunstancias locales de eclipses u otros fenómenos.

Posición geográfica de las capitales de provincia, ciudades de más de 170000 habitantes, Ceuta y Melilla

ciudad	latitud ϕ (° ′ ″)	longitud (+E, −O) (° ′ ″)	(h m s)	altitud (m)
Albacete	38° 59′ 45″	01° 51′ 21″ O	$-07^{m}\,25^{s}$	686
Alcalá de Henares	40° 28′ 49″	03° 22′ 09″ O	$-13^{m}\,29^{s}$	587
Alcorcón	40° 21′ 00″	03° 49′ 42″ O	$-15^{m}\,19^{s}$	718
Alicante / Alacant	38° 20′ 44″	00° 28′ 57″ O	$-01^{m}\,56^{s}$	8
Almería	36° 50′ 18″	02° 28′ 02″ O	$-09^{m}\,52^{s}$	16
Avila	40° 39′ 21″	04° 41′ 51″ O	$-18^{m}\,47^{s}$	1131
Badajoz	38° 52′ 42″	06° 58′ 10″ O	$-27^{m}\,53^{s}$	186
Badalona	41° 27′ 09″	02° 14′ 46″ E	$+08^{m}\,59^{s}$	23
Barcelona	41° 23′ 03″	02° 10′ 35″ E	$+08^{m}\,42^{s}$	12
Bilbao	43° 15′ 26″	02° 55′ 26″ O	$-11^{m}\,42^{s}$	6
Burgos	42° 20′ 28″	03° 42′ 15″ O	$-14^{m}\,49^{s}$	929
Cáceres	39° 28′ 29″	06° 22′ 12″ O	$-25^{m}\,29^{s}$	459
Cádiz	36° 31′ 44″	06° 17′ 43″ O	$-25^{m}\,15^{s}$	69
Cartagena	37° 36′ 00″	00° 58′ 55″ O	$-03^{m}\,56^{s}$	68
Castelló de la Plana	39° 59′ 10″	00° 02′ 13″ O	$-00^{m}\,09^{s}$	27
Ceuta	35° 53′ 16″	05° 19′ 00″ O	$-21^{m}\,16^{s}$	40
Ciudad Real	38° 59′ 11″	03° 55′ 52″ O	$-15^{m}\,43^{s}$	628
Córdoba	37° 52′ 44″	04° 46′ 46″ O	$-19^{m}\,07^{s}$	106

Posición geográfica de las capitales de provincia, ciudades de más de 170000 habitantes, Ceuta y Melilla

ciudad	latitud ϕ (° ′ ″)	longitud (+E, −O) (° ′ ″)	(^{h} ^{m} ^{s})	altitud (m)
Coruña, A	43° 23′ 09″	08° 24′ 23″ O	$-33^m\ 38^s$	26
Cuenca	40° 04′ 36″	02° 07′ 53″ O	$-08^m\ 32^s$	999
Donostia-San Sebastián	43° 19′ 02″	01° 58′ 55″ O	$-07^m\ 56^s$	8
Elche / Elx	38° 16′ 02″	00° 41′ 52″ O	$-02^m\ 47^s$	86
Fuenlabrada	40° 16′ 56″	03° 47′ 27″ O	$-15^m\ 10^s$	664
Getafe	40° 18′ 15″	03° 43′ 45″ O	$-14^m\ 55^s$	559
Gijón	43° 32′ 21″	05° 39′ 33″ O	$-22^m\ 38^s$	3
Girona	41° 59′ 15″	02° 49′ 35″ E	$+11^m\ 18^s$	70
Granada	37° 10′ 35″	03° 36′ 00″ O	$-14^m\ 24^s$	683
Guadalajara	40° 38′ 04″	03° 09′ 45″ O	$-12^m\ 39^s$	685
Hospitalet de Llobregat, L'	41° 22′ 55″	02° 07′ 09″ E	$+08^m\ 29^s$	14
Huelva	37° 15′ 47″	06° 57′ 08″ O	$-27^m\ 48^s$	30
Huesca	42° 08′ 26″	00° 24′ 30″ O	$-01^m\ 38^s$	488
Jaén	37° 45′ 55″	03° 47′ 25″ O	$-15^m\ 10^s$	568
Jerez de la Frontera	36° 40′ 55″	06° 08′ 28″ O	$-24^m\ 34^s$	98
Leganés	40° 19′ 39″	03° 45′ 51″ O	$-15^m\ 03^s$	665
León	42° 35′ 57″	05° 34′ 01″ O	$-22^m\ 16^s$	838
Lleida	41° 37′ 04″	00° 37′ 36″ E	$+02^m\ 30^s$	182
Logroño	42° 27′ 59″	02° 26′ 44″ O	$-09^m\ 47^s$	385
Lugo	43° 00′ 33″	07° 33′ 28″ O	$-30^m\ 14^s$	454
Madrid	40° 24′ 30″	03° 41′ 15″ O	$-14^m\ 45^s$	655
Málaga	36° 43′ 13″	04° 25′ 12″ O	$-17^m\ 41^s$	11
Melilla	35° 17′ 40″	02° 56′ 02″ O	$-11^m\ 44^s$	15
Móstoles	40° 19′ 25″	03° 51′ 53″ O	$-15^m\ 28^s$	661
Murcia	37° 59′ 04″	01° 07′ 43″ O	$-04^m\ 31^s$	39
Ourense	42° 20′ 12″	07° 51′ 48″ O	$-31^m\ 27^s$	139
Oviedo	43° 21′ 44″	05° 50′ 37″ O	$-23^m\ 22^s$	232
Palencia	42° 00′ 40″	04° 32′ 13″ O	$-18^m\ 09^s$	734
Palma de Mallorca	39° 34′ 03″	02° 38′ 53″ E	$+10^m\ 36^s$	15
Palmas de Gran Canaria, Las	28° 06′ 03″	15° 24′ 53″ O	$-1^h\ 1^m\ 40^s$	13
Pamplona / Iruña	42° 49′ 11″	01° 38′ 27″ O	$-06^m\ 34^s$	490
Pontevedra	42° 26′ 02″	08° 38′ 52″ O	$-34^m\ 35^s$	27
Sabadell	41° 32′ 49″	02° 06′ 28″ E	$+08^m\ 26^s$	190
Salamanca	40° 57′ 38″	05° 39′ 58″ O	$-22^m\ 40^s$	800
Santa Cruz de Tenerife	28° 27′ 52″	16° 14′ 56″ O	$-1^h\ 5^m\ 00^s$	5
Santander	43° 27′ 38″	03° 48′ 27″ O	$-15^m\ 14^s$	11
Segovia	40° 57′ 00″	04° 07′ 30″ O	$-16^m\ 30^s$	1002

Posición geográfica de las capitales de provincia, ciudades de más de 170000 habitantes, Ceuta y Melilla

ciudad	latitud ϕ (° ′ ″)	longitud (+E, −O) (° ′ ″)	(^{h} ^{m} ^{s})	altitud (m)
Sevilla	37° 23′ 10″	05° 59′ 33″ O	$-23^m\,58^s$	11
Soria	41° 45′ 58″	02° 27′ 33″ O	$-09^m\,50^s$	1063
Tarragona	41° 07′ 09″	01° 15′ 30″ E	$+05^m\,02^s$	69
Terrassa	41° 33′ 44″	02° 00′ 44″ E	$+08^m\,03^s$	286
Teruel	40° 20′ 38″	01° 06′ 26″ O	$-04^m\,26^s$	912
Toledo	39° 51′ 26″	04° 01′ 27″ O	$-16^m\,06^s$	529
València	39° 28′ 32″	00° 22′ 31″ O	$-01^m\,30^s$	13
Valladolid	41° 39′ 08″	04° 43′ 23″ O	$-18^m\,54^s$	698
Vigo	42° 14′ 22″	08° 43′ 34″ O	$-34^m\,54^s$	28
Vitoria-Gasteiz	42° 51′ 02″	02° 40′ 22″ O	$-10^m\,41^s$	540
Zamora	41° 29′ 57″	05° 45′ 17″ O	$-23^m\,01^s$	649
Zaragoza	41° 39′ 24″	00° 52′ 43″ O	$-03^m\,31^s$	199

Observatorios astronómicos profesionales españoles

A continuación se proporcionan las posiciones geográficas de los observatorios situados en el país y que están dotados de telescopios profesionales nacionales o extranjeros. Para mayor información sobre los mismos se puede consultar:

https://www.sea-astronomia.es/investigacion/observatorios

Observatorios profesionales situados en España

Observatorio	latitud	longitud	altura
R. M. Aller, U. Santiago de Compostela	+42° 52′,5	$-00^h\,34^m\,14^s$	240
Aras de los Olmos, U. Valencia	+39° 56′,7	$-00^h\,04^m\,24^s$	1280
Calar Alto, CSIC/JA (Almería)	+37° 13′,3	$-00^h\,10^m\,11^s$	2168
Ebro, CSIC/AEM/URL (Tarragona)	+40° 49′,2	$+00^h\,01^m\,58^s$	50
Fabra, RACAB (Barcelona)	+41° 25′,0	$+00^h\,08^m\,30^s$	420
Izaña/Teide, IAC (I. Tenerife)	+28° 18′,1	$-01^h\,06^m\,03^s$	2390
Javalambre, CEFCA (Teruel)	+40° 02′,5	$-00^h\,04^m\,04^s$	1957
Madrid, OAN/IGN	+40° 24′,5	$-00^h\,14^m\,45^s$	655
Montsec, IEEC (Lleida)	+42° 03′,1	$-00^h\,02^m\,55^s$	1568
Pico de Veleta, IRAM (Granada)	+37° 04′,0	$-00^h\,13^m\,34^s$	2870
Roque de los Muchachos, IAC (I. La Palma)	+28° 45′,4	$-01^h\,11^m\,34^s$	2300
San Fernando, ROA (Cádiz)	+36° 27′,9	$-00^h\,24^m\,49^s$	30
Sierra Nevada, IAA/CSIC (Granada)	+37° 03′,8	$-00^h\,13^m\,33^s$	2896
Valderredible (Cantabria)	+42° 46′,3	$-00^h\,15^m\,46^s$	1080
Yebes, OAN/IGN (Guadalajara)	+40° 31′,5	$-00^h\,12^m\,21^s$	931

Observatorios astronómicos profesionales internacionales

A continuación se proporcionan las posiciones geográficas de algunos de los más importantes observatorios profesionales activos dotadas de telescopios ópticos, infrarrojos o radio. Además se incluyen dos observatorios históricos, los de París y Greenwich.

Observatorios relevantes en el resto del mundo

Observatorio	latitud	longitud	altura
ALMA, Atacama (Chile)	−23° 00′,3	$-04^h\ 31^m\ 02^s$	5080
Armazones, ELT (Chile)	−24° 35′,3	$-04^h\ 40^m\ 46^s$	3060
ATCA, Narrabri (Australia)	−30° 18′,9	$+09^h\ 58^m\ 12^s$	208
Cerro Pachón (Chile)	−30° 14′,3	$-04^h\ 42^m\ 56^s$	2738
Cerro Paranal (Chile)	−24° 37′,6	$-04^h\ 41^m\ 37^s$	2635
Cerro Tololo (Chile)	−30° 10′,1	$-04^h\ 43^m\ 13^s$	2200
Devasthal (India)	+29° 21′,6	$+05^h\ 18^m\ 44^s$	2540
Effelsberg (Alemania)	+50° 31′,6	$+00^h\ 27^m\ 32^s$	369
FAST “Tianyan” (China)	+25° 39′,2	$+07^h\ 07^m\ 26^s$	
Green Bank (EE.UU.)	+38° 25′,8	$-05^h\ 19^m\ 22^s$	836
Greenwich (R.U.)	+51° 28′,6	$-00^h\ 00^m\ 00^s$	47
McDonald HET (EE.UU.)	+30° 40′,9	$-06^h\ 56^m\ 04^s$	2026
Jodrell Bank y MERLIN (R.U.)	+53° 14′,2	$-00^h\ 09^m\ 14^s$	78
Kitt Peak (EE.UU.)	+31° 42′,5	$-07^h\ 26^m\ 23^s$	2120
La Silla (Chile)	−29° 15′,4	$-04^h\ 42^m\ 55^s$	2347
Las Campanas (Chile)	−29° 00′,5	$-04^h\ 42^m\ 48^s$	2282
Mauna Kea (EE.UU.)	+19° 49′,7	$-10^h\ 21^m\ 53^s$	4200
MeerKAT (Sudáfrica)	−30° 42′,8	$+01^h\ 25^m\ 46^s$	
Monte Graham (EE.UU.)	+32° 42′,1	$-07^h\ 19^m\ 34^s$	3182
Monte Hopkins, F.L. Whipple O. (EEUU)	+31° 41′,3	$-07^h\ 23^m\ 32^s$	2606
Monte Palomar (EE.UU.)	+33° 21′,4	$-07^h\ 47^m\ 27^s$	1706
Monte Pastukhov (Rusia)	+43° 39′,2	$+02^h\ 45^m\ 46^s$	2070
Murchison ASKAP (Australia)	−26° 41′,7	$+07^h\ 46^m\ 33^s$	
Narayangaon, Pune, GRMT (India)	+19° 05′,5	$+04^h\ 56^m\ 12^s$	650
Nobeyama (Japón)	+35° 56′,5	$+09^h\ 13^m\ 54^s$	1350
París (Francia)	+48° 50′,0	$+00^h\ 09^m\ 21^s$	67
Parkes (Australia)	−33° 00′,0	$+09^h\ 53^m\ 03^s$	392
Pico Sacramento y Punto Apache (EEUU)	+32° 46′,8	$-07^h\ 03^m\ 17^s$	2788
Plateau de Bure, IRAM (Francia)	+44° 38′,0	$+00^h\ 23^m\ 38^s$	2552
Polo Sur	−90° 00′,0		2835
Sardinia SRT (Cerdeña, Italia)	+39° 29′,6	$+00^h\ 36^m\ 59^s$	600
Sierra Negra LMT (Méjico)	+18° 59′,1	$-06^h\ 29^m\ 16^s$	4580
Sutherland (Sudáfrica)	−32° 22′,8	$+01^h\ 23^m\ 47^s$	1771
Vera C. Rubin (Chile)	−30° 14′,7	$-04^h\ 43^m\ 00^s$	2682
VLA, Socorro (EEUU)	+34° 04′,7	$-07^h\ 10^m\ 28^s$	2124
Xinglong, LAMOST (China)	+40° 23′,6	$+07^h\ 50^m\ 18^s$	900
Yunnan (China)	+25° 02′,0	$+06^h\ 51^m\ 08^s$	2014

El número de observatorios en el mundo crece constantemente, por lo que una lista con pretensiones de completitud necesita una actualización continua. Para obtener más información 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:
https://minorplanetcenter.net/iau/lists/ObsCodesF.html

Listas de códigos de observatorios atribuidos por la UAI/IAU:
http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_observatory_codes
https://ssp.imcce.fr/webservices/data/displayIAUObsCodes.php



CAPÍTULO 4

Sol y Luna



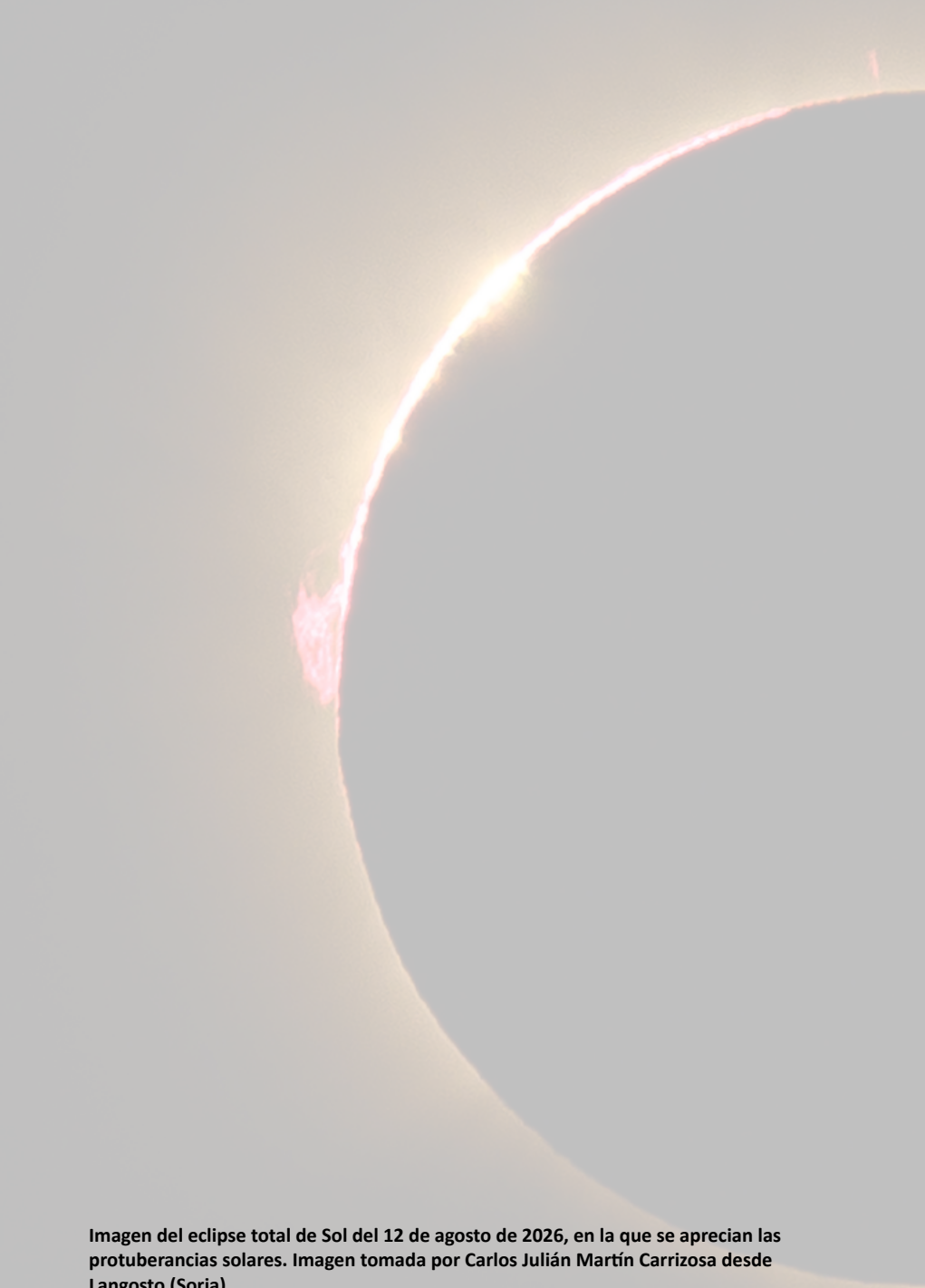


Imagen del eclipse total de Sol del 12 de agosto de 2026, en la que se aprecian las protuberancias solares. Imagen tomada por Carlos Julián Martín Carrizosa desde Langosto (Soria).

Ubicado en el centro del sistema solar, el Sol es nuestra estrella. En el contexto de la Vía Láctea es completamente estándar: una estrella de tipo G en secuencia principal (G2V), con una masa baja-intermedia, que no destaca en el conjunto de la población estelar de nuestra galaxia. Y sin embargo en nuestro entorno inmediato su papel es esencial: su formación generó la existencia del sistema solar, su masa actual supone el 99,86% de la masa total del sistema planetario, es su principal foco de atracción gravitatoria, y es con mucha diferencia su principal fuente de energía.

La energía que produce el Sol proviene de las reacciones de fusión nuclear que tienen lugar en su interior. Actualmente el Sol está compuesto en un 74,9% de hidrógeno y un 23,8% de helio, mientras que los elementos más pesados suponen menos de un 2% del total. La energía generada por la fusión nuclear de hidrógeno en helio en el interior solar es la que mantiene a la estrella en equilibrio frente al colapso gravitatorio. Esta energía se transfiere desde el núcleo hasta las capas más externas del Sol, y de ahí es radiada al espacio.

El Sol se formó hace unos 4600 millones de años, a partir del colapso de un fragmento de una nube molecular. En el proceso se formó también el resto del sistema solar. Actualmente el Sol está en su fase "adulta", la secuencia principal, que es la más larga y estable. Vivirá del orden de otros 5000 millones de años, al final de los cuales pasará a la fase de gigante roja y tras ello, probablemente, a la de enana blanca. Ese proceso alterará de forma muy significativa las condiciones de todo el sistema planetario.

El efecto del Sol en la Tierra es evidente. Es el objeto más brillante de nuestro cielo, con una magnitud de -26,74, lo que hace que muy pocos objetos o eventos astronómicos puedan ser visibles durante el día, cuando él está presente. Además el Sol mantiene una importante actividad en su superficie, parece que conectada a su actividad magnética, que genera emisiones bruscas de energía y materia al espacio mediante fulguraciones y eyecciones de masa coronal. Cuando las partículas cargadas emitidas por el Sol llegan a nuestra atmósfera, causan las auroras boreales y australes, y pueden también afectar a satélites y otra instrumentación artificial. Afortunadamente, el campo magnético terrestre protege en gran medida a nuestro planeta de estas tormentas solares. El campo magnético solar varía en el tiempo, lo que produce ciclos casi periódicos de actividad solar de unos 11 años, que se reflejan en el número de manchas solares promedio visibles en su superficie.

La Luna, por su parte, es el único satélite natural que tiene la Tierra. El sistema Tierra-Luna es un dúo excepcional debido a la relación de tamaños, ya que la Luna tiene un diámetro del orden de la cuarta parte del de la Tierra. Esto hace que sea uno de los mayores satélites naturales del sistema solar con respecto al tamaño del cuerpo en torno al que gira, sólo superado por Caronte, el satélite principal de Plutón. Esta atípica relación de tamaños puede estar relacionada con el origen de la Luna, que se considera debido a los restos producidos por una colisión entre la Tierra y otro cuerpo de gran tamaño en las primeras fases de la formación del sistema solar. En tamaño total la Luna es el quinto satélite más grande de nuestro sistema, tras Ganímedes, Titán, Calisto e Ío.

A lo largo del tiempo, las fuerzas de marea existentes entre la Tierra y la Luna han producido la sincronización entre el periodo orbital de la Luna en torno a la Tierra y su periodo de rotación, por lo que el satélite siempre nos muestra la misma cara. Además, las diferencias en nuestra percepción de la iluminación de la Luna por parte del Sol, en función de la posición relativa de los tres cuerpos, generan las fases de la Luna, que han sido utilizadas en múltiples casos a lo largo de la historia de la humanidad para la medida del tiempo.

Los alineamientos de Sol, Tierra y Luna producen los eclipses de Luna (cuando la Tierra se interpone entre los otros dos) y de Sol (cuando es la Luna la que se interpone y proyecta su sombra sobre la Tierra). El hecho de que desde la Tierra el tamaño angular aparente de la Luna y el Sol sean semejantes permite que algunos de los eclipses de Sol puedan ser totales, con un oscurecimiento completo de la superficie del astro.

La Luna es un cuerpo terrestre, sin hidrosfera, atmósfera ni campo magnético. La ausencia de atmósfera y de actividad tectónica produce su característico mapa de cráteres en superficie, causados por el impacto de diversos cuerpos a lo largo de su historia. Nuestro satélite ejerce un papel decisivo en las condiciones existentes en la Tierra: es la principal causa de las mareas (con una influencia significativa pero considerablemente menor del Sol) y su presencia estabiliza el eje de rotación de la Tierra, evitando con ello bruscos cambios estacionales. Las fuerzas de marea existentes entre Tierra y Luna producen además un efecto de ralentización en la rotación de la Tierra, alargando el día terrestre unos 17 microsegundos cada año, y un alejamiento de la Luna, cuya distancia a nuestro planeta aumenta en unos 4 centímetros al año.

4.1. Datos solares

Elementos medios de la órbita para 2027

Longitud media	$L_\odot = 279^\circ,442754 + 0^\circ,98564736\ d$
Anomalía media	$M_\odot = 356^\circ,040179 + 0^\circ,98560028\ d$
Longitud media del perigeo	$\varpi_\odot = 283^\circ,402574 + 0^\circ,00004708\ d$
Excentricidad promedio	$e_\odot = 0{,}01669754$
Oblicuidad media de la eclíptica	$\varepsilon = 23^\circ,435780 - 0^\circ,00000036\ d$

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

Longitud verdadera (error < 30″)

$$\begin{aligned}\odot &= L_\odot + 1^\circ,913\ \mathrm{sen}(M_\odot) + 0^\circ,020\ \mathrm{sen}(2\,M_\odot)\\ &= 279^\circ,441 + 0^\circ,98564\ d + 1^\circ,913\ \mathrm{sen}(0^\circ,9856\ d - 4^\circ,0)\\ &\qquad + 0^\circ,020\ \mathrm{sen}(2^\circ d - 14^\circ)\end{aligned}$$

Duración de los años

año trópico:	$365^d,242188$	$365^d05^h48^m45^s,04$	(equin.–equin.)
año sidéreo:	$365^d,256363$	$365^d06^h09^m09^s,7$	(estrella–estrella)
año anomalístico:	$365^d,259636$	$365^d06^h13^m52^s,6$	(perih.–perih.)

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	$\tau_A = 499^s,004784$	$\simeq 8^m19^s,0$
Paralaje horizontal ecuatorial a la distancia media		8″,794148

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

Datos físicos

			en unidades terrestres
Radio	$\mathcal{R}_\odot$ =	695 660 km	109 $R_\oplus$
Superficie		$6{,}081\ 10^{12}$ km^2	11 900
Volumen		$1{,}4120\ 10^{18}$ km^3	1 300 000
Masa	$\mathcal{M}_\odot$ =	$1{,}988547\ 10^{30}$ kg	333 000 $M_\oplus$
Densidad media		1,410 g cm^{-3}	0,256
Constante gravitatoria	$G\,\mathcal{M}_\odot$ =	$1{,}3271244\ 10^{20}$ m^{3}s^{-2}	333 000
Gravedad superficial		274 m s^{-2}	27,9
Velocidad de escape		617,5 km s^{-1}	55

Núcleo:

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

Generación de energía:

Por unidad de masa		1,9 erg g^{-1} s^{-1}
Consumo de masa		4,3 10^{12} g s^{-1}
Potencia emitida	$\mathcal{L}_\odot$ =	3,828 10^{26} W = 3,828 10^{33}erg s^{-1}
Emisividad superficial		6,28 10^7 W m^{-2}

Rotación

Velocidad angular (°/día)	ω =14,713−2,396 $\text{sen}^2\phi_\odot$−1,787 $\text{sen}^4\phi_\odot$
Velocidad superficial en el ecuador solar ($\phi_\odot$ = 0°)	2,1 km s^{-1}
Periodo de rotación sidéreo en el ecuador solar	$24^d\ 11^h14^m$
〃 〃 sidéreo (a $\phi_\odot$ = 26°)	$25^d\ 09^h07^m$
〃 〃 sinódico (a $\phi_\odot$= 26°)	$27^d\ 06^h36^m$
Inclinación del ecuador sobre la eclíptica	7°15′
Longitud del nodo ascendente del ecuador solar	76,°1
Orientación del Polo Norte solar	α_{PN} = 286,°18
	δ_{PN} = 63,°91

Luminosidad

Luminosidad total	$\mathcal{L}_\odot$ = 3,828 10^{26} W = 3,828 10^{33}erg s^{-1}	
Tipo estelar	G2V	
Temperatura efectiva	T_{eff} = 5772 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 (λ) radio:

$T(\lambda < 2$ cm$) \simeq 10^4$ K

$T(\lambda > 2$ m$) \simeq 10^6$ 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 W m^{-2}	1,95 cal cm^{-2} min^{-1}

Fotosfera solar

presión del gas en superficie	0,868 mb
temperatura efectiva	
temperatura en la parte alta	4400 K
temperatura en la parte baja	6600 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	~ 3000 Gs
penumbra de manchas solares	~ 1500 Gs
protuberancias	2 – 100 Gs

Viento solar

pérdida de masa	~ 10^{9} kg s^{-1}
	~ 10^{-14} $\mathcal{M}_{\odot}$/año
velocidad del viento a 1 ua del Sol	~ 450 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:	α_{1900} = 271º δ_{1900} = +30º
	V_{LSR} = 19,5 km s^{-1}=0,01126 UA/día
Según Mihalas y Binney:	α_{1900} = 267º δ_{1900} = +28º
	V_{LSR} = 16,5 km s^{-1}=0,00953 UA/día
Convenio radioastronómico:	α_{1900} = 270º δ_{1900} = +30º
	V_{LSR} = 20,0 km s^{-1}=0,01155 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 km s^{-1}
Periodo de traslación	240 10^{6} años

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.

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	1000000
He	2	98000
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	ε_0	= 23°26′21″,406
		= 23°,4392794
		= 84 382″,406

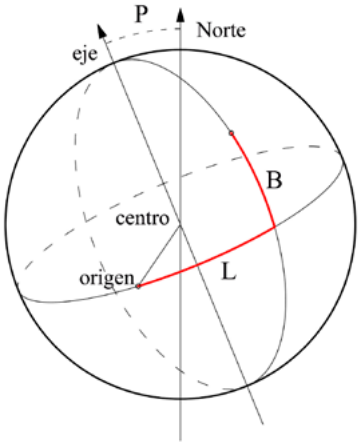
4.2. Efemérides solares diarias para el año 2027

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 (véase el apartado *Ortos, ocasos y pasos del Sol por el meridiano* en la página 191). 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^h de TU, expresada en coordenadas ecuatoriales, **ascensión recta** y **declinación**. Para obtener las coordenadas en cualquier otro instante debe realizarse una interpolación de segundo grado partiendo de los valores de dichas columnas (véase el apartado *Interpolación* en la página 485).

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

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



Cálculos aproximados

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

1) a la ascensión recta del día considerado se le resta el tiempo sidéreo en Greenwich a 0^h de TU de este día (veáse el apartado *Tablas de tiempos* en la página 108);
2) se le resta la longitud del lugar (por ejemplo, en el caso de Madrid se suman 15^m (al ser la longitud de Madrid de -15^m); y
3) si tenemos un tiempo negativo, se suman 24^h.

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

$$P \simeq -23{,}^\circ5 \cos\odot - 7{,}^\circ2 \cos(\odot - 76^\circ)$$

$$B \simeq 7{,}^\circ2 \operatorname{sen}(\odot - 76^\circ)$$

$$L \simeq \odot + 81^\circ + 14{,}^\circ1844\ (2\,451\,545 - DJ)$$

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

La latitud heliográfica B toma sus valores mínimo y máximo ($\pm 7{,}^\circ25$) cerca del 6 de marzo y del 8-9 de septiembre respectivamente, anulándose cerca del 7 de junio y el 8-9 de diciembre. El ángulo de posición P del eje del Sol respecto del norte toma sus valores mínimo y máximo ($\pm 26{,}^\circ3$) cerca del 7 de abril y del 10-11 de octubre respectivamente, anulándose cerca del 5-6 de enero y del 7-8 de julio.

SOL Enero 2027

Día	En Madrid (TU) Orto	Culmin.	Ocaso	a 0^h de TU Asc. Recta	Declinac.	a 0^h de TU P	B	L
	h m	*h m s*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	°	°	°
1 V	7 38	12 18 12	16 59	18 44 54,2	−23 02 11	02,2	−3,0	161,6
2 S	7 38	12 18 40	17 00	18 49 19,1	−22 57 13	01,7	−3,1	148,4
3 D	7 38	12 19 08	17 00	18 53 43,7	−22 51 48	01,2	−3,2	135,3
4 L	7 38	12 19 35	17 01	18 58 07,9	−22 45 55	00,7	−3,3	122,1
5 M	7 38	12 20 02	17 02	19 02 31,7	−22 39 35	00,2	−3,4	108,9
6 M	7 38	12 20 29	17 03	19 06 55,2	−22 32 48	−00,2	−3,5	95,7
7 J	7 38	12 20 55	17 04	19 11 18,2	−22 25 35	−00,7	−3,7	82,6
8 V	7 38	12 21 21	17 05	19 15 40,7	−22 17 55	−01,2	−3,8	69,4
9 S	7 38	12 21 46	17 06	19 20 02,7	−22 09 48	−01,7	−3,9	56,2
10 D	7 37	12 22 11	17 07	19 24 24,1	−22 01 15	−02,2	−4,0	43,1
11 L	7 37	12 22 35	17 08	19 28 45,0	−21 52 17	−02,7	−4,1	29,9
12 M	7 37	12 22 58	17 09	19 33 05,4	−21 42 53	−03,1	−4,2	16,6
13 M	7 37	12 23 21	17 10	19 37 25,1	−21 33 04	−03,6	−4,2	3,6
14 J	7 36	12 23 43	17 11	19 41 44,1	−21 22 49	−04,1	−4,4	350,4
15 V	7 36	12 24 05	17 13	19 46 02,5	−21 12 10	−04,5	−4,5	337,2
16 S	7 36	12 24 26	17 14	19 50 20,2	−21 01 07	−05,0	−4,6	324,1
17 D	7 35	12 24 46	17 15	19 54 37,3	−20 49 40	−05,5	−4,7	310,9
18 L	7 35	12 25 05	17 16	19 58 53,6	−20 37 49	−05,9	−4,8	297,6
19 M	7 34	12 25 24	17 17	20 03 09,1	−20 25 34	−06,4	−4,9	284,6
20 M	7 34	12 25 42	17 18	20 07 24,0	−20 12 57	−06,9	−5,0	271,4
21 J	7 33	12 25 59	17 19	20 11 38,1	−19 59 57	−07,3	−5,1	258,1
22 V	7 32	12 26 15	17 21	20 15 51,4	−19 46 34	−07,8	−5,2	245,1
23 S	7 32	12 26 31	17 22	20 20 04,0	−19 32 50	−08,2	−5,3	231,9
24 D	7 31	12 26 46	17 23	20 24 15,8	−19 18 44	−08,5	−5,4	218,7
25 L	7 30	12 27 00	17 24	20 28 26,8	−19 04 16	−09,0	−5,4	205,6
26 M	7 30	12 27 13	17 25	20 32 37,0	−18 49 27	−09,5	−5,5	192,4
27 M	7 29	12 27 25	17 27	20 36 46,4	−18 34 18	−10,0	−5,6	179,2
28 J	7 28	12 27 37	17 28	20 40 55,1	−18 18 49	−10,4	−5,7	166,1
29 V	7 27	12 27 48	17 29	20 45 02,9	−18 02 59	−10,8	−5,8	152,9
30 S	7 26	12 27 58	17 30	20 49 10,0	−17 46 50	−11,2	−5,8	139,7
31 D	7 25	12 28 07	17 31	20 53 16,3	−17 30 22	−11,6	−5,9	126,6

SOL Febrero 2027

Día	En Madrid (TU)			a 0^h de TU			a 0^h de TU		
	Orto	Culmin.	Ocaso	Asc. Recta	Declinac.		P	B	L
	h m	h m s	h m	h m s	° ′ ″		°	°	°
1 L	7 24	12 28 16	17 33	20 57 21,8	−17 13 35		−12,0	−6,0	113,4
2 M	7 23	12 28 24	17 34	21 01 26,5	−16 56 29		−12,5	−6,1	100,2
3 M	7 22	12 28 30	17 35	21 05 30,4	−16 39 06		−12,9	−6,1	87,1
4 J	7 21	12 28 37	17 36	21 09 33,4	−16 21 25		−13,3	−6,2	73,9
5 V	7 20	12 28 42	17 38	21 13 35,7	−16 03 27		−13,6	−6,3	60,7
6 S	7 19	12 28 46	17 39	21 17 37,2	−15 45 13		−14,0	−6,3	47,6
7 D	7 18	12 28 50	17 40	21 21 37,8	−15 26 42		−14,4	−6,4	34,3
8 L	7 17	12 28 53	17 41	21 25 37,7	−15 07 56		−14,8	−6,5	21,2
9 M	7 16	12 28 55	17 42	21 29 36,8	−14 48 54		−15,2	−6,5	8,0
10 M	7 15	12 28 56	17 44	21 33 35,0	−14 29 37		−15,5	−6,6	354,9
11 J	7 14	12 28 57	17 45	21 37 32,5	−14 10 06		−15,9	−6,6	341,7
12 V	7 12	12 28 57	17 46	21 41 29,2	−13 50 20		−16,3	−6,7	328,6
13 S	7 11	12 28 56	17 47	21 45 25,1	−13 30 22		−16,6	−6,7	315,4
14 D	7 10	12 28 54	17 48	21 49 20,3	−13 10 09		−16,9	−6,8	302,1
15 L	7 09	12 28 51	17 50	21 53 14,7	−12 49 45		−17,3	−6,8	289,1
16 M	7 07	12 28 48	17 51	21 57 08,3	−12 29 07		−17,6	−6,9	275,9
17 M	7 06	12 28 44	17 52	22 01 01,2	−12 08 18		−17,9	−6,9	262,6
18 J	7 05	12 28 39	17 53	22 04 53,5	−11 47 18		−18,3	−6,9	249,6
19 V	7 03	12 28 34	17 54	22 08 44,9	−11 26 06		−18,6	−7,0	236,4
20 S	7 02	12 28 28	17 56	22 12 35,8	−11 04 44		−18,9	−7,0	223,2
21 D	7 01	12 28 21	17 57	22 16 25,9	−10 43 11		−19,2	−7,0	210,0
22 L	6 59	12 28 14	17 58	22 20 15,4	−10 21 29		−19,5	−7,1	196,9
23 M	6 58	12 28 06	17 59	22 24 04,2	−09 59 37		−19,8	−7,1	183,7
24 M	6 56	12 27 57	18 00	22 27 52,5	−09 37 35		−20,1	−7,1	170,5
25 J	6 55	12 27 48	18 01	22 31 40,1	−09 15 25		−20,4	−7,1	157,4
26 V	6 53	12 27 38	18 02	22 35 27,2	−08 53 06		−20,6	−7,2	144,2
27 S	6 52	12 27 28	18 04	22 39 13,7	−08 30 39		−20,9	−7,2	131,0
28 D	6 50	12 27 17	18 05	22 42 59,7	−08 08 05		−21,2	−7,2	117,9

SOL Marzo 2027

Día	En Madrid (TU)			a 0^h de TU			a 0^h de TU		
	Orto	Culmin.	Ocaso	Asc. Recta	Declinac.		P	B	L
	h m	*h m s*	*h m*	*h m s*	° ′ ″		°	°	°
1 L	6 49	12 27 06	18 06	22 46 45,2	−07 45 23		−21,4	−7,2	104,7
2 M	6 47	12 26 54	18 07	22 50 30,2	−07 22 34		−21,7	−7,2	91,5
3 M	6 46	12 26 41	18 08	22 54 14,7	−06 59 39		−21,9	−7,2	78,3
4 J	6 44	12 26 29	18 09	22 57 58,8	−06 36 38		−22,2	−7,2	65,2
5 V	6 43	12 26 15	18 10	23 01 42,4	−06 13 32		−22,4	−7,3	52,0
6 S	6 41	12 26 02	18 11	23 05 25,5	−05 50 20		−22,6	−7,3	38,8
7 D	6 40	12 25 48	18 13	23 09 08,3	−05 27 03		−22,8	−7,3	25,6
8 L	6 38	12 25 33	18 14	23 12 50,6	−05 03 42		−23,1	−7,3	12,5
9 M	6 37	12 25 19	18 15	23 16 32,6	−04 40 16		−23,3	−7,3	359,3
10 M	6 35	12 25 04	18 16	23 20 14,2	−04 16 48		−23,5	−7,2	346,1
11 J	6 33	12 24 48	18 17	23 23 55,4	−03 53 16		−23,6	−7,2	332,9
12 V	6 32	12 24 32	18 18	23 27 36,3	−03 29 41		−23,8	−7,2	319,8
13 S	6 30	12 24 16	18 19	23 31 16,9	−03 06 04		−24,0	−7,2	306,6
14 D	6 29	12 24 00	18 20	23 34 57,3	−02 42 25		−24,2	−7,2	293,4
15 L	6 27	12 23 43	18 21	23 38 37,3	−02 18 44		−24,4	−7,2	280,1
16 M	6 25	12 23 26	18 22	23 42 17,1	−01 55 02		−24,5	−7,2	267,0
17 M	6 24	12 23 09	18 23	23 45 56,6	−01 31 19		−24,7	−7,1	253,9
18 J	6 22	12 22 52	18 24	23 49 35,9	−01 07 36		−24,8	−7,1	240,7
19 V	6 20	12 22 34	18 25	23 53 15,0	−00 43 53		−24,9	−7,1	227,5
20 S	6 19	12 22 17	18 26	23 56 54,0	−00 20 10		−25,1	−7,1	214,3
21 D	6 17	12 21 59	18 28	00 00 32,7	+00 03 33		−25,2	−7,0	201,1
22 L	6 15	12 21 41	18 29	00 04 11,4	+00 27 14		−25,3	−7,0	187,9
23 M	6 14	12 21 23	18 30	00 07 49,9	+00 50 55		−25,4	−7,0	174,8
24 M	6 12	12 21 05	18 31	00 11 28,4	+01 14 34		−25,5	−6,9	161,6
25 J	6 11	12 20 46	18 32	00 15 06,8	+01 38 11		−25,6	−6,9	148,4
26 V	6 09	12 20 28	18 33	00 18 45,2	+02 01 45		−25,7	−6,9	135,2
27 S	6 07	12 20 10	18 34	00 22 23,6	+02 25 18		−25,8	−6,8	122,0
28 D	6 06	12 19 52	18 35	00 26 02,0	+02 48 47		−25,9	−6,8	108,8
29 L	6 04	12 19 34	18 36	00 29 40,5	+03 12 13		−26,0	−6,7	95,6
30 M	6 02	12 19 16	18 37	00 33 19,0	+03 35 36		−26,0	−6,7	82,4
31 M	6 01	12 18 58	18 38	00 36 57,5	+03 58 54		−26,1	−6,6	69,2

Inicio de la primavera el día 20 a las $20^h\ 25^m$ de TU.

SOL Abril 2027

Día	En Madrid (TU)			a 0^h de TU			a 0^h de TU		
	Orto	Culmin.	Ocaso	Asc. Recta	Declinac.		P	B	L
	h m	*h m s*	*h m*	*h m s*	° ′ ″		°	°	°
1 J	5 59	12 18 40	18 39	00 40 36,2	+04 22 09		−26,1	−6,6	56,1
2 V	5 57	12 18 22	18 40	00 44 15,0	+04 45 18		−26,2	−6,5	42,9
3 S	5 56	12 18 05	18 41	00 47 53,9	+05 08 23		−26,2	−6,5	29,7
4 D	5 54	12 17 47	18 42	00 51 33,0	+05 31 22		−26,2	−6,4	16,5
5 L	5 53	12 17 30	18 43	00 55 12,2	+05 54 16		−26,2	−6,4	3,3
6 M	5 51	12 17 13	18 44	00 58 51,6	+06 17 03		−26,2	−6,3	350,1
7 M	5 49	12 16 56	18 45	01 02 31,2	+06 39 44		−26,3	−6,2	336,9
8 J	5 48	12 16 40	18 46	01 06 11,0	+07 02 18		−26,3	−6,2	323,7
9 V	5 46	12 16 23	18 47	01 09 51,1	+07 24 45		−26,2	−6,1	310,5
10 S	5 45	12 16 07	18 48	01 13 31,4	+07 47 04		−26,2	−6,0	297,3
11 D	5 43	12 15 51	18 49	01 17 11,9	+08 09 15		−26,2	−6,0	284,1
12 L	5 42	12 15 36	18 50	01 20 52,7	+08 31 18		−26,2	−5,9	270,9
13 M	5 40	12 15 20	18 51	01 24 33,8	+08 53 12		−26,1	−5,8	257,6
14 M	5 38	12 15 05	18 52	01 28 15,2	+09 14 57		−26,1	−5,7	244,5
15 J	5 37	12 14 51	18 53	01 31 56,9	+09 36 33		−26,0	−5,7	231,3
16 V	5 35	12 14 36	18 54	01 35 39,0	+09 57 59		−26,0	−5,6	218,1
17 S	5 34	12 14 22	18 55	01 39 21,3	+10 19 15		−25,9	−5,5	204,9
18 D	5 32	12 14 09	18 57	01 43 04,0	+10 40 21		−25,8	−5,4	191,7
19 L	5 31	12 13 56	18 58	01 46 47,1	+11 01 16		−25,7	−5,3	178,5
20 M	5 30	12 13 43	18 59	01 50 30,6	+11 22 00		−25,6	−5,3	165,3
21 M	5 28	12 13 30	19 00	01 54 14,5	+11 42 33		−25,5	−5,2	152,0
22 J	5 27	12 13 18	19 01	01 57 58,9	+12 02 55		−25,4	−5,1	138,9
23 V	5 25	12 13 07	19 02	02 01 43,7	+12 23 04		−25,3	−5,0	125,6
24 S	5 24	12 12 56	19 03	02 05 28,9	+12 43 02		−25,2	−4,9	112,4
25 D	5 22	12 12 45	19 04	02 09 14,7	+13 02 47		−25,1	−4,8	99,2
26 L	5 21	12 12 35	19 05	02 13 00,9	+13 22 19		−24,9	−4,7	86,0
27 M	5 20	12 12 26	19 06	02 16 47,6	+13 41 38		−24,8	−4,6	72,7
28 M	5 18	12 12 16	19 07	02 20 34,9	+14 00 44		−24,7	−4,5	59,6
29 J	5 17	12 12 08	19 08	02 24 22,6	+14 19 36		−24,5	−4,4	46,4
30 V	5 16	12 12 00	19 09	02 28 10,9	+14 38 14		−24,3	−4,2	33,2

SOL Mayo 2027

Día	En Madrid (TU)			a 0^h de TU			a 0^h de TU		
	Orto	Culmin.	Ocaso	Asc. Recta	Declinac.		P	B	L
	h m	*h m s*	*h m*	*h m s*	° ′ ″		°	°	°
1 S	5 14	12 11 53	19 10	02 31 59,8	+14 56 37		−24,2	−4,2	19,9
2 D	5 13	12 11 46	19 11	02 35 49,1	+15 14 46		−24,0	−4,1	6,7
3 L	5 12	12 11 39	19 12	02 39 39,1	+15 32 39		−23,8	−4,0	353,5
4 M	5 11	12 11 34	19 13	02 43 29,6	+15 50 17		−23,6	−3,9	340,3
5 M	5 10	12 11 28	19 14	02 47 20,6	+16 07 40		−23,4	−3,8	327,1
6 J	5 08	12 11 24	19 15	02 51 12,3	+16 24 46		−23,2	−3,7	313,9
7 V	5 07	12 11 20	19 16	02 55 04,5	+16 41 36		−23,0	−3,6	300,6
8 S	5 06	12 11 16	19 17	02 58 57,2	+16 58 09		−22,8	−3,5	287,4
9 D	5 05	12 11 13	19 18	03 02 50,6	+17 14 25		−22,5	−3,4	274,1
10 L	5 04	12 11 11	19 19	03 06 44,5	+17 30 24		−22,3	−3,3	261,0
11 M	5 03	12 11 09	19 20	03 10 38,9	+17 46 05		−22,1	−3,2	247,8
12 M	5 02	12 11 08	19 21	03 14 33,9	+18 01 28		−21,8	−3,1	234,5
13 J	5 01	12 11 07	19 22	03 18 29,5	+18 16 33		−21,6	−3,0	221,3
14 V	5 00	12 11 07	19 23	03 22 25,6	+18 31 19		−21,3	−2,8	208,1
15 S	4 59	12 11 07	19 24	03 26 22,2	+18 45 47		−21,0	−2,7	194,9
16 D	4 58	12 11 08	19 25	03 30 19,4	+18 59 55		−20,8	−2,6	181,6
17 L	4 57	12 11 09	19 26	03 34 17,1	+19 13 44		−20,5	−2,5	168,4
18 M	4 56	12 11 11	19 27	03 38 15,4	+19 27 13		−20,2	−2,4	155,2
19 M	4 55	12 11 14	19 28	03 42 14,2	+19 40 23		−19,9	−2,3	142,0
20 J	4 54	12 11 17	19 29	03 46 13,6	+19 53 13		−19,6	−2,2	128,7
21 V	4 54	12 11 21	19 30	03 50 13,5	+20 05 42		−19,3	−2,0	115,5
22 S	4 53	12 11 25	19 30	03 54 14,0	+20 17 50		−19,0	−1,9	102,3
23 D	4 52	12 11 30	19 31	03 58 15,0	+20 29 38		−18,6	−1,8	89,0
24 L	4 51	12 11 35	19 32	04 02 16,5	+20 41 05		−18,3	−1,7	75,7
25 M	4 51	12 11 41	19 33	04 06 18,5	+20 52 11		−18,0	−1,6	62,6
26 M	4 50	12 11 47	19 34	04 10 21,1	+21 02 55		−17,6	−1,5	49,3
27 J	4 50	12 11 54	19 35	04 14 24,1	+21 13 17		−17,3	−1,3	36,1
28 V	4 49	12 12 01	19 36	04 18 27,7	+21 23 18		−17,0	−1,2	22,9
29 S	4 48	12 12 09	19 36	04 22 31,7	+21 32 56		−16,6	−1,1	9,7
30 D	4 48	12 12 17	19 37	04 26 36,2	+21 42 12		−16,3	−1,0	356,4
31 L	4 47	12 12 25	19 38	04 30 41,1	+21 51 05		−15,9	−0,9	343,2

SOL Junio 2027

Día	En Madrid (TU) Orto	Culmin.	Ocaso	a 0^h de TU Asc. Recta	Declinac.	a 0^h de TU P	B	L
	h m	*h m s*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	°	°	°
1 M	4 47	12 12 34	19 39	04 34 46,5	+21 59 35	−15,5	−0,7	330,0
2 M	4 46	12 12 44	19 39	04 38 52,3	+22 07 43	−15,2	−0,6	316,7
3 J	4 46	12 12 54	19 40	04 42 58,5	+22 15 27	−14,8	−0,5	303,5
4 V	4 46	12 13 04	19 41	04 47 05,1	+22 22 48	−14,4	−0,4	290,3
5 S	4 45	12 13 14	19 41	04 51 12,0	+22 29 45	−14,0	−0,3	277,0
6 D	4 45	12 13 25	19 42	04 55 19,3	+22 36 18	−13,6	−0,1	263,8
7 L	4 45	12 13 36	19 43	04 59 26,9	+22 42 28	−13,2	+0,0	250,5
8 M	4 45	12 13 48	19 43	05 03 34,8	+22 48 14	−12,8	+0,1	237,3
9 M	4 44	12 14 00	19 44	05 07 42,9	+22 53 36	−12,4	+0,2	224,1
10 J	4 44	12 14 12	19 44	05 11 51,2	+22 58 34	−12,0	+0,4	210,8
11 V	4 44	12 14 24	19 45	05 15 59,8	+23 03 07	−11,6	+0,5	197,6
12 S	4 44	12 14 36	19 45	05 20 08,6	+23 07 16	−11,2	+0,6	184,4
13 D	4 44	12 14 48	19 46	05 24 17,5	+23 11 00	−10,8	+0,7	171,1
14 L	4 44	12 15 01	19 46	05 28 26,6	+23 14 20	−10,3	+0,8	157,9
15 M	4 44	12 15 14	19 47	05 32 35,8	+23 17 16	−09,9	+1,0	144,7
16 M	4 44	12 15 26	19 47	05 36 45,1	+23 19 46	−09,5	+1,1	131,4
17 J	4 44	12 15 39	19 47	05 40 54,5	+23 21 52	−09,0	+1,2	118,2
18 V	4 44	12 15 52	19 48	05 45 03,9	+23 23 34	−08,5	+1,3	105,0
19 S	4 44	12 16 05	19 48	05 49 13,5	+23 24 51	−08,2	+1,4	91,7
20 D	4 44	12 16 18	19 48	05 53 23,0	+23 25 42	−07,7	+1,6	78,5
21 L	4 45	12 16 31	19 48	05 57 32,6	+23 26 10	−07,3	+1,7	65,2
22 M	4 45	12 16 44	19 49	06 01 42,1	+23 26 12	−06,9	+1,8	52,0
23 M	4 45	12 16 57	19 49	06 05 51,6	+23 25 50	−06,4	+1,9	38,8
24 J	4 45	12 17 10	19 49	06 10 01,1	+23 25 03	−06,0	+2,0	25,5
25 V	4 46	12 17 23	19 49	06 14 10,5	+23 23 51	−05,5	+2,1	12,3
26 S	4 46	12 17 35	19 49	06 18 19,8	+23 22 14	−05,1	+2,2	359,1
27 D	4 46	12 17 48	19 49	06 22 28,9	+23 20 13	−04,6	+2,4	345,8
28 L	4 47	12 18 00	19 49	06 26 37,9	+23 17 47	−04,2	+2,5	332,6
29 M	4 47	12 18 13	19 49	06 30 46,8	+23 14 56	−03,7	+2,6	319,3
30 M	4 48	12 18 25	19 49	06 34 55,5	+23 11 41	−03,3	+2,7	306,1

Inicio del verano el día 21 a las $14^h\ 11^m$ de TU.

SOL Julio 2027

Día	En Madrid (TU)			a 0^h de TU			a 0^h de TU		
	Orto	Culmin.	Ocaso	Asc. Recta	Declinac.		P	B	L
	h m	*h m s*	*h m*	*h m s*	° ′ ″		°	°	°
1 J	4 48	12 18 36	19 49	06 39 04,0	+23 08 01		−02,8	+2,8	292,9
2 V	4 49	12 18 48	19 49	06 43 12,2	+23 03 57		−02,4	+2,9	279,6
3 S	4 49	12 18 59	19 49	06 47 20,2	+22 59 29		−01,9	+3,0	266,4
4 D	4 50	12 19 10	19 48	06 51 27,9	+22 54 37		−01,5	+3,1	253,2
5 L	4 50	12 19 21	19 48	06 55 35,3	+22 49 21		−01,0	+3,2	239,9
6 M	4 51	12 19 31	19 48	06 59 42,4	+22 43 41		−00,6	+3,4	226,7
7 M	4 51	12 19 41	19 48	07 03 49,0	+22 37 37		−00,1	+3,5	213,5
8 J	4 52	12 19 51	19 47	07 07 55,3	+22 31 10		00,4	+3,6	200,2
9 V	4 53	12 20 00	19 47	07 12 01,2	+22 24 19		00,8	+3,7	187,0
10 S	4 53	12 20 08	19 46	07 16 06,7	+22 17 06		01,3	+3,8	173,8
11 D	4 54	12 20 17	19 46	07 20 11,7	+22 09 29		01,7	+3,9	160,5
12 L	4 55	12 20 24	19 46	07 24 16,2	+22 01 29		02,2	+4,0	147,3
13 M	4 56	12 20 32	19 45	07 28 20,3	+21 53 07		02,6	+4,1	134,0
14 M	4 56	12 20 39	19 45	07 32 23,9	+21 44 23		03,0	+4,2	120,8
15 J	4 57	12 20 45	19 44	07 36 27,0	+21 35 16		03,5	+4,2	107,6
16 V	4 58	12 20 51	19 43	07 40 29,6	+21 25 47		03,9	+4,4	94,4
17 S	4 59	12 20 56	19 43	07 44 31,7	+21 15 57		04,4	+4,5	81,1
18 D	4 59	12 21 01	19 42	07 48 33,2	+21 05 45		04,8	+4,6	67,9
19 L	5 00	12 21 05	19 41	07 52 34,2	+20 55 11		05,3	+4,7	54,7
20 M	5 01	12 21 08	19 41	07 56 34,7	+20 44 17		05,7	+4,7	41,4
21 M	5 02	12 21 11	19 40	08 00 34,6	+20 33 01		06,1	+4,8	28,2
22 J	5 03	12 21 14	19 39	08 04 34,0	+20 21 25		06,5	+4,9	15,0
23 V	5 04	12 21 16	19 38	08 08 32,7	+20 09 28		07,0	+5,0	1,7
24 S	5 05	12 21 17	19 38	08 12 31,0	+19 57 11		07,4	+5,1	348,5
25 D	5 05	12 21 18	19 37	08 16 28,6	+19 44 34		07,8	+5,2	335,3
26 L	5 06	12 21 18	19 36	08 20 25,7	+19 31 37		08,2	+5,3	322,0
27 M	5 07	12 21 18	19 35	08 24 22,2	+19 18 21		08,7	+5,4	308,8
28 M	5 08	12 21 17	19 34	08 28 18,1	+19 04 46		09,0	+5,4	295,6
29 J	5 09	12 21 15	19 33	08 32 13,5	+18 50 51		09,5	+5,5	282,4
30 V	5 10	12 21 13	19 32	08 36 08,2	+18 36 38		09,9	+5,6	269,1
31 S	5 11	12 21 11	19 31	08 40 02,4	+18 22 06		10,3	+5,7	255,9

SOL Agosto 2027

Día	En Madrid (TU)						a 0^h de TU						a 0^h de TU		
	Orto		Culmin.			Ocaso		Asc. Recta			Declinac.		P	B	L
	h	*m*	*h*	*m*	*s*	*h*	*m*	*h*	*m*	*s*	°	′	″	°	°	°
1 D	5	12	12	21	07	19	30	08	43	56,0	+18	07	16	10,7	+5,7	242,7
2 L	5	13	12	21	03	19	29	08	47	48,9	+17	52	09	11,1	+5,8	229,5
3 M	5	14	12	20	59	19	28	08	51	41,3	+17	36	44	11,5	+5,9	216,2
4 M	5	15	12	20	54	19	26	08	55	33,0	+17	21	02	11,9	+6,0	203,0
5 J	5	16	12	20	48	19	25	08	59	24,2	+17	05	03	12,3	+6,0	189,8
6 V	5	17	12	20	42	19	24	09	03	14,7	+16	48	47	12,6	+6,1	176,6
7 S	5	18	12	20	35	19	23	09	07	04,6	+16	32	15	13,0	+6,2	163,3
8 D	5	19	12	20	27	19	22	09	10	53,9	+16	15	28	13,4	+6,2	150,0
9 L	5	19	12	20	19	19	21	09	14	42,6	+15	58	25	13,8	+6,3	136,9
10 M	5	20	12	20	10	19	19	09	18	30,6	+15	41	06	14,1	+6,3	123,7
11 M	5	21	12	20	01	19	18	09	22	18,1	+15	23	33	14,5	+6,4	110,4
12 J	5	22	12	19	51	19	17	09	26	05,1	+15	05	45	14,8	+6,5	97,2
13 V	5	23	12	19	40	19	15	09	29	51,4	+14	47	42	15,2	+6,5	84,0
14 S	5	24	12	19	29	19	14	09	33	37,2	+14	29	26	15,5	+6,6	70,7
15 D	5	25	12	19	18	19	13	09	37	22,4	+14	10	56	15,9	+6,6	57,6
16 L	5	26	12	19	06	19	11	09	41	07,0	+13	52	12	16,1	+6,7	44,3
17 M	5	27	12	18	53	19	10	09	44	51,2	+13	33	15	16,5	+6,7	31,1
18 M	5	28	12	18	40	19	08	09	48	34,8	+13	14	05	16,9	+6,8	17,9
19 J	5	29	12	18	26	19	07	09	52	17,9	+12	54	43	17,1	+6,8	4,7
20 V	5	30	12	18	12	19	06	09	56	00,5	+12	35	09	17,5	+6,8	351,5
21 S	5	31	12	17	57	19	04	09	59	42,6	+12	15	22	17,8	+6,9	338,3
22 D	5	32	12	17	42	19	03	10	03	24,3	+11	55	24	18,1	+6,9	325,0
23 L	5	33	12	17	26	19	01	10	07	05,6	+11	35	14	18,5	+7,0	311,8
24 M	5	34	12	17	11	19	00	10	10	46,4	+11	14	53	18,8	+7,0	298,6
25 M	5	35	12	16	54	18	58	10	14	26,8	+10	54	22	19,0	+7,0	285,4
26 J	5	36	12	16	37	18	57	10	18	06,8	+10	33	40	19,3	+7,1	272,1
27 V	5	37	12	16	20	18	55	10	21	46,5	+10	12	47	19,6	+7,1	259,0
28 S	5	38	12	16	03	18	54	10	25	25,7	+09	51	45	19,9	+7,1	245,8
29 D	5	39	12	15	45	18	52	10	29	04,7	+09	30	34	20,2	+7,1	232,6
30 L	5	40	12	15	27	18	50	10	32	43,2	+09	09	13	20,4	+7,2	219,3
31 M	5	41	12	15	08	18	49	10	36	21,5	+08	47	43	20,7	+7,2	206,1

SOL Septiembre 2027

Día	En Madrid (TU)			a 0^h de TU		a 0^h de TU		
	Orto	Culmin.	Ocaso	Asc. Recta	Declinac.	P	B	L
	h m	*h m s*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	°	°	°
1 M	5 42	12 14 50	18 47	10 39 59,4	+08 26 05	21,0	+7,2	192,9
2 J	5 43	12 14 31	18 46	10 43 37,0	+08 04 19	21,2	+7,2	179,7
3 V	5 44	12 14 11	18 44	10 47 14,3	+07 42 26	21,5	+7,2	166,5
4 S	5 45	12 13 51	18 42	10 50 51,3	+07 20 24	21,7	+7,2	153,3
5 D	5 46	12 13 32	18 41	10 54 28,1	+06 58 16	21,9	+7,2	140,0
6 L	5 47	12 13 11	18 39	10 58 04,6	+06 36 01	22,2	+7,2	126,9
7 M	5 48	12 12 51	18 38	11 01 40,8	+06 13 40	22,4	+7,3	113,7
8 M	5 48	12 12 30	18 36	11 05 16,9	+05 51 13	22,6	+7,3	100,5
9 J	5 49	12 12 10	18 34	11 08 52,8	+05 28 40	22,8	+7,3	87,3
10 V	5 50	12 11 49	18 33	11 12 28,5	+05 06 01	23,0	+7,3	74,1
11 S	5 51	12 11 28	18 31	11 16 04,0	+04 43 18	23,2	+7,3	60,9
12 D	5 52	12 11 06	18 29	11 19 39,4	+04 20 29	23,4	+7,2	47,6
13 L	5 53	12 10 45	18 28	11 23 14,7	+03 57 37	23,6	+7,2	34,3
14 M	5 54	12 10 24	18 26	11 26 49,8	+03 34 40	23,8	+7,2	21,2
15 M	5 55	12 10 02	18 24	11 30 24,9	+03 11 39	24,0	+7,2	8,0
16 J	5 56	12 09 41	18 23	11 33 60,0	+02 48 35	24,1	+7,2	354,8
17 V	5 57	12 09 19	18 21	11 37 35,0	+02 25 27	24,3	+7,2	341,6
18 S	5 58	12 08 58	18 19	11 41 10,0	+02 02 17	24,5	+7,2	328,4
19 D	5 59	12 08 36	18 18	11 44 45,1	+01 39 04	24,6	+7,2	315,2
20 L	6 00	12 08 15	18 16	11 48 20,2	+01 15 49	24,8	+7,1	302,0
21 M	6 01	12 07 53	18 14	11 51 55,3	+00 52 31	24,9	+7,1	288,8
22 M	6 02	12 07 32	18 12	11 55 30,6	+00 29 12	25,0	+7,1	275,6
23 J	6 03	12 07 11	18 11	11 59 05,9	+00 05 52	25,2	+7,1	262,4
24 V	6 04	12 06 50	18 09	12 02 41,4	−00 17 29	25,3	+7,0	249,2
25 S	6 05	12 06 29	18 07	12 06 17,1	−00 40 51	25,4	+7,0	236,0
26 D	6 06	12 06 09	18 06	12 09 52,9	−01 04 14	25,5	+7,0	222,8
27 L	6 07	12 05 48	18 04	12 13 28,9	−01 27 36	25,6	+6,9	209,6
28 M	6 08	12 05 28	18 02	12 17 05,1	−01 50 58	25,7	+6,9	196,4
29 M	6 09	12 05 08	18 01	12 20 41,5	−02 14 19	25,8	+6,8	183,2
30 J	6 10	12 04 48	17 59	12 24 18,2	−02 37 39	25,8	+6,8	170,0

Inicio del otoño el día 23 a las $6^h\ 02^m$ de TU.

SOL Octubre 2027

Día	En Madrid (TU)			a 0^h de TU			a 0^h de TU		
	Orto	Culmin.	Ocaso	Asc. Recta	Declinac.		P	B	L
	h m	*h m s*	*h m*	*h m s*	° ′ ″		°	°	°
1 V	6 11	12 04 29	17 58	12 27 55,2	−03 00 57		25,9	+6,8	156,9
2 S	6 12	12 04 10	17 56	12 31 32,4	−03 24 13		26,0	+6,7	143,7
3 D	6 13	12 03 51	17 54	12 35 09,9	−03 47 27		26,0	+6,7	130,5
4 L	6 14	12 03 32	17 53	12 38 47,7	−04 10 38		26,1	+6,6	117,3
5 M	6 15	12 03 14	17 51	12 42 25,9	−04 33 46		26,1	+6,6	104,1
6 M	6 16	12 02 56	17 49	12 46 04,4	−04 56 51		26,2	+6,5	90,9
7 J	6 17	12 02 38	17 48	12 49 43,2	−05 19 52		26,2	+6,4	77,7
8 V	6 18	12 02 21	17 46	12 53 22,5	−05 42 49		26,2	+6,4	64,5
9 S	6 19	12 02 05	17 45	12 57 02,1	−06 05 41		26,2	+6,3	51,3
10 D	6 20	12 01 48	17 43	13 00 42,2	−06 28 28		26,3	+6,3	38,1
11 L	6 21	12 01 33	17 41	13 04 22,7	−06 51 11		26,3	+6,2	24,9
12 M	6 22	12 01 17	17 40	13 08 03,7	−07 13 47		26,2	+6,1	11,7
13 M	6 23	12 01 02	17 38	13 11 45,1	−07 36 18		26,2	+6,1	358,5
14 J	6 24	12 00 48	17 37	13 15 27,1	−07 58 42		26,2	+6,0	345,3
15 V	6 25	12 00 34	17 35	13 19 09,6	−08 20 59		26,2	+5,9	332,1
16 S	6 26	12 00 21	17 34	13 22 52,6	−08 43 10		26,1	+5,8	319,0
17 D	6 27	12 00 08	17 32	13 26 36,2	−09 05 13		26,1	+5,8	305,8
18 L	6 28	11 59 56	17 31	13 30 20,4	−09 27 09		26,1	+5,7	292,6
19 M	6 30	11 59 45	17 29	13 34 05,2	−09 48 56		26,0	+5,6	279,4
20 M	6 31	11 59 34	17 28	13 37 50,6	−10 10 35		25,9	+5,5	266,1
21 J	6 32	11 59 24	17 27	13 41 36,7	−10 32 05		25,9	+5,5	253,0
22 V	6 33	11 59 14	17 25	13 45 23,5	−10 53 26		25,8	+5,4	239,8
23 S	6 34	11 59 06	17 24	13 49 10,9	−11 14 38		25,7	+5,3	226,6
24 D	6 35	11 58 58	17 22	13 52 59,1	−11 35 39		25,6	+5,2	213,4
25 L	6 36	11 58 50	17 21	13 56 47,9	−11 56 30		25,5	+5,1	200,2
26 M	6 37	11 58 44	17 20	14 00 37,5	−12 17 10		25,4	+5,0	187,1
27 M	6 38	11 58 38	17 18	14 04 27,8	−12 37 39		25,2	+4,9	173,9
28 J	6 40	11 58 33	17 17	14 08 18,9	−12 57 56		25,1	+4,8	160,7
29 V	6 41	11 58 28	17 16	14 12 10,8	−13 18 01		25,0	+4,7	147,5
30 S	6 42	11 58 25	17 14	14 16 03,4	−13 37 53		24,8	+4,6	134,3
31 D	6 43	11 58 22	17 13	14 19 56,7	−13 57 33		24,7	+4,5	121,1

SOL Noviembre 2027

Día	En Madrid (TU)			a 0^h de TU		a 0^h de TU		
	Orto	Culmin.	Ocaso	Asc. Recta	Declinac.	P	B	L
	h m	*h m s*	*h m*	*h m s*	° ′ ″	°	°	°
1 L	6 44	11 58 20	17 12	14 23 50,9	−14 16 59	24,5	+4,4	107,9
2 M	6 45	11 58 19	17 11	14 27 45,8	−14 36 11	24,4	+4,2	94,7
3 M	6 46	11 58 18	17 10	14 31 41,6	−14 55 09	24,2	+4,2	81,6
4 J	6 48	11 58 19	17 09	14 35 38,1	−15 13 53	24,0	+4,1	68,4
5 V	6 49	11 58 20	17 07	14 39 35,5	−15 32 21	23,8	+4,0	55,2
6 S	6 50	11 58 22	17 06	14 43 33,6	−15 50 34	23,6	+3,9	42,0
7 D	6 51	11 58 25	17 05	14 47 32,6	−16 08 31	23,4	+3,8	28,8
8 L	6 52	11 58 28	17 04	14 51 32,3	−16 26 12	23,2	+3,7	15,6
9 M	6 53	11 58 33	17 03	14 55 32,9	−16 43 37	23,0	+3,6	2,5
10 M	6 55	11 58 38	17 02	14 59 34,3	−17 00 44	22,7	+3,5	349,3
11 J	6 56	11 58 44	17 01	15 03 36,6	−17 17 34	22,5	+3,4	336,1
12 V	6 57	11 58 51	17 00	15 07 39,7	−17 34 06	22,2	+3,3	322,9
13 S	6 58	11 58 59	16 59	15 11 43,6	−17 50 19	22,0	+3,2	309,7
14 D	6 59	11 59 08	16 59	15 15 48,4	−18 06 15	21,7	+3,0	296,5
15 L	7 00	11 59 17	16 58	15 19 54,0	−18 21 51	21,5	+2,9	283,3
16 M	7 02	11 59 28	16 57	15 24 00,5	−18 37 08	21,2	+2,8	270,1
17 M	7 03	11 59 39	16 56	15 28 07,9	−18 52 06	20,9	+2,7	257,0
18 J	7 04	11 59 51	16 55	15 32 16,1	−19 06 44	20,6	+2,6	243,8
19 V	7 05	12 00 04	16 55	15 36 25,1	−19 21 01	20,3	+2,4	230,6
20 S	7 06	12 00 17	16 54	15 40 35,0	−19 34 57	20,0	+2,3	217,4
21 D	7 07	12 00 32	16 53	15 44 45,7	−19 48 32	19,7	+2,2	204,3
22 L	7 08	12 00 47	16 53	15 48 57,2	−20 01 46	19,4	+2,1	191,1
23 M	7 10	12 01 04	16 52	15 53 09,5	−20 14 37	19,1	+2,0	177,9
24 M	7 11	12 01 21	16 52	15 57 22,7	−20 27 07	18,6	+1,8	164,7
25 J	7 12	12 01 38	16 51	16 01 36,7	−20 39 13	18,4	+1,7	151,5
26 V	7 13	12 01 57	16 51	16 05 51,4	−20 50 57	18,0	+1,6	138,3
27 S	7 14	12 02 16	16 50	16 10 06,9	−21 02 17	17,6	+1,5	125,2
28 D	7 15	12 02 36	16 50	16 14 23,1	−21 13 14	17,3	+1,3	112,0
29 L	7 16	12 02 57	16 50	16 18 40,1	−21 23 47	17,0	+1,2	98,8
30 M	7 17	12 03 19	16 49	16 22 57,7	−21 33 55	16,6	+1,1	85,6

SOL Diciembre 2027

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

Inicio del invierno el día 22 a las $2^h\ 42^m$ de TU.

4.3. Fórmulas para cálculos aproximados

Algunos de los parámetros que figuran en la tabla adjunta y en otras de este apartado pueden ser calculados de manera aproximada mediante sencillas fórmulas. Varias de ellas se basan en el cálculo previo de la distancia de la Tierra al Sol:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

La longitud y latitud eclípticas del Sol viene dadas por:

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

Las coordenadas rectangulares ecuatoriales del Sol viene dadas por:

$$x = R \cos \odot$$
$$y = 0{,}917\, R \operatorname{sen} \odot$$
$$z = 0{,}398\, R \operatorname{sen} \odot$$

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

$$\tan \alpha_{\odot} = y/x \qquad (\alpha_{\odot} \text{ en el mismo cuadrante que } \odot)$$
$$\operatorname{sen} \delta_{\odot} = z/R$$

SOL 2027

Fecha	distancia R (ua)	semidiámetro, s	movimiento diario (′/día)	paralaje horizontal	paso semidiám. por meridiano
Ene 1	0,98334	16′ 17″	61	8″,94	70^s,6
Ene 11	0,98346	16′ 17″	61	8″,94	70^s,0
Ene 21	0,98401	16′ 17″	61	8″,94	69^s,1
Ene 31	0,98513	16′ 16″	61	8″,93	68^s,0
Feb 10	0,98669	16′ 14″	61	8″,91	66^s,9
Feb 20	0,98858	16′ 12″	60	8″,90	65^s,9
Mar 2	0,99090	16′ 10″	60	8″,87	65^s,0
Mar 12	0,99347	16′ 08″	60	8″,85	64^s,4
Mar 22	0,99616	16′ 05″	60	8″,83	64^s,1
Abr 1	0,99904	16′ 02″	59	8″,80	64^s,1
Abr 11	1,00192	15′ 59″	59	8″,78	64^s,4
Abr 21	1,00468	15′ 57″	59	8″,75	64^s,9
May 1	1,00738	15′ 54″	58	8″,73	65^s,6
May 11	1,00982	15′ 52″	58	8″,71	66^s,4
May 21	1,01192	15′ 50″	58	8″,69	67^s,2
May 31	1,01377	15′ 48″	58	8″,67	67^s,9
Jun 10	1,01517	15′ 47″	57	8″,66	68^s,4
Jun 20	1,01609	15′ 46″	57	8″,65	68^s,5
Jun 30	1,01664	15′ 45″	57	8″,65	68^s,4
Jul 10	1,01666	15′ 45″	57	8″,65	67^s,9
Jul 20	1,01618	15′ 46″	57	8″,65	67^s,2
Jul 30	1,01532	15′ 47″	57	8″,66	66^s,4
Ago 9	1,01395	15′ 48″	58	8″,67	65^s,6
Ago 19	1,01216	15′ 50″	58	8″,69	64^s,8
Ago 29	1,01011	15′ 52″	58	8″,71	64^s,2
Sep 8	1,00768	15′ 54″	58	8″,73	63^s,8
Sep 18	1,00502	15′ 56″	59	8″,75	63^s,6
Sep 28	1,00229	15′ 59″	59	8″,77	63^s,8
Oct 8	0,99940	16′ 02″	59	8″,80	64^s,3
Oct 18	0,99652	16′ 05″	60	8″,82	65^s,0
Oct 28	0,99382	16′ 07″	60	8″,85	66^s,0
Nov 7	0,99121	16′ 10″	60	8″,87	67^s,1
Nov 17	0,98887	16′ 12″	60	8″,89	68^s,3
Nov 27	0,98693	16′ 14″	61	8″,91	69^s,4
Dic 7	0,98530	16′ 16″	61	8″,93	70^s,2
Dic 17	0,98413	16′ 17″	61	8″,94	70^s,7
Dic 27	0,98351	16′ 17″	61	8″,94	70^s,8

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

4.4. Ortos, ocasos y pasos del Sol por el meridiano

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

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

La corrección en latitud depende de la diferencia de latitudes y de la declinación del Sol, o sea de la época del año. Puede encontrarse, para varios paralelos, en la tabla de la página 193. El paralelo 28º 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 vienen dados en las dos siguientes tablas. La corrección por longitud solo 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 octubre en Huelva (latitud 37º). En las dos tablas siguientes se encuentra que las correcciones a aplicar son de $+13^m$ en longitud y de -1^m en latitud. El horario oficial es el de verano.

orto = $6^h14^m + (+13^m) + (-1^m) = 6^h26^m$ TU = 8^h26^m TO
ocaso = $17^h53^m + (+13^m) - (-1^m) = 18^h07^m$ TU = 20^h07^m TO

En un lugar cualquiera de España

Para un lugar de longitud λ_E :

orto = orto en Madrid − 15m − λ_E + corrección por latitud
ocaso = ocaso en Madrid − 15m − λ_E − corrección por latitud

Ejemplo: orto y ocaso del Sol el día 18 de febrero en un lugar de Granada de latitud $\phi = 37°03'58''$ y longitud $\lambda_E = -0^h13^m34^s$, en horario de invierno:
orto $= 7^h05^m - 15^m - (-0^h14^m) - 4^m = 7^h00^m$ TU $= 8^h00^m$ TO
ocaso $= 17^h53^m - 15^m - (-0^h14^m) + 4^m = 17^h56^m$ TU $= 18^h56^m$ 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^m	39°	Alicante/Alacant	-13^m	38°5
Almería	-5^m	37°	Ávila	$+4^m$	40°5
Badajoz	$+13^m$	39°	Barcelona	-23^m	41°5
Bilbao	-3^m	43°	Burgos	0^m	42°5
Cáceres	$+11^m$	39°5	Cádiz	$+10^m$	36°5
Castelló de la Plana	-15^m	40°	Ceuta	$+6^m$	36°
Ciudad Real	$+1^m$	39°	Córdoba	$+4^m$	38°
Coruña, A	$+19^m$	43°5	Cuenca	-6^m	40°
Donostia-San Sebastián	-7^m	43°5	Girona	-26^m	42°
Granada	0^m	37°	Guadalajara	-2^m	40°5
Huelva	$+13^m$	37°	Huesca	-13^m	42°
Jaén	0^m	38°	León	$+8^m$	42°5
Logroño	-5^m	42°5	Lugo	$+15^m$	43°
Lleida	-17^m	41°5	Madrid	0^m	40°5
Málaga	$+3^m$	36°5	Melilla	-3^m	35°5
Murcia	-10^m	38°	Ourense	$+17^m$	42°5
Oviedo	$+9^m$	43°5	Palencia	$+3^m$	42°
Palma de Mallorca	-25^m	39°5	Palmas de G. C., Las	$+47^m$	28°
Pamplona/Iruña	-8^m	43°	Pontevedra	$+20^m$	42°5
Salamanca	$+8^m$	41°	Santa Cruz de Tenerife	$+50^m$	28°5
Santander	0^m	43°5	Segovia	$+2^m$	41°
Sevilla	$+9^m$	37°5	Soria	-5^m	42°
Tarragona	-20^m	41°	Teruel	-10^m	40°5
Toledo	$+1^m$	40°	València	-13^m	39°5
Valladolid	$+4^m$	41°5	Vitoria-Gasteiz	-4^m	43°
Zamora	$+8^m$	41°5	Zaragoza	-11^m	41°5

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

Fecha	Latitud 28°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°	44°	Fecha
Dic 21	-32	-13	-10	-7	-4	-1	2	5	8	12	Dic 22
Dic 26	-32	-13	-10	-7	-4	-1	2	5	8	12	Dic 18
Dic 31	-32	-13	-10	-7	-4	-1	2	5	8	12	Dic 13
Ene 5	-31	-12	-10	-7	-4	-1	2	5	8	11	Dic 8
Ene 10	-30	-12	-9	-7	-4	-1	2	5	8	11	Dic 3
Ene 15	-29	-11	-9	-6	-4	-1	2	4	7	10	Nov 28
Ene 20	-27	-11	-8	-6	-4	-1	2	4	7	10	Nov 23
Ene 25	-25	-10	-8	-6	-3	-1	1	4	6	9	Nov 18
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	-17	-6	-5	-4	-2	-1	1	3	4	6	Oct 28
Feb 19	-14	-6	-4	-3	-2	-1	1	2	4	5	Oct 23
Feb 24	-12	-5	-4	-3	-2	0	1	2	3	4	Oct 18
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	-1	0	0	0	0	0	0	1	Sep 28
Mar 21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Sep 23
Mar 26	3	1	1	1	0	0	0	-1	-1	-1	Sep 18
Mar 31	6	2	2	1	1	0	0	-1	-2	-2	Sep 13
Abr 5	8	3	3	2	1	0	0	-1	-2	-3	Sep 8
Abr 10	11	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	Sep 3
Abr 15	13	5	4	3	2	1	-1	-2	-3	-5	Ago 28
Abr 20	16	6	5	3	2	1	-1	-2	-4	-6	Ago 23
Abr 25	18	7	6	4	2	1	-1	-3	-5	-7	Ago 18
Abr 30	20	8	6	4	3	1	-1	-3	-5	-7	Ago 13
May 5	22	9	7	5	3	1	-1	-4	-6	-8	Ago 8
May 10	25	10	8	5	3	1	-1	-4	-6	-9	Ago 3
May 15	26	10	8	6	3	1	-2	-4	-7	-10	Jul 29
May 20	28	11	9	6	4	1	-2	-4	-7	-10	Jul 24
May 25	30	12	9	7	4	1	-2	-5	-8	-11	Jul 19
May 30	31	12	10	7	4	1	-2	-5	-8	-12	Jul 14
Jun 4	32	13	10	7	4	1	-2	-5	-9	-12	Jul 9
Jun 9	33	13	10	7	4	1	-2	-5	-9	-12	Jul 4
Jun 14	34	13	11	8	5	1	-2	-5	-9	-13	Jun 29
Jun 19	34	14	11	8	5	1	-2	-5	-9	-13	Jun 24

orto = orto en Madrid $-15^{m} - \lambda_E$ + 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 ϕ pueden ser calculados de manera aproximada:

1) se calculan la longitud del Sol, $\odot$, y el instante de culminación para el lugar usando la corrección dada en tabla de la página 192 o según se indica en la sección *Paso del Sol por el meridiano* en la página 197.
2) se calcula el tiempo auxiliar:

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

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: $19^{s}\ h\ (\mathrm{m})/D\ (\mathrm{km})$. El adelanto en el ocaso se calcula análogamente. En Canarias, usar 16^{s} como factor multiplicativo.

Orientación del orto y del ocaso

El lugar en el horizonte en que sale o se pone el Sol se indica con el *acimut*, ángulo que se mide desde el sur (acimut = 0º) y es positivo hacia el oeste. Utilizando desarrollos antes explicados, el acimut, a, del ocaso viene dado por:

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

$a \simeq \arccos(-0{,}008 - 0{,}452 \operatorname{sen} \odot)$, 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 solo 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 siguiente. 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 40º, el Sol sale 30º al sur de la dirección este y se pone 30º al sur de la dirección oeste.

Lugares del horizonte por donde sale y se oculta el Sol, referidos al este y al oeste

Fecha	Latitud 28°	32°	36°	40°	44°	Fecha
Dic 21	-26	-27	-29	-30	-33	Dic 22
Dic 26	-26	-27	-29	-30	-32	Dic 18
Dic 31	-26	-27	-28	-30	-32	Dic 13
Ene 5	-25	-26	-28	-29	-31	Dic 8
Ene 10	-25	-26	-27	-28	-30	Dic 3
Ene 15	-24	-25	-26	-27	-29	Nov 28
Ene 20	-23	-23	-25	-26	-28	Nov 23
Ene 25	-21	-22	-23	-24	-26	Nov 18
Ene 30	-20	-20	-21	-23	-24	Nov 13
Feb 4	-18	-19	-20	-21	-22	Nov 7
Feb 9	-16	-17	-18	-19	-20	Nov 2
Feb 14	-14	-15	-16	-16	-18	Oct 28
Feb 19	-12	-13	-13	-14	-15	Oct 23
Feb 24	-10	-11	-11	-12	-12	Oct 18
Mar 1	-8	-9	-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	Sep 28
Mar 21	1	1	1	1	1	Sep 23
Mar 26	3	3	3	3	4	Sep 18
Mar 31	5	5	6	6	6	Sep 13
Abr 5	7	8	8	9	9	Sep 8
Abr 10	9	10	10	11	12	Sep 3
Abr 15	11	12	13	13	14	Ago 28
Abr 20	13	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	20	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	25	27	29	31	Jul 19
May 30	25	26	28	30	32	Jul 14
Jun 4	26	27	29	31	33	Jul 9
Jun 9	27	28	29	31	34	Jul 4
Jun 14	27	28	30	32	34	Jun 29
Jun 19	27	29	30	32	35	Jun 24

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

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

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

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

Primer vertical es el plano vertical orientado según la dirección este–oeste.

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 *h m s*, es λ_E , el instante de paso será:

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

Tal instante nos indica la dirección sur.

El instante de la culminación del Sol puede obtenerse también a partir de la Ecuación de Tiempo (*EcTi*) que se encuentra en las *Tablas de tiempos* en la página 108. En un lugar de longitud λ_E (*hms*), el instante de culminación del Sol viene dado por:

$$paso\ meridiano = 12^h - EcTi - \lambda_E$$

Ejemplo: al mediodía del día 14 de abril la Ecuación de Tiempo es -0^m21^s, luego el Sol pasará por el meridiano de Madrid a las:

$$12^h - (-0^m21^s) - (-14^m45^s) = 12^h15^m06^s\ TU$$

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 190:

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

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

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 $h = -6°$ se habla de crepúsculo **civil**; en tal instante son visibles algunos planetas y estrellas de primera magnitud. Cuando es $h = -12°$ se habla de crepúsculo **náutico**; en este instante son visibles el horizonte y las

estrellas más brillantes de las principales constelaciones. Cuando es $h = -18°$ 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	Sep	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 naútico el día 15 del mes

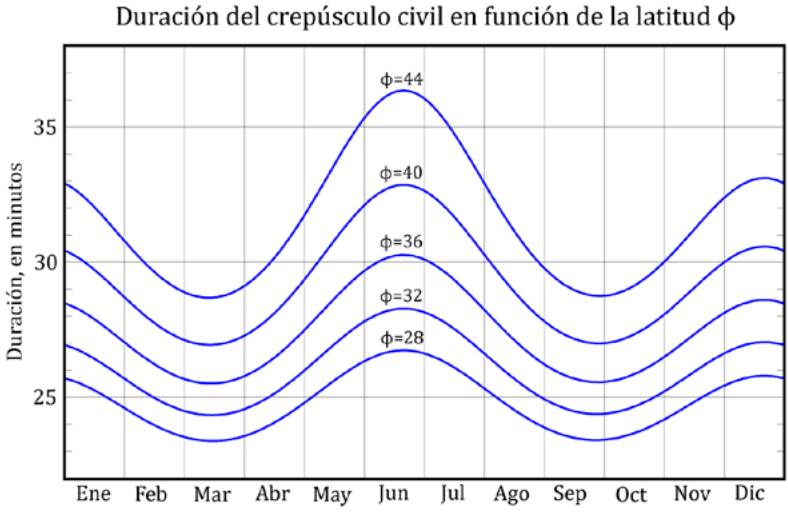
Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
28°	54	52	51	52	56	59	58	54	51	51	53	55
32°	56	54	53	55	59	63	61	56	53	53	55	57
36°	59	56	55	58	63	68	66	60	56	56	58	61
40°	63	59	58	62	69	74	72	64	59	59	62	65
44°	68	63	62	66	76	84	80	70	63	62	66	69

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

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

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

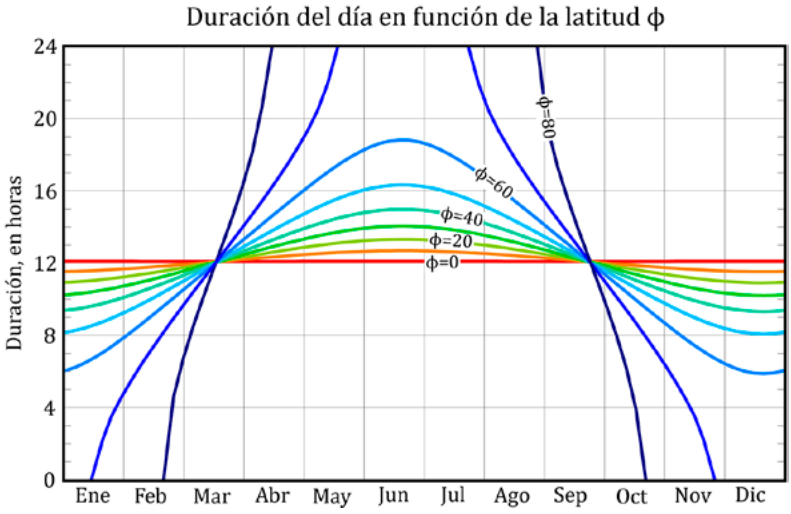
$$\text{Duración del crepúsculo civil} = \frac{21^{\text{m}}}{\sqrt{\cos(\phi - \delta_\odot)\cos(\phi + \delta_\odot)}}$$



Tiempo de insolación (o duración del día)

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

El tiempo de insolación a lo largo del año para distintas latitudes puede verse en la siguiente figura.



La duración mínima y máxima del tiempo de insolación para diversas latitudes se detalla en la tabla siguiente. Se ha tenido en cuenta el efecto de la refracción atmosférica media.

Tiempo de insolación

Latitud ϕ (°)	Duración máxima (h min)	Duración mínima (h min)	Diferencia máx-mín (h min)	Cociente máx/mín (h min)
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 00	3,22
70	24 00	00 00		

En Madrid se tiene, para el año 2027:

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: 28 de junio
Día en que el Sol se pone más pronto: 8 de diciembre
Día de mayor duración: 21 de junio (15^h04^m)
Día de menor duración: 21 de diciembre (9^h17^m)

4.5. Rotaciones sinódicas y manchas solares

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 $27^{d},2753$, correspondiente a una latitud heliográfica de 26º. Se considera que una rotación se inicia cuando la longitud heliográfica del centro del Sol es $L = 0$. El número de rotación de Carrington (*NRC*) para las 0^{h} TU de un día cualquiera se puede calcular aproximadamente mediante la fórmula:

$$NRC = 1958 + \frac{DJ - 2\,451\,545{,}11}{27{,}2753}$$

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* en la página 177, determinando, por interpolación, el instante en que la longitud heliográfica *L* se anula.

Instante de inicio de las rotaciones sinódicas del Sol en 2027

NRC	mes	día	hora	NRC	mes	día	hora	NRC	mes	día	hora
2320	Ene	13	6	2325	May	29	17	2330	Oct	12	21
2321	Feb	9	15	2326	Jun	25	22	2331	Nov	9	4
2322	Mar	8	23	2327	Jul	23	3	2332	Dic	6	12
2323	Abr	5	6	2328	Ago	19	9	2333	Ene	2	20
2324	May	2	12	2329	Sep	15	15	2334	Ene	30	4

La primera rotación que se iniciará en 2027 es la número 2320, lo cual tendrá lugar el día 13 de enero a las $6^{h},5$ TU. La primera rotación en 2028 será la número 2333, iniciándose el 2 de enero a las $19^{h},8$ 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 Solar Influences Data Analysis Center (SIDC):

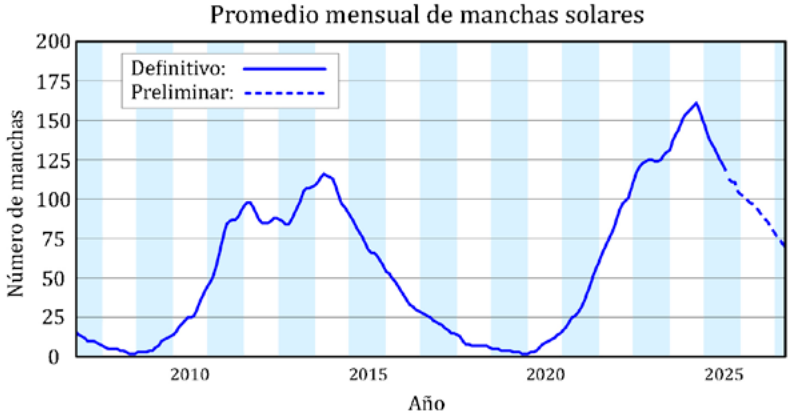
http://www.sidc.be/SILSO/home

Promedio anual del número de manchas solares en los últimos 20 años

año	manchas	año	manchas	año	manchas	año	manchas
2007	13	2012	90	2017	21	2022	84
2008	4	2013	95	2018	8	2023	123
2009	6	2014	107	2019	4	2024	150
2010	26	2015	72	2020	8	2025	124
2011	73	2016	41	2021	33	2026	93

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

En la siguiente imagen se muestra el promedio mensual de manchas solares durante los últimos 20 años, los valores de los dos últimos años son provisionales.



4.6. Datos lunares

Elementos medios de la órbita para 2027

Longitud media	$L_{☾} = 184^{\circ},185480 + 13^{\circ},17639645\ d$
Anomalía media	$M_{☾} = 82^{\circ},338189 + 13^{\circ},06499307\ d$
Longitud del perigeo medio	$\varpi_{☾} = 101^{\circ},847291 + 0^{\circ},11140337\ d$
Long. media del nodo ascendente	$\Omega_{☾} = 322^{\circ},894027 - 0^{\circ},05295373\ d$
Elongación media referida al Sol	$D_{☾} = 264^{\circ},742726 + 12^{\circ},19074908\ d$

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

Coordenadas eclípticas verdaderas

Desarrollos aproximados de longitud eclíptica, latitud eclíptica y paralaje:

$\lambda_{☾} = L_{☾} + 377' \operatorname{sen} M_{☾} + 76' \operatorname{sen}(2\,D_{☾} - M_{☾}) + 40' \operatorname{sen}(2\,D_{☾}) + 13' \operatorname{sen}(2\,M_{☾})$

$\beta_{☾} = 309' \operatorname{sen}(\lambda_{☾} - \Omega_{☾})$

$\pi_{☾} = 57' + 3' \cos M_{☾}$

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

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

Distancia

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

Otros datos orbitales

Excentricidad $e_{☾} = 0,054900489$

Inclinación orbital media:

respecto de la eclíptica	$5^{\circ},145396$
respecto del ecuador lunar	$6^{\circ}41'$
respecto del ecuador terrestre	$18^{\circ},28$ a $28^{\circ},58$

Inclinación del ecuador lunar medio respecto de la eclíptica:	$1^{\circ},54242 = 1^{\circ}32'32'',7$
Movimiento sidéreo medio diario	$13^{\circ},176358$
Intervalo medio entre tránsitos o pasos por el meridiano	$24^{h}51^{m}28^{s}$
Velocidad orbital media	$1{,}023\ \text{km}\ s^{-1} = 3683\ \text{km}\ h^{-1}$
Aumento de la distancia a la Tierra	~4 m/siglo

Traslación y rotación

Duración media de los meses:

mes sinódico (luna nueva)	$29^{d},5305884$	$29^{d}12^{h}44^{m}02^{s},8$
mes sidéreo (estrella a estrella)	$27^{d},3216616$	$27^{d}07^{h}43^{m}11^{s},6$
mes anomalístico (perigeo)	$27^{d},5545501$	$27^{d}13^{h}18^{m}33^{s},1$
mes trópico (equinoccio)	$27^{d},3215823$	$27^{d}07^{h}43^{m}04^{s},7$
mes draconítico (nodo)	$27^{d},212220$	$27^{d}05^{h}05^{m}35^{s},8$

Algunos periodos de interés:

periodo de rotación del perigeo 3232 días
periodo de retrogradación del nodo 6798 días = 18,61 años trópicos
año eclíptico (pasos sucesivos del Sol por el nodo lunar): $346^{d},62005$
periodo Saros = 223 meses sinódicos = 19 años eclípticos
= 6585,32 días = 18,03001 años trópicos

Libraciones:

Desplazamiento máximo: en longitud: $7^{\circ},9$ (periodo=mes anomalístico)
en latitud: $6^{\circ},8$ (periodo=mes draconítico)
diurna: $1^{\circ},0$

Desplazamiento medio:

libración óptica en longitud:	$6^{\circ},15$
libración óptica en latitud:	$6^{\circ},69$
libración física en longitud:	$0^{\circ},025$
libración física en latitud:	$0^{\circ},04$

Datos físicos

				en unidades terrestres
Radio ecuatorial	$\mathcal{R}_{\leftmoon}$	=	1738,14 km	0,2725 $\mathcal{R}_{\oplus}$
Radio medio			1737,42 km	

Superficie		$3{,}788\ 10^7$ km^2	0,0743
Volumen		$2{,}199\ 10^{10}$ km^3	0,0203
Masa	$\mathcal{M}_\leftmoon$ =	$7{,}3460\ 10^{22}$ kg	0,0123 $\mathcal{M}_\oplus$
Densidad media		3,344 g cm^{-3}	0,6063
Constante gravitatoria	$G\mathcal{M}_\leftmoon$ =	$4{,}902800\ 10^{12}$ m^3 s^{-2}	0,0123000371
Gravedad superficial		1,623 m s^{-2}	0,1652
Velocidad de escape		2,375 km s^{-1}	0,2123
Momento de inercia		0,394 $\mathcal{M}_\leftmoon \mathcal{R}_\leftmoon^2$	
Momento gravitatorio J_2		$202{,}7\ 10^{-6}$	

Datos fotométricos

Albedo		0,12
Magnitud aparente en su oposición media:		V= −12,74
		B= −11,82
Magnitud visual $V(1,0)$ a 1 ua		+0,21
Temperaturas medias:	noche	104 K = −169 °C
	día	365 K = 92 °C
	ondas radio	∼200 K
	equivalente	395 K = 122 °C
	del cuerpo negro	274,5 K

Distancia, semidiámetro y paralaje horizontal de la Luna

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

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

$$s_\leftmoon = 0{,}272493\ \pi_\leftmoon\,, \qquad \operatorname{sen} \pi_\leftmoon = \frac{1}{r_\leftmoon\,(\text{en } \mathcal{R}_\oplus)}$$

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

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

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

Se denomina paralaje ecuatorial horizontal $\pi_{\leftmoon}$ 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 $s_{\leftmoon}$ 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.

4.7. Coordenadas topocéntricas de la Luna

Las *coordenadas topocéntricas* se refieren a un sistema de coordenadas (ecuatoriales, etc) cuyo origen se encuentra en un punto de la superficie de la Tierra. Para un astro cercano, como es la Luna, puede haber una diferencia apreciable entre las coordenadas calculadas (tabuladas) para el centro de la Tierra (*geocéntricas*) y las que necesita o mide un observador (*topocéntricas*). En el caso de la Luna esta diferencia puede superar 1º.

Las coordenadas ecuatoriales topocéntricas de la Luna pueden obtenerse de manera precisa realizando unos simples cálculos a partir de las coordenadas geocéntricas que figuran en las tablas de las páginas siguientes. Sean λ_E la longitud (en horas) y ϕ la latitud (en grados) del lugar considerado y sea *TU* el instante de tiempo para el que se desea realizar el cálculo:

1) Se determina el tiempo sidéreo local, expresado en grados, para lo que hay que consultar el tiempo sidéreo en Greenwich en las *Tablas de tiempos* en la página 108:

   θ = 15 (tiempo sidéreo en Greenwich a $0^h + \lambda_E$ + 1,003 TU)

2) Se determinan por interpolación de, al menos, 3er grado en las tablas de la Luna las coordenadas geocéntricas de esta ($\alpha_{☾}$, $\delta_{☾}$) y la distancia r (en radios terrestres) para el instante TU considerado.

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

$$x = r \cos \delta_{☾} \cos \alpha_{☾} - \cos \phi \cos \theta$$
$$y = r \cos \delta_{☾} \operatorname{sen} \alpha_{☾} - \cos \phi \operatorname{sen} \theta$$
$$z = r \operatorname{sen} \delta_{☾} - \operatorname{sen} \phi$$

4) Se determina la distancia topocéntrica:

$$r_t = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

   que viene expresada en radios terrestres.

5) Las coordenadas topocéntricas α_t y δ_t y el semidiámetro s_t vienen dados por:

$$\alpha_t = \arctan(y/x) \text{ (aprox. mismo cuadrante que } \alpha_{☾})$$
$$\delta_t = \operatorname{arcsen}(z/r_t)$$
$$s_t = \frac{937'}{r_t}$$

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

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

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

4.8. Efemérides de la Luna para 2027

En las 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 un 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 (véase el apartado *Ortos, ocasos y pasos de la Luna por el meridiano* en la página 221).

En las dos columnas centrales se indica la posición aparente geocéntrica de la Luna a las 0^h de TU, expresada en coordenadas ecuatoriales, **ascensión recta** y **declinación**. La determinación de tales coordenadas para un instante cualquiera se debe realizar con una interpolación de, al menos, 3er grado dada la complejidad del movimiento de la Luna (ver el apartado *Interpolación* en la página 485). Con una interpolación de 4º grado los errores pueden llegar a ser de algunos segundos de arco en ambas coordenadas y con una interpolación de 3er grado pueden llegar hasta los 10″, aunque el error típico es de unos 2″. Con una interpolación de solo segundo grado los errores pueden exceder 1′.

En la última columna figura la distancia al centro de la Tierra expresada en radios terrestres (1 $\mathcal{R}_\oplus$ = 6378,14 km). En este caso una interpolación de 3er grado bastará para obtener la distancia con una precisión de unos 2 km (0,0003$\mathcal{R}_\oplus$).

LUNA Enero 2027

Día	En Madrid (TU) Orto		Culmin.		Ocaso		a 0^h de TU Asc. Recta			Declinación			Distancia
	h	*m*	*h*	*m*	*h*	*m*	*h*	*m*	*s*	°	′	″	$\mathcal{R}_\oplus$
1 V	1	51	7	10	12	22	13	24	14,0	−13	49	31	61,3755
2 S	2	56	7	56	12	50	14	12	15,4	−18	37	17	62,0962
3 D	4	00	8	44	13	23	15	01	48,9	−22	32	52	62,6843
4 L	5	02	9	34	14	02	15	53	07,1	−25	26	32	63,1358
5 M	6	00	10	25	14	48	16	45	52,8	−27	09	57	63,4562
6 M	6	52	11	16	15	41	17	39	20,7	−27	37	44	63,6553
7 J	7	37	12	06	16	39	18	32	28,9	−26	48	55	63,7432
8 V	8	14	12	55	17	40	19	24	17,5	−24	47	21	63,7285
9 S	8	45	13	41	18	43	20	14	06,8	−21	41	01	63,6145
10 D	9	12	14	25	19	45	21	01	44,9	−17	40	20	63,4006
11 L	9	35	15	07	20	47	21	47	26,7	−12	56	37	63,0811
12 M	9	57	15	48	21	48	22	31	47,3	−07	40	58	62,6493
13 M	10	18	16	29	22	51	23	15	36,2	−02	04	05	62,0995
14 J	10	39	17	11	23	56	23	59	53,1	+03	43	26	61,4320
15 V	11	03	17	57	**	**	00	45	45,5	+09	29	58	60,6566
16 S	11	31	18	46	1	03	01	34	26,4	+15	01	37	59,7974
17 D	12	04	19	41	2	15	02	27	07,3	+20	00	33	58,8947
18 L	12	47	20	41	3	29	03	24	41,7	+24	04	08	58,0055
19 M	13	42	21	46	4	43	04	27	16,1	+26	46	01	57,2003
20 M	14	49	22	52	5	51	05	33	38,2	+27	41	17	56,5562
21 J	16	07	0	00	6	49	06	41	16,5	+26	35	13	56,1448
22 V	17	28	**	**	7	35	07	47	14,1	+23	30	44	56,0189
23 S	18	49	0	58	8	13	08	49	24,7	+18	48	08	56,2004
24 D	20	06	1	54	8	43	09	47	07,3	+12	57	44	56,6761
25 L	21	19	2	45	9	10	10	40	50,1	+06	31	12	57,3975
26 M	22	30	3	33	9	34	11	31	36,6	−00	03	54	58,2926
27 M	23	38	4	19	9	58	12	20	40,0	−06	25	44	59,2784
28 J	**	**	5	05	10	24	13	09	09,3	−12	17	34	60,2726
29 V	0	45	5	52	10	51	13	58	02,3	−17	26	24	61,2052
30 S	1	51	6	40	11	23	14	48	00,5	−21	41	31	62,0214
31 D	2	55	7	29	12	00	15	39	23,2	−24	53	47	62,6857

Luna nueva	$07^d20^h24^m$
Cuarto creciente	$15^d20^h34^m$
Luna llena	$22^d12^h17^m$
Cuarto menguante	$29^d10^h56^m$

Apogeo	7^d08^h
Perigeo	21^d22^h

LUNA Febrero 2027

Día	En Madrid (TU) Orto		Culmin.		Ocaso		a 0^h de TU Asc. Recta			Declinación			Distancia
	h	*m*	*h*	*m*	*h*	*m*	*h*	*m*	*s*	°	′	″	$\mathcal{R}_\oplus$
1 L	3	55	8	20	12	44	16	32	03,1	−26	55	43	63,1799
2 M	4	49	9	11	13	35	17	25	26,2	−27	42	20	63,5012
3 M	5	35	10	02	14	31	18	18	40,3	−27	12	14	63,6583
4 J	6	15	10	51	15	32	19	10	50,3	−25	28	08	63,6689
5 V	6	48	11	38	16	34	20	01	15,0	−22	36	40	63,5535
6 S	7	16	12	23	17	37	20	49	36,6	−18	47	15	63,3337
7 D	7	40	13	06	18	40	21	36	02,1	−14	10	51	63,0276
8 L	8	03	13	47	19	42	22	20	59,0	−08	58	58	62,6493
9 M	8	24	14	29	20	44	23	05	09,0	−03	23	14	62,2065
10 M	8	45	15	11	21	48	23	49	24,2	+02	24	38	61,7029
11 J	9	08	15	55	22	54	00	34	43,7	+08	12	14	61,1395
12 V	9	33	16	42	**	**	01	22	11,1	+13	45	52	60,5194
13 S	10	04	17	33	0	03	02	12	49,8	+18	49	24	59,8502
14 D	10	42	18	29	1	15	03	07	31,7	+23	03	39	59,1496
15 L	11	29	19	30	2	27	04	06	37,7	+26	06	45	58,4479
16 M	12	29	20	34	3	35	05	09	32,9	+27	36	47	57,7883
17 M	13	40	21	37	4	35	06	14	35,9	+27	17	24	57,2249
18 J	14	58	22	38	5	25	07	19	24,3	+25	04	01	56,8166
19 V	16	18	23	36	6	06	08	21	50,6	+21	06	44	56,6172
20 S	17	36	**	**	6	39	09	20	46,6	+15	47	33	56,6646
21 D	18	52	0	29	7	08	10	16	09,6	+09	34	30	56,9718
22 L	20	06	1	19	7	33	11	08	41,2	+02	56	09	57,5221
23 M	21	17	2	08	7	58	11	59	22,6	−03	41	48	58,2698
24 M	22	27	2	55	8	23	12	49	17,6	−09	57	48	59,1501
25 J	23	36	3	43	8	51	13	39	22,2	−15	34	26	60,0869
26 V	**	**	4	32	9	21	14	30	17,8	−20	17	54	61,0049
27 S	0	42	5	22	9	57	15	22	24,9	−23	57	20	61,8375
28 D	1	45	6	13	10	39	16	15	38,6	−26	24	42	62,5325

Luna nueva	$6^d15^h56^m$
Cuarto creciente	$14^d07^h58^m$
Luna llena	$20^d23^h24^m$
Cuarto menguante	$28^d05^h17^m$

Apogeo	3^d14^h
Perigeo	19^d08^h

LUNA Marzo 2027

Día	En Madrid (TU) Orto		Culmin.		Ocaso		a 0^h de TU Asc. Recta			Declinación			Distancia
	h	*m*	*h*	*m*	*h*	*m*	*h*	*m*	*s*	°	′	″	$\mathcal{R}_\oplus$
1 L	2	42	7	05	11	28	17	09	28,9	−27	35	11	63,0544
2 M	3	31	7	56	12	22	18	03	07,9	−27	27	35	63,3846
3 M	4	14	8	46	13	22	18	55	44,5	−26	04	36	63,5216
4 J	4	49	9	33	14	24	19	46	39,5	−23	32	21	63,4770
5 V	5	19	10	19	15	26	20	35	35,5	−19	59	22	63,2741
6 S	5	44	11	03	16	29	21	22	38,0	−15	35	37	62,9432
7 D	6	07	11	45	17	32	22	08	12,0	−10	31	50	62,5175
8 L	6	29	12	27	18	35	22	52	56,5	−04	59	15	62,0303
9 M	6	50	13	09	19	39	23	37	40,0	+00	50	08	61,5106
10 M	7	13	13	53	20	46	00	23	17,1	+06	43	13	60,9810
11 J	7	38	14	40	21	55	01	10	46,1	+12	25	18	60,4568
12 V	8	07	15	30	23	06	02	01	03,8	+17	39	31	59,9457
13 S	8	42	16	24	**	**	02	54	55,6	+22	06	45	59,4527
14 D	9	26	17	23	0	17	03	52	39,5	+25	26	18	58,9807
15 L	10	21	18	24	1	26	04	53	46,7	+27	18	21	58,5377
16 M	11	26	19	26	2	28	05	56	53,4	+27	28	08	58,1378
17 M	12	39	20	26	3	20	06	59	59,8	+25	50	31	57,8038
18 J	13	56	21	23	4	02	08	01	13,6	+22	32	04	57,5662
19 V	15	13	22	17	4	37	08	59	28,8	+17	49	20	57,4588
20 S	16	28	23	07	5	07	09	54	35,5	+12	04	48	57,5120
21 D	17	41	23	55	5	33	10	47	06,0	+05	42	59	57,7463
22 L	18	53	**	**	5	58	11	37	54,9	−00	52	01	58,1643
23 M	20	04	0	43	6	23	12	28	02,5	−07	17	48	58,7485
24 M	21	14	1	31	6	49	13	18	24,6	−13	14	23	59,4616
25 J	22	23	2	20	7	19	14	09	43,5	−18	24	28	60,2501
26 V	23	29	3	11	7	53	15	02	21,5	−22	33	43	61,0532
27 S	**	**	4	03	8	33	15	56	14,3	−25	31	18	61,8080
28 D	0	30	4	55	9	20	16	50	50,2	−27	10	29	62,4579
29 L	1	24	5	47	10	13	17	45	17,6	−27	29	18	62,9563
30 M	2	09	6	38	11	11	18	38	40,6	−26	30	20	63,2711
31 M	2	47	7	27	12	12	19	30	16,2	−24	19	57	63,3860

Luna nueva	$8^d09^h30^m$
Cuarto creciente	$15^d16^h25^m$
Luna llena	$22^d10^h44^m$
Cuarto menguante	$30^d00^h54^m$

Apogeo	3^d06^h
Perigeo	19^d05^h
Apogeo	31^d02^h

LUNA Abril 2027

Día	En Madrid (TU) Orto		Culmin.		Ocaso		a 0^h de TU Asc. Recta			Declinación			Distancia
	h	*m*	*h*	*m*	*h*	*m*	*h*	*m*	*s*	°	′	″	$\mathcal{R}_\oplus$
1 J	3	19	8	13	13	14	20	19	44,7	−21	06	50	63,3002
2 V	3	46	8	57	14	16	21	07	11,6	−17	00	40	63,0283
3 S	4	10	9	40	15	19	21	53	02,9	−12	11	21	62,5986
4 D	4	32	10	22	16	22	22	37	59,1	−06	49	01	62,0493
5 L	4	54	11	04	17	26	23	22	50,2	−01	04	26	61,4264
6 M	5	16	11	48	18	32	00	08	32,4	+04	50	10	60,7767
7 M	5	41	12	35	19	41	00	56	05,4	+10	40	19	60,1455
8 J	6	09	13	25	20	53	01	46	27,1	+16	08	34	59,5697
9 V	6	43	14	19	22	06	02	40	24,5	+20	54	25	59,0762
10 S	7	25	15	17	23	17	03	38	15,8	+24	35	28	58,6786
11 D	8	17	16	18	**	**	04	39	31,4	+26	50	19	58,3803
12 L	9	19	17	20	0	22	05	42	44,0	+27	23	22	58,1758
13 M	10	30	18	21	1	17	06	45	49,5	+26	09	26	58,0571
14 M	11	44	19	17	2	02	07	46	52,1	+23	15	23	58,0170
15 J	12	59	20	10	2	38	08	44	44,2	+18	57	28	58,0533
16 V	14	13	21	00	3	08	09	39	16,8	+13	36	47	58,1699
17 S	15	25	21	48	3	35	10	31	04,0	+07	35	24	58,3742
18 D	16	35	22	35	4	00	11	21	02,6	+01	14	36	58,6751
19 L	17	45	23	22	4	24	12	10	16,4	−05	05	39	59,0767
20 M	18	55	**	**	4	49	12	59	45,7	−11	06	33	59,5753
21 M	20	04	0	10	5	17	13	50	19,3	−16	30	28	60,1556
22 J	21	12	1	00	5	49	14	42	27,2	−21	01	17	60,7893
23 V	22	16	1	52	6	27	15	36	12,2	−24	25	22	61,4386
24 S	23	13	2	44	7	12	16	31	06,0	−26	32	53	62,0582
25 D	**	**	3	37	8	03	17	26	13,6	−27	19	09	62,6008
26 L	0	02	4	29	8	59	18	20	29,4	−26	45	13	63,0220
27 M	0	44	5	19	9	59	19	12	58,0	−24	57	04	63,2840
28 M	1	18	6	06	11	01	20	03	09,3	−22	03	49	63,3602
29 J	1	46	6	51	12	03	20	51	02,4	−18	15	47	63,2376
30 V	2	11	7	34	13	05	21	37	01,2	−13	43	10	62,9176

Luna nueva	$6^d23^h51^m$
Cuarto creciente	$13^d22^h57^m$
Luna llena	$20^d22^h27^m$
Cuarto menguante	$28^d20^h18^m$

Perigeo	14^d01^h
Apogeo	27^d21^h

LUNA Mayo 2027

Día	En Madrid (TU) Orto		Culmin.		Ocaso		a 0^h de TU Asc. Recta			Declinación			Distancia
	h	*m*	*h*	*m*	*h*	*m*	*h*	*m*	*s*	°	′	″	$\mathcal{R}_\oplus$
1 S	2	34	8	16	14	07	22	21	46,6	−08	35	38	62,4178
2 D	2	56	8	57	15	10	23	06	10,9	−03	02	42	61,7709
3 L	3	18	9	40	16	15	23	51	13,7	+02	45	16	61,0234
4 M	3	41	10	26	17	23	00	37	59,5	+08	35	54	60,2314
5 M	4	08	11	14	18	34	01	27	33,9	+14	13	26	59,4562
6 J	4	40	12	08	19	48	02	20	55,0	+19	17	50	58,7572
7 V	5	19	13	06	21	02	03	18	36,5	+23	25	17	58,1852
8 S	6	09	14	08	22	11	04	20	22,6	+26	10	47	57,7754
9 D	7	10	15	12	23	11	05	24	49,3	+27	13	55	57,5444
10 L	8	20	16	14	**	**	06	29	37,7	+26	25	28	57,4886
11 M	9	35	17	13	0	00	07	32	25,6	+23	50	50	57,5889
12 M	10	50	18	07	0	40	08	31	41,5	+19	47	24	57,8162
13 J	12	04	18	58	1	12	09	27	03,8	+14	38	26	58,1394
14 V	13	15	19	46	1	39	10	19	05,0	+08	47	32	58,5306
15 S	14	25	20	32	2	04	11	08	45,8	+02	36	03	58,9683
16 D	15	33	21	18	2	27	11	57	15,7	−03	37	16	59,4395
17 L	16	42	22	04	2	52	12	45	42,0	−09	35	31	59,9361
18 M	17	50	22	53	3	18	13	35	02,4	−15	02	52	60,4528
19 M	18	57	23	43	3	48	14	25	57,5	−19	44	08	60,9833
20 J	20	02	**	**	4	24	15	18	43,4	−23	25	17	61,5171
21 V	21	02	0	35	5	05	16	13	04,0	−25	54	42	62,0367
22 S	21	55	1	28	5	54	17	08	10,7	−27	04	58	62,5182
23 D	22	39	2	21	6	49	18	02	55,0	−26	54	25	62,9319
24 L	23	16	3	12	7	48	18	56	09,5	−25	27	15	63,2458
25 M	23	47	4	00	8	50	19	47	08,6	−22	52	07	63,4275
26 M	**	**	4	46	9	51	20	35	38,2	−19	19	51	63,4494
27 J	0	13	5	29	10	53	21	21	53,0	−15	01	37	63,2913
28 V	0	36	6	10	11	54	22	06	29,4	−10	07	41	62,9439
29 S	0	58	6	51	12	55	22	50	17,6	−04	47	33	62,4122
30 D	1	19	7	33	13	58	23	34	17,0	+00	49	34	61,7165
31 L	1	41	8	16	15	03	00	19	33,6	+06	33	24	60,8942

Luna nueva	$6^d10^h59^m$
Cuarto creciente	$13^d04^h44^m$
Luna llena	$20^d10^h59^m$
Cuarto menguante	$28^d13^h58^m$

Perigeo	9^d20^h
Apogeo	25^d15^h

LUNA Junio 2027

Día	En Madrid (TU) Orto		Culmin.		Ocaso		a 0^h de TU Asc. Recta			Declinación			Distancia
	h	*m*	*h*	*m*	*h*	*m*	*h*	*m*	*s*	°	′	″	$\mathcal{R}_\oplus$
1 M	2	06	9	02	16	12	01	07	17,8	+12	11	13	59,9977
2 M	2	35	9	53	17	24	01	58	39,5	+17	26	11	59,0929
3 J	3	11	10	49	18	39	02	54	34,2	+21	56	24	58,2518
4 V	3	56	11	51	19	52	03	55	18,7	+25	15	56	57,5458
5 S	4	53	12	56	20	58	05	00	01,0	+26	59	09	57,0349
6 D	6	02	14	01	21	53	06	06	31,3	+26	48	43	56,7586
7 L	7	18	15	03	22	37	07	12	01,4	+24	42	50	56,7298
8 M	8	36	16	01	23	12	08	14	15,2	+20	56	12	56,9336
9 M	9	53	16	54	23	42	09	12	14,0	+15	53	54	57,3328
10 J	11	06	17	43	**	**	10	06	11,2	+10	03	29	57,8770
11 V	12	17	18	30	0	08	10	57	03,1	+03	49	53	58,5119
12 S	13	26	19	16	0	32	11	46	02,4	−02	26	08	59,1883
13 D	14	34	20	02	0	56	12	34	21,9	−08	27	23	59,8666
14 L	15	41	20	49	1	22	13	23	06,3	−13	58	59	60,5194
15 M	16	48	21	39	1	50	14	13	05,6	−18	47	17	61,1299
16 M	17	53	22	30	2	23	15	04	48,1	−22	39	32	61,6891
17 J	18	54	23	22	3	02	15	58	12,5	−25	24	22	62,1922
18 V	19	49	**	**	3	48	16	52	44,5	−26	53	23	62,6345
19 S	20	36	0	15	4	41	17	47	23,1	−27	02	53	63,0098
20 D	21	15	1	06	5	39	18	40	58,8	−25	54	48	63,3067
21 L	21	48	1	55	6	40	19	32	35,4	−23	36	13	63,5101
22 M	22	15	2	42	7	42	20	21	44,7	−20	17	35	63,6011
23 M	22	39	3	25	8	43	21	08	29,0	−16	10	31	63,5591
24 J	23	01	4	07	9	44	21	53	15,1	−11	26	21	63,3661
25 V	23	22	4	48	10	44	22	36	46,6	−06	15	23	63,0084
26 S	23	43	5	28	11	45	23	19	57,9	−00	47	06	62,4818
27 D	**	**	6	10	12	47	00	03	51,0	+04	49	01	61,7941
28 L	0	06	6	53	13	53	00	49	34,2	+10	22	15	60,9683
29 M	0	32	7	41	15	02	01	38	19,1	+15	39	09	60,0444
30 M	1	03	8	33	16	15	02	31	13,2	+20	21	57	59,0797

Luna nueva	$4^d19^h40^m$
Cuarto creciente	$11^d10^h56^m$
Luna llena	$19^d00^h45^m$
Cuarto menguante	$27^d04^h54^m$

Perigeo	6^d15^h
Apogeo	22^d05^h

LUNA Julio 2027

Día	En Madrid (TU) Orto		Culmin.		Ocaso		a 0^h de TU Asc. Recta			Declinación			Distancia
	h	*m*	*h*	*m*	*h*	*m*	*h*	*m*	*s*	°	′	″	$\mathcal{R}_\oplus$
1 J	1	43	9	31	17	28	03	29	01,9	+24	07	57	58,1448
2 V	2	34	10	34	18	37	04	31	39,9	+26	31	16	57,3185
3 S	3	37	11	40	19	38	05	37	43,5	+27	08	33	56,6777
4 D	4	52	12	45	20	28	06	44	38,7	+25	47	38	56,2849
5 L	6	11	13	47	21	08	07	49	39,1	+22	33	44	56,1772
6 M	7	32	14	44	21	41	08	50	54,8	+17	47	53	56,3585
7 M	8	50	15	36	22	09	09	47	57,5	+11	59	22	56,8004
8 J	10	04	16	26	22	35	10	41	21,7	+05	37	53	57,4487
9 V	11	15	17	13	23	00	11	32	12,9	−00	50	51	58,2347
10 S	12	25	18	00	23	25	12	21	44,2	−07	06	05	59,0879
11 D	13	33	18	47	23	53	13	11	03,9	−12	51	17	59,9457
12 L	14	41	19	36	**	**	14	01	07,4	−17	52	39	60,7579
13 M	15	46	20	26	0	24	14	52	30,9	−21	58	16	61,4902
14 M	16	48	21	18	1	01	15	45	24,2	−24	57	49	62,1225
15 J	17	45	22	10	1	45	16	39	26,2	−26	43	22	62,6463
16 V	18	34	23	02	2	36	17	33	48,3	−27	10	42	63,0605
17 S	19	15	23	52	3	32	18	27	27,4	−26	20	25	63,3682
18 D	19	50	**	**	4	32	19	19	26,4	−24	18	01	63,5727
19 L	20	19	0	39	5	34	20	09	09,5	−21	12	45	63,6752
20 M	20	44	1	23	6	35	20	56	29,2	−17	15	54	63,6733
21 M	21	06	2	06	7	36	21	41	42,6	−12	39	10	63,5603
22 J	21	27	2	47	8	36	22	25	25,2	−07	33	41	63,3274
23 V	21	47	3	27	9	36	23	08	24,2	−02	09	51	62,9648
24 S	22	09	4	07	10	38	23	51	34,8	+03	22	22	62,4664
25 D	22	33	4	49	11	41	00	35	58,6	+08	52	39	61,8314
26 L	23	01	5	34	12	47	01	22	41,2	+14	09	07	61,0706
27 M	23	36	6	23	13	56	02	12	48,3	+18	57	09	60,2077
28 M	**	**	7	16	15	07	03	07	14,8	+22	58	14	59,2835
29 J	0	20	8	15	16	16	04	06	24,3	+25	50	10	58,3547
30 V	1	16	9	19	17	20	05	09	42,1	+27	09	54	57,4916
31 S	2	24	10	23	18	15	06	15	22,4	+26	39	38	56,7718

Luna nueva	$4^d03^h02^m$
Cuarto creciente	$10^d18^h39^m$
Luna llena	$18^d15^h45^m$
Cuarto menguante	$26^d16^h55^m$

Perigeo	4^d21^h
Apogeo	19^d12^h

LUNA Agosto 2027

Día	En Madrid (TU) Orto		Culmin.		Ocaso		a 0^h de TU Asc. Recta			Declinación			Distancia
	h	*m*	*h*	*m*	*h*	*m*	*h*	*m*	*s*	°	′	″	$\mathcal{R}_\oplus$
1 D	3	41	11	27	19	00	07	20	55,2	+24	14	14	56,2689
2 L	5	02	12	27	19	37	08	24	05,7	+20	04	38	56,0393
3 M	6	23	13	22	20	08	09	23	43,4	+14	34	46	56,1118
4 M	7	41	14	15	20	35	10	19	46,8	+08	14	40	56,4798
5 J	8	56	15	04	21	01	11	13	00,9	+01	34	08	57,1027
6 V	10	09	15	53	21	27	12	04	30,1	−05	00	47	57,9154
7 S	11	20	16	42	21	54	12	55	20,3	−11	08	54	58,8400
8 D	12	30	17	31	22	25	13	46	27,7	−16	33	24	59,7979
9 L	13	37	18	22	23	01	14	38	31,5	−21	00	57	60,7211
10 M	14	41	19	14	23	42	15	31	46,2	−24	21	05	61,5561
11 M	15	40	20	06	**	**	16	25	58,2	−26	26	19	62,2665
12 J	16	31	20	58	0	31	17	20	27,4	−27	12	50	62,8325
13 V	17	15	21	48	1	26	18	14	18,5	−26	41	04	63,2479
14 S	17	52	22	36	2	25	19	06	38,1	−24	55	51	63,5167
15 D	18	22	23	22	3	26	19	56	50,5	−22	05	32	63,6499
16 L	18	48	**	**	4	28	20	44	44,4	−18	20	34	63,6607
17 M	19	11	0	05	5	29	21	30	32,0	−13	52	16	63,5622
18 M	19	33	0	46	6	30	22	14	43,1	−08	51	54	63,3642
19 J	19	54	1	27	7	30	22	57	59,4	−03	30	22	63,0729
20 V	20	15	2	07	8	31	23	41	10,4	+02	01	36	62,6904
21 S	20	38	2	48	9	33	00	25	10,7	+07	33	02	62,2161
22 D	21	04	3	32	10	37	01	10	58,4	+12	52	02	61,6499
23 L	21	36	4	18	11	44	01	59	31,9	+17	44	53	60,9953
24 M	22	15	5	09	12	53	02	51	42,2	+21	55	22	60,2626
25 M	23	04	6	04	14	01	03	47	58,6	+25	04	36	59,4747
26 J	**	**	7	04	15	06	04	48	09,3	+26	52	38	58,6672
27 V	0	04	8	06	16	03	05	51	06,7	+27	02	11	57,8903
28 S	1	15	9	08	16	51	06	54	56,7	+25	23	59	57,2059
29 D	2	33	10	09	17	31	07	57	38,5	+22	00	54	56,6805
30 L	3	53	11	06	18	04	08	57	48,5	+17	08	12	56,3752
31 M	5	12	12	00	18	33	09	55	01,2	+11	09	57	56,3341

Luna nueva	$2^d10^h05^m$
Cuarto creciente	$9^d04^h54^m$
Luna llena	$17^d07^h29^m$
Cuarto menguante	$25^d02^h27^m$
Luna nueva	$31^d17^h41^m$

Perigeo	2^d06^h
Apogeo	15^d14^h
Perigeo	30^d16^h

LUNA Septiembre 2027

Día	En Madrid (TU) Orto		Culmin.		Ocaso		a 0^h de TU Asc. Recta			Declinación			Distancia
	h	*m*	*h*	*m*	*h*	*m*	*h*	*m*	*s*	°	′	″	$\mathcal{R}_\oplus$
1 M	6	29	12	51	19	00	10	49	39,8	+04	34	09	56,5741
2 J	7	45	13	41	19	26	11	42	35,2	−02	11	14	57,0793
3 V	8	58	14	31	19	54	12	34	46,6	−08	40	48	57,8043
4 S	10	11	15	22	20	24	13	27	08,0	−14	32	59	58,6815
5 D	11	22	16	13	20	59	14	20	18,4	−19	30	20	59,6330
6 L	12	29	17	06	21	39	15	14	33,2	−23	19	33	60,5822
7 M	13	31	18	00	22	26	16	09	39,4	−25	51	40	61,4613
8 M	14	26	18	52	23	19	17	04	57,9	−27	02	26	62,2182
9 J	15	13	19	43	**	**	17	59	33,9	−26	52	26	62,8177
10 V	15	52	20	32	0	17	18	52	34,9	−25	26	45	63,2415
11 S	16	24	21	19	1	17	19	43	25,5	−22	53	42	63,4866
12 D	16	52	22	03	2	19	20	31	55,0	−19	23	29	63,5624
13 L	17	16	22	45	3	20	21	18	15,4	−15	06	54	63,4873
14 M	17	38	23	25	4	21	22	02	56,0	−10	14	42	63,2847
15 M	17	59	**	**	5	22	22	46	37,5	−04	57	29	62,9800
16 J	18	21	0	06	6	23	23	30	07,3	+00	33	59	62,5965
17 V	18	44	0	48	7	25	00	14	17,3	+06	08	23	62,1539
18 S	19	09	1	31	8	30	01	00	01,5	+11	33	13	61,6666
19 D	19	39	2	17	9	36	01	48	12,7	+16	34	17	61,1433
20 L	20	15	3	06	10	44	02	39	36,2	+20	55	21	60,5900
21 M	21	00	4	00	11	52	03	34	37,2	+24	18	29	60,0113
22 M	21	56	4	57	12	57	04	33	06,1	+26	25	25	59,4161
23 J	23	01	5	57	13	55	05	34	06,6	+27	00	39	58,8189
24 V	**	**	6	57	14	45	06	36	03,6	+25	55	21	58,2450
25 S	0	14	7	56	15	26	07	37	13,3	+23	10	19	57,7297
26 D	1	30	8	52	16	01	08	36	19,7	+18	56	16	57,3173
27 L	2	48	9	46	16	31	09	32	54,5	+13	31	25	57,0546
28 M	4	04	10	38	16	58	10	27	13,8	+07	18	31	56,9840
29 M	5	19	11	28	17	25	11	20	02,1	+00	42	09	57,1332
30 J	6	33	12	18	17	52	12	12	15,6	−05	53	00	57,5078

Cuarto creciente	$7^d18^h31^m$
Luna llena	$15^d23^h03^m$
Cuarto menguante	$23^d10^h21^m$
Luna nueva	$30^d02^h36^m$

Apogeo	11^d24^h
Perigeo	27^d20^h

LUNA Octubre 2027

Día	En Madrid (TU) Orto		Culmin.		Ocaso		a 0^h de TU Asc. Recta			Declinación			Distancia
	h	*m*	*h*	*m*	*h*	*m*	*h*	*m*	*s*	°	′	″	$\mathcal{R}_\oplus$
1 V	7	47	13	09	18	21	13	04	48,7	−12	03	29	58,0888
2 S	9	00	14	01	18	55	13	58	23,3	−17	28	11	58,8327
3 D	10	10	14	54	19	33	14	53	18,0	−21	49	27	59,6788
4 L	11	16	15	49	20	18	15	49	21,2	−24	54	18	60,5576
5 M	12	16	16	43	21	10	16	45	50,3	−26	35	33	61,4001
6 M	13	06	17	36	22	07	17	41	43,3	−26	52	19	62,1450
7 J	13	49	18	26	23	07	18	35	58,2	−25	49	27	62,7438
8 V	14	24	19	14	**	**	19	27	52,4	−23	35	52	63,1639
9 S	14	53	19	58	0	08	20	17	11,3	−20	22	27	63,3891
10 D	15	19	20	41	1	10	21	04	07,0	−16	20	20	63,4191
11 L	15	42	21	22	2	11	21	49	10,7	−11	40	05	63,2678
12 M	16	03	22	03	3	11	22	33	05,7	−06	31	40	62,9610
13 M	16	25	22	44	4	12	23	16	42,2	−01	04	58	62,5323
14 J	16	47	23	27	5	14	00	00	54,3	+04	29	26	62,0200
15 V	17	13	**	**	6	19	00	46	37,8	+09	59	23	61,4630
16 S	17	42	0	13	7	25	01	34	47,1	+15	10	30	60,8961
17 D	18	17	1	02	8	34	02	26	08,2	+19	45	47	60,3472
18 L	19	00	1	55	9	43	03	21	06,5	+23	26	08	59,8359
19 M	19	52	2	52	10	50	04	19	30,9	+25	52	15	59,3724
20 M	20	54	3	51	11	50	05	20	22,5	+26	48	03	58,9608
21 J	22	04	4	52	12	42	06	22	02,6	+26	04	47	58,6015
22 V	23	18	5	50	13	25	07	22	44,5	+23	43	41	58,2959
23 S	**	**	6	46	14	01	08	21	11,2	+19	55	25	58,0503
24 D	0	33	7	39	14	32	09	16	55,0	+14	57	03	57,8777
25 L	1	47	8	29	14	59	10	10	13,6	+09	08	43	57,7972
26 M	3	00	9	18	15	25	11	01	53,5	+02	51	27	57,8319
27 M	4	12	10	07	15	51	11	52	54,6	−03	33	34	58,0027
28 J	5	24	10	57	16	19	12	44	17,0	−09	45	17	58,3219
29 V	6	37	11	48	16	51	13	36	51,3	−15	23	04	58,7887
30 S	7	49	12	41	17	27	14	31	07,8	−20	07	34	59,3851
31 D	8	58	13	36	18	10	15	27	05,7	−23	42	16	60,0770

Cuarto creciente	$7^d11^h47^m$
Luna llena	$15^d13^h47^m$
Cuarto menguante	$22^d17^h29^m$
Luna nueva	$29^d13^h36^m$

Apogeo	9^d16^h
Perigeo	25^d05^h

LUNA Noviembre 2027

Día	En Madrid (TU) Orto		Culmin.		Ocaso		a 0^h de TU Asc. Recta			Declinación			Distancia
	h	*m*	*h*	*m*	*h*	*m*	*h*	*m*	*s*	°	′	″	$\mathcal{R}_\oplus$
1 L	10	01	14	31	18	59	16	24	07,7	−25	55	32	60,8161
2 M	10	56	15	25	19	55	17	21	06,9	−26	42	34	61,5469
3 M	11	43	16	17	20	55	18	16	46,8	−26	05	49	62,2131
4 J	12	21	17	06	21	56	19	10	06,9	−24	13	42	62,7621
5 V	12	53	17	52	22	58	20	00	38,1	−21	17	49	63,1515
6 S	13	20	18	36	23	59	20	48	24,5	−17	30	32	63,3518
7 D	13	43	19	17	**	**	21	33	54,9	−13	03	19	63,3487
8 L	14	06	19	58	0	59	22	17	54,0	−08	06	17	63,1435
9 M	14	27	20	38	1	59	23	01	15,2	−02	48	41	62,7537
10 M	14	49	21	20	3	00	23	44	56,5	+02	40	12	62,2109
11 J	15	13	22	05	4	03	00	29	59,1	+08	09	54	61,5591
12 V	15	41	22	53	5	09	01	17	24,3	+13	27	33	60,8494
13 S	16	14	23	46	6	17	02	08	07,9	+18	16	56	60,1368
14 D	16	55	**	**	7	28	03	02	47,9	+22	18	21	59,4731
15 L	17	45	0	42	8	37	04	01	25,9	+25	10	10	58,9019
16 M	18	46	1	43	9	41	05	03	08,6	+26	32	35	58,4525
17 M	19	55	2	44	10	37	06	06	09,1	+26	13	17	58,1394
18 J	21	09	3	45	11	24	07	08	19,6	+24	11	36	57,9612
19 V	22	24	4	42	12	02	08	07	59,9	+20	38	36	57,9051
20 S	23	38	5	36	12	34	09	04	26,8	+15	53	13	57,9520
21 D	**	**	6	26	13	02	09	57	51,9	+10	17	09	58,0831
22 L	0	50	7	15	13	28	10	49	03,2	+04	11	45	58,2839
23 M	2	00	8	02	13	54	11	39	04,8	−02	03	11	58,5471
24 M	3	10	8	50	14	20	12	29	03,8	−08	09	03	58,8712
25 J	4	21	9	39	14	49	13	20	00,4	−13	47	56	59,2587
26 V	5	32	10	31	15	23	14	12	38,7	−18	42	16	59,7109
27 S	6	41	11	24	16	03	15	07	16,0	−22	35	33	60,2246
28 D	7	46	12	19	16	49	16	03	33,2	−25	14	01	60,7875
29 L	8	45	13	14	17	43	17	00	34,0	−26	29	03	61,3767
30 M	9	35	14	07	18	42	17	56	58,7	−26	19	07	61,9604

Cuarto creciente	$6^d08^h00^m$
Luna llena	$14^d03^h26^m$
Cuarto menguante	$21^d00^h48^m$
Luna nueva	$28^d03^h24^m$

Apogeo	6^d12^h
Perigeo	19^d00^h

LUNA Diciembre 2027

Día	En Madrid (TU) Orto		Culmin.		Ocaso		a 0^h de TU Asc. Recta			Declinación			Distancia
	h	*m*	*h*	*m*	*h*	*m*	*h*	*m*	*s*	°	′	″	$\mathcal{R}_\oplus$
1 M	10	17	14	58	19	43	18	51	30,7	−24	49	51	62,4997
2 J	10	51	15	45	20	45	19	43	20,0	−22	12	03	62,9521
3 V	11	20	16	30	21	46	20	32	12,8	−18	38	48	63,2765
4 S	11	45	17	12	22	47	21	18	26,6	−14	22	57	63,4379
5 D	12	07	17	52	23	46	22	02	40,5	−09	35	54	63,4104
6 L	12	29	18	32	**	**	22	45	45,9	−04	27	27	63,1817
7 M	12	50	19	13	0	46	23	28	41,2	+00	53	33	62,7542
8 M	13	13	19	56	1	47	00	12	29,2	+06	18	06	62,1467
9 J	13	39	20	41	2	50	00	58	15,6	+11	35	43	61,3952
10 V	14	09	21	31	3	57	01	47	05,8	+16	32	60	60,5508
11 S	14	46	22	26	5	06	02	39	55,7	+20	52	30	59,6767
12 D	15	32	23	26	6	17	03	37	14,7	+24	12	51	58,8424
13 L	16	30	**	**	7	25	04	38	40,8	+26	11	11	58,1167
14 M	17	38	0	29	8	26	05	42	45,4	+26	28	43	57,5575
15 M	18	53	1	32	9	18	06	47	09,9	+24	57	34	57,2043
16 J	20	10	2	33	10	00	07	49	37,8	+21	44	27	57,0722
17 V	21	27	3	30	10	35	08	48	46,2	+17	08	16	57,1517
18 S	22	41	4	23	11	05	09	44	20,1	+11	33	55	57,4128
19 D	23	52	5	12	11	32	10	36	55,8	+05	26	36	57,8127
20 L	**	**	6	00	11	58	11	27	35,7	−00	51	04	58,3060
21 M	1	02	6	48	12	24	12	17	29,8	−06	59	35	58,8510
22 M	2	12	7	36	12	52	13	07	44,1	−12	41	54	59,4163
23 J	3	22	8	26	13	23	13	59	11,7	−17	42	21	59,9809
24 V	4	30	9	18	14	00	14	52	24,0	−21	46	25	60,5339
25 S	5	36	10	11	14	44	15	47	21,0	−24	41	13	61,0699
26 D	6	36	11	05	15	34	16	43	26,5	−26	17	18	61,5859
27 L	7	29	11	59	16	31	17	39	33,9	−26	30	34	62,0768
28 M	8	13	12	51	17	31	18	34	26,8	−25	23	30	62,5332
29 M	8	50	13	39	18	34	19	27	03,8	−23	04	27	62,9380
30 J	9	21	14	25	19	35	20	16	53,7	−19	45	33	63,2692
31 V	9	47	15	08	20	36	21	03	58,5	−15	40	04	63,4993

Cuarto creciente	$6^d05^h22^m$
Luna llena	$13^d16^h09^m$
Cuarto menguante	$20^d09^h11^m$
Luna nueva	$27^d20^h12^m$

Apogeo	4^d09^h
Perigeo	16^d03^h

4.9. Ortos, ocasos y pasos de la Luna por el meridiano

Cálculo del orto y ocaso de la Luna

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

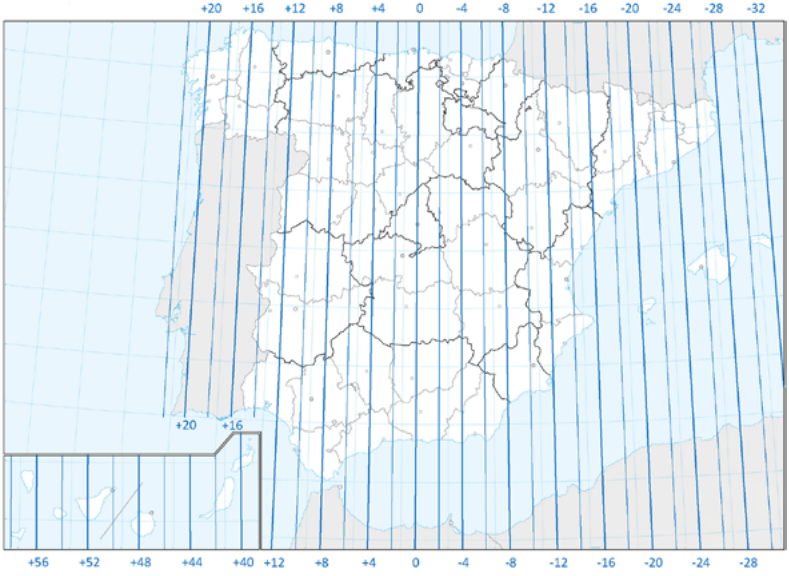
Para conocer el instante de salida o de puesta de la Luna en otro lugar de España es necesario aplicar dos correcciones, una debida a la diferente latitud y otra debida a la diferente longitud. Puede ocurrir que, hechas tales correcciones, el fenómeno tenga lugar el día anterior o el posterior.

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

Ciudad	Correc.	Lat.	Ciudad	Correc.	Lat.
Albacete	-7^m	39°	Alicante/Alacant	-13^m	38º5
Almería	-5^m	37°	Ávila	$+4^m$	40º5
Badajoz	$+13^m$	39°	Barcelona	-23^m	41º5
Bilbao	-3^m	43°	Burgos	0^m	42º5
Cáceres	$+11^m$	39º5	Cádiz	$+10^m$	36º5
Castelló de la Plana	-15^m	40°	Ceuta	$+6^m$	36°
Ciudad Real	$+1^m$	39°	Córdoba	$+4^m$	38°
Coruña, A	$+19^m$	43º5	Cuenca	-6^m	40°
Donostia-San Sebastián	-7^m	43º5	Girona	-26^m	42°
Granada	0^m	37°	Guadalajara	-2^m	40º5
Huelva	$+13^m$	37°	Huesca	-13^m	42°
Jaén	0^m	38°	León	$+8^m$	42º5
Logroño	-5^m	42º5	Lugo	$+15^m$	43°
Lleida	-17^m	41º5	Madrid	0^m	40º5
Málaga	$+3^m$	36º5	Melilla	-3^m	35º5
Murcia	-10^m	38°	Ourense	$+17^m$	42º5

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.
Oviedo	$+9^m$	43°5	Palencia	$+3^m$	42°
Palma de Mallorca	-25^m	39°5	Palmas de G. C., Las	$+47^m$	28°
Pamplona/Iruña	-8^m	43°	Pontevedra	$+20^m$	42°5
Salamanca	$+8^m$	41°	Santa Cruz de Tenerife	$+50^m$	28°5
Santander	0^m	43°5	Segovia	$+2^m$	41°
Sevilla	$+9^m$	37°5	Soria	-5^m	42°
Tarragona	-20^m	41°	Teruel	-10^m	40°5
Toledo	$+1^m$	40°	València	-13^m	39°5
Valladolid	$+4^m$	41°5	Vitoria-Gasteiz	-4^m	43°
Zamora	$+8^m$	41°5	Zaragoza	-11^m	41°5



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 tabla anterior.

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

δ	Latitud, ϕ										
(°)	28°	32°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°	44°
–30	–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

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 3º en declinación en la tabla anterior. El paralelo 28º corresponde a las Canarias.

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

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 Tarragona (latitud 41,°0) el día 22 de agosto, en que su declinación media es de +15° y el horario oficial es el de verano:

orto = $21^h04^m + (-20)^m + (-1^m) = 20^h43^m$ TU = 22^h43^m TO

ocaso = $10^h37^m + (-20)^m - (-1^m) = 10^h18^m$ TU = 12^h18^m TO

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

En un lugar de longitud λ_E (positiva al este de Greenwich):

orto = orto en Madrid – 15^m – λ_E + corrección por latitud

ocaso = ocaso en Madrid – 15^m – λ_E – corrección por latitud

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 λ_E , el instante de paso (por el sur) será:

paso meridiano = paso meridiano Madrid – 1,036 ($14^m45^s + \lambda_E$)

Si se desea obtener el instante de paso del borde anterior o del posterior, hay que realizar una corrección adicional, para tener en cuenta el tiempo de paso del semidiámetro. Este puede obtenerse de manera aproximada a partir de la distancia $r_{☾}$ (expresada en radios terrestres), o bien del semidiámetro $s_{☾}$ o de la paralaje $\pi_{☾}$ (expresados en minutos de arco) mediante las expresiones:

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

Los pasos por los bordes anterior y posterior serán:

$$\text{paso borde anterior} = \text{paso centro} - \text{paso semidiámetro}$$
$$\text{paso borde posterior} = \text{paso centro} + \text{paso semidiámetro}$$

4.10. 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 esta alrededor de la Tierra. El cambio de apariencia da lugar a las denominadas fases lunares o fases de la Luna.

Fases de la Luna en 2027

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	07 20 24	Ene	15 20 34	Ene	22 12 17	Ene	29 10 56
Feb	06 15 56	Feb	14 07 58	Feb	20 23 24	Feb	28 05 17
Mar	08 09 30	Mar	15 16 25	Mar	22 10 44	Mar	30 00 54
Abr	06 23 51	Abr	13 22 57	Abr	20 22 27	Abr	28 20 18
May	06 10 59	May	13 04 44	May	20 10 59	May	28 13 58
Jun	04 19 40	Jun	11 10 56	Jun	19 00 45	Jun	27 04 54
Jul	04 03 02	Jul	10 18 39	Jul	18 15 45	Jul	26 16 55
Ago	02 10 05	Ago	09 04 54	Ago	17 07 29	Ago	25 02 27
Ago	31 17 41	Sep	07 18 31	Sep	15 23 03	Sep	23 10 21
Sep	30 02 36	Oct	07 11 47	Oct	15 13 47	Oct	22 17 29
Oct	29 13 36	Nov	06 08 00	Nov	14 03 26	Nov	21 00 48
Nov	28 03 24	Dic	06 05 22	Dic	13 16 09	Dic	20 09 11
Dic	27 20 12						

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 180º se denomina *luna llena* o *plenilunio* y cuando difieren en 90º o 270º 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.

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.

4.11. Perigeos y apogeos

Se dice que la Luna se encuentra en el *perigeo* cuando su distancia a la Tierra en una órbita dada es mínima. Cuando es máxima se habla de *apogeo*. En la siguiente tabla figuran los instantes aproximados de paso de la Luna por el perigeo y por el apogeo a lo largo del presente año.

Luna en el perigeo

fecha y hora			distancia
mes	*día*	*h*	km
Ene	21	22	357288
Feb	19	8	361030
Mar	19	5	366461
Abr	14	1	370041
May	9	20	366657
Jun	6	15	361717
Jul	4	21	358289
Ago	2	6	357359
Ago	30	16	359196
Sep	27	20	363434
Oct	25	5	368620
Nov	19	0	369326
Dic	16	3	364008

Luna en el apogeo

fecha y hora			distancia
mes	*día*	*h*	km
Ene	7	8	406603
Feb	3	14	406167
Mar	3	6	405183
Mar	31	2	404288
Abr	27	21	404129
May	25	15	404766
Jun	22	5	405675
Jul	19	12	406209
Ago	15	14	406098
Sep	11	24	405411
Oct	9	16	404568
Nov	6	12	404222
Dic	4	9	404698

Valores extremos en los siglos XX y XXI

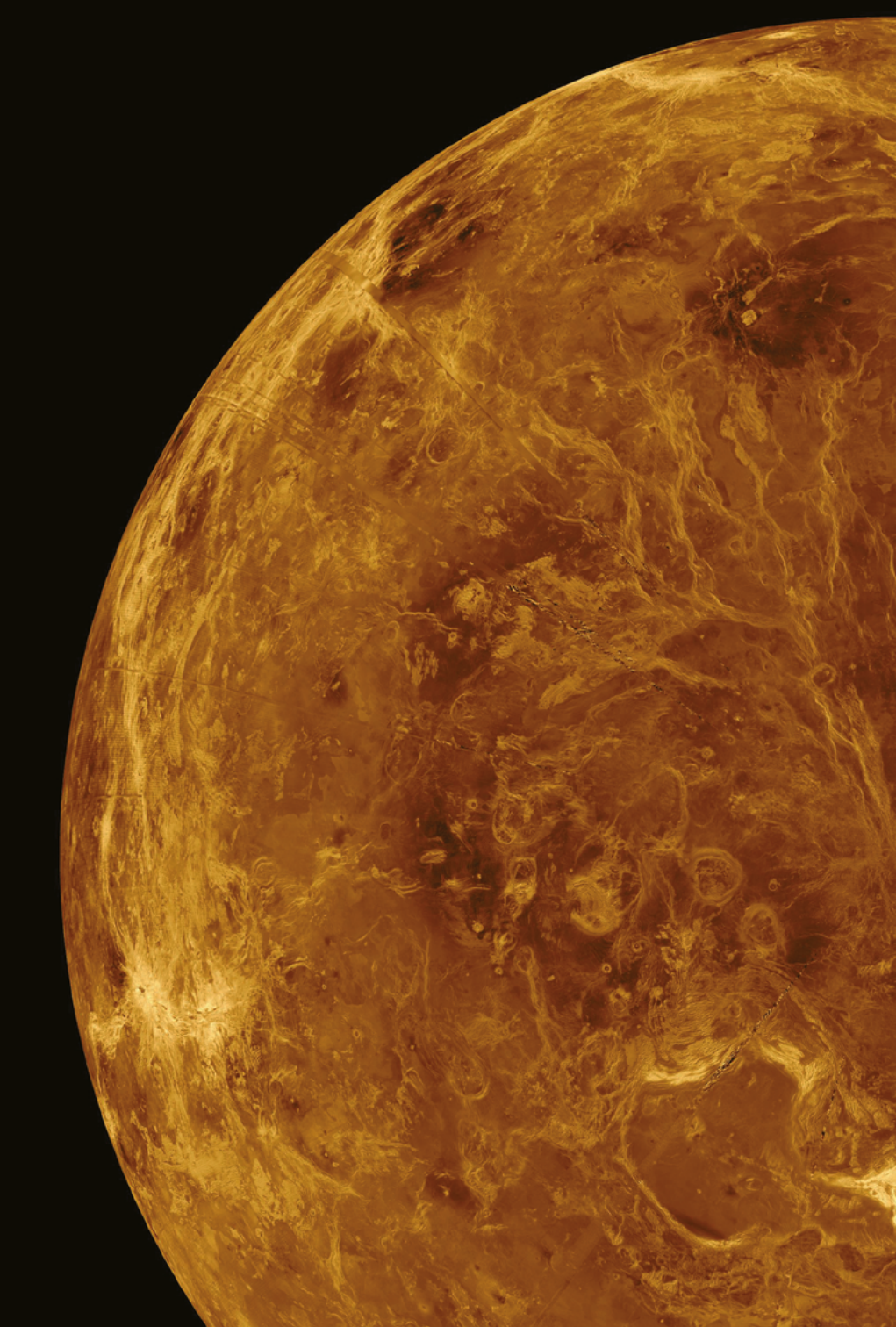
Intervalos menor y mayor entre lunas nuevas consecutivas:
$29^{d}{,}274$ y $29^{d}{,}829$

Intervalos menor y mayor entre perigeos sucesivos:
$24^{d}{,}65$ y $28^{d}{,}54$

Intervalos menor y mayor entre dos apogeos sucesivos:
$26^{d}{,}98$ y $27^{d}{,}90$

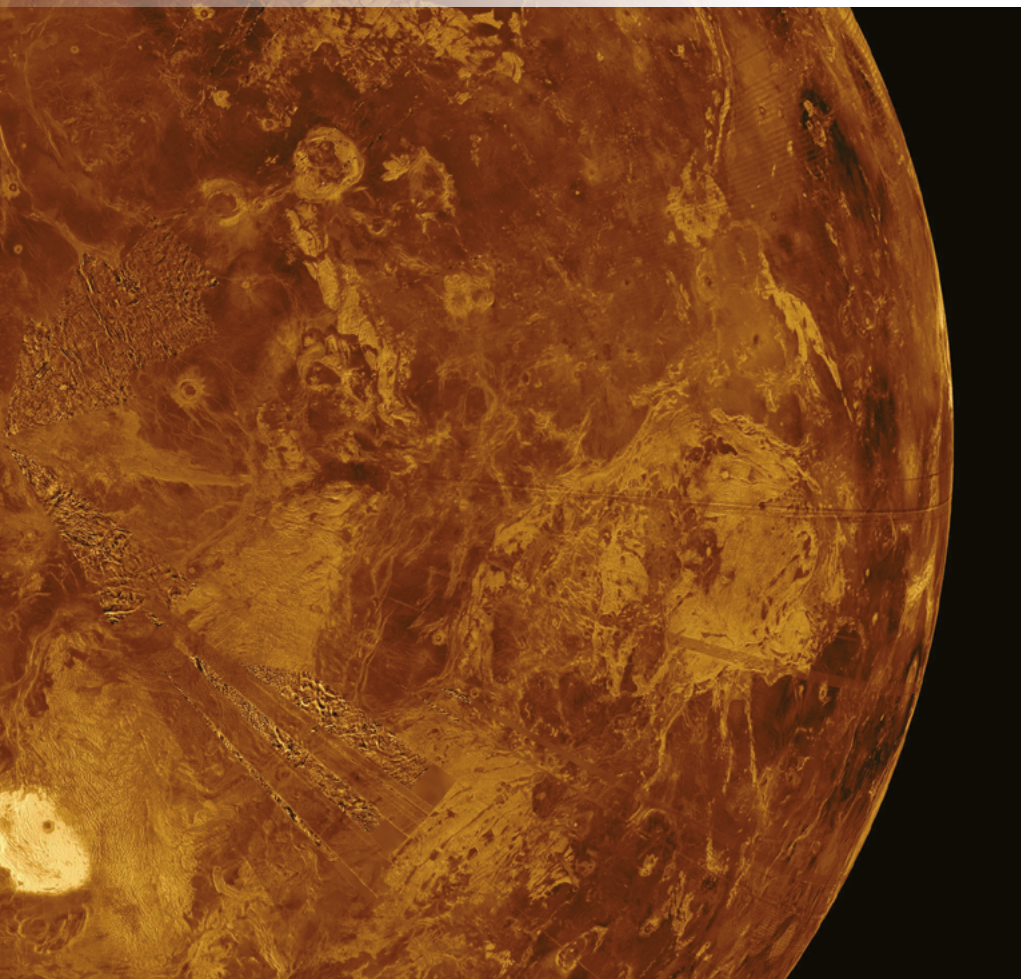
Valores extremos entre los que varía el perigeo lunar:
356 375 y 370 350 km

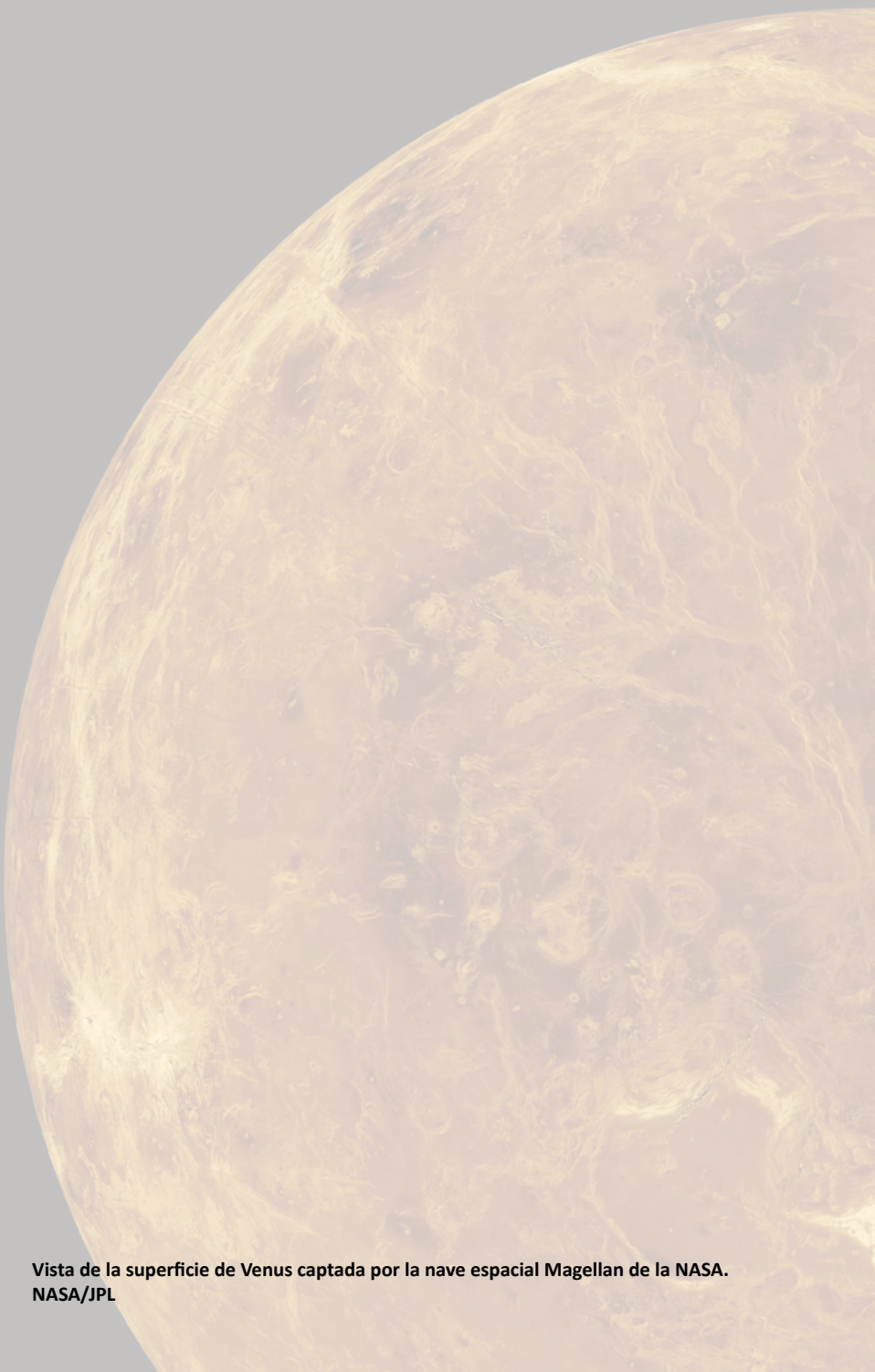
Valores extremos entre los que varía el apogeo lunar:
404 050 y 406 712 km



CAPÍTULO 5

Planetas y satélites





Vista de la superficie de Venus captada por la nave espacial Magellan de la NASA.
NASA/JPL

Vivimos en un sistema multiplanetario, con nada menos que otros siete planetas, además del nuestro, orbitando en torno al Sol. Considerando la distancia a nuestra estrella, y de más cercano a más lejano, los ocho planetas del sistema solar son Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. Entre ellos existe una importante variedad de características y propiedades, que hace que compongan un conjunto de enorme belleza e interés científico.

Atendiendo a su composición, los planetas del sistema solar se dividen en dos grandes grupos. En primer lugar tenemos los planetas terrestres, compuestos principalmente de materia sólida. Sus órbitas son las más cercanas al Sol, estando todas situadas en la zona interior de la órbita definida por el cinturón de asteroides. Son Mercurio, Venus, la Tierra y Marte. También entre ellos existe una gran diversidad. Mercurio, el de menor tamaño de todos, con la órbita más pequeña y más rápida, no tiene prácticamente atmósfera y es a grandes rasgos una densa bola rocosa que, al no tener atmósfera y estar tan cerca del Sol, tiene fortísimos contrastes térmicos entre los valores diurnos y nocturnos. Venus es el planeta gemelo en tamaño de la Tierra, pero con una atmósfera muy densa y con una composición química rica en dióxido de carbono y ácido sulfúrico, por lo que sufre un fortísimo efecto invernadero que le hace alcanzar las temperaturas más altas en superficie del sistema solar, convirtiéndolo en inhabitable para el ser humano. La Tierra, muy bien conocida para nosotros, es el único planeta donde se equilibran todos los factores para posibilitar el desarrollo de la vida tal como la conocemos. Y Marte, el planeta rojo, es a día de hoy yermo pero cuenta con casquetes polares de hielo y con señales de haber tenido agua líquida en superficie en el pasado. Se considera posible que albergue agua subterránea actualmente, por lo que es uno de los puntos donde se están buscando posibles rastros presentes o pasados de vida.

El segundo grupo lo componen los planetas gaseosos: Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. Son cuerpos gaseosos, mucho más grandes que los planetas terrestres, y con órbitas más externas. Júpiter es el más grande de todos, compuesto principalmente por hidrógeno y helio con trazas de otros elementos, con una rotación muy rápida. Su superficie se caracteriza por un patrón de franjas nubosas blancas y anaranjadas donde incluso pueden formarse tormentas como la Gran Mancha Roja. Saturno, el segundo en tamaño, se caracteriza por su imponente sistema de anillos (no es el único planeta que los tiene, pero es el caso más destacado), compuestos de fragmentos de roca y hielos. Los llamados gigantes de hielo, Urano y Neptuno, también están compuestos principalmente de hidrógeno y helio, pero con una cierta cantidad de hielos de agua, amoniaco y metano que les dan sus colores azules característicos. Urano presenta la particularidad de tener el eje de rotación más inclinado de todos los planetas, casi paralelo al plano de la eclíptica,

probablemente debido a una colisión en las fases iniciales del sistema solar. En Neptuno se alcanzan las temperaturas más bajas de los planetas del sistema solar, del orden de los −218ºC.

En el cielo nocturno terrestre los planetas han sido y son algunas de las grandes joyas de la observación astronómica. Venus es, de hecho, el objeto más brillante del cielo tras el Sol y la Luna, seguido de Júpiter y Marte. Durante toda su historia la humanidad ha observado aquellos planetas que eran visibles a simple vista (Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno), estudiando sus movimientos y, cuando aún no éramos capaces de dar explicación científica a su existencia, dotándolos de papeles protagonistas en las mitologías de múltiples culturas. De ahí provienen, de hecho, sus nombres. Hubo que esperar hasta tiempos relativamente recientes, con la invención y correspondiente desarrollo de los telescopios, para añadir los últimos dos planetas a la lista: Urano, descubierto por William Herschel en 1781, y Neptuno, predicho por Le Verrier y observado por Galle en 1846.

Los satélites del sistema solar constituyen otro grupo de enorme variedad e interés. Entre los planetas terrestres solo encontramos tres (la Luna en la Tierra, y Fobos y Deimos en Marte), pero entre los planetas gaseosos se cuentan por decenas. Suman unos 455, número que aún aumenta cuando se descubren nuevos cuerpos pequeños orbitando en torno a los planetas gaseosos. Entre ese censo total, al menos 19 tienen masa suficiente como para que la gravedad los haga ser esféricos y estar en equilibrio hidrostático, y por tanto habrían sido planetas o planetas enanos si hubieran orbitado el Sol en vez girar entorno a su planeta correspondiente. Dos de ellos (Ganímedes y Titán) son, de hecho, de mayor tamaño que Mercurio. Estos satélites de gran tamaño tienen un interés científico análogo al de los planetas, y son el objeto de estudio de algunas de las más importantes misiones espaciales del presente y el futuro inmediato. Mención especial merecen los cuatro satélites galileanos, que orbitan en torno a Júpiter: Ío, el cuerpo con mayor actividad volcánica del sistema solar; Europa, cubierto de hielo y con probable agua subterránea donde se investiga la posible presencia de vida; Ganímedes, el más grande y el único con magnetosfera, y Calisto, que también puede tener agua líquida bajo superficie. También es un caso de gran interés Titán, en Saturno, por ser el único satélite con atmósfera densa y el único otro cuerpo en el sistema solar (aparte de la Tierra) con masas líquidas en superficie, aunque en su caso de hidrocarburos, no de agua. Encélado, también en Saturno, es una luna pequeña cubierta de hielo que está expulsando vapor de agua al espacio mediante géiseres, lo que indica la presencia de agua líquida subterránea con posible actividad hidrotermal. Junto con sus compañeros, estos satélites nos proporcionan información clave sobre el sistema solar, su origen, y el desarrollo de la vida en el espacio.

5.1. Datos planetarios

Sistema planetario

Número de planetas conocidos: 8
Masa total de los planetas: $2{,}669\ 10^{27}$ kg
$= 447\ \mathcal{M}_\oplus = \mathcal{M}_\odot\ /745$
Número de satélites conocidos: 455
Masa total de los satélites: $6{,}2\ 10^{23}$ kg $= 0{,}10\ \mathcal{M}_\oplus$
Coordenadas del polo norte
del plano invariable del sistema solar:
$\alpha = 18^h15^m24^s$, $\delta = 66^\circ59'$ (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: $1\ \mathcal{M}_\oplus = 5{,}9724\ 10^{24}$ kg
y la masa del Sol es: $1\ \mathcal{M}_\odot = 1{,}988547\ 10^{30}$ kg $= 333\ 000\ \mathcal{M}_\oplus$
Const. gravit. geocén.: $G\mathcal{M}_\oplus = 398\ 600{,}4418$ km^3 s^{-2}
El radio de la Tierra es: $1\ \mathcal{R}_\oplus = 6378{,}1366$ km (ecuatorial)
La distancia Tierra–Sol es: 1 ua = 149 597 871 km = 8,317 minutos luz
La velocidad de la luz es: $c = 299\ 792{,}458$ km/s = 173,145 ua/día
de donde se deduce que: 1 ua/día = 1731,457 km/s = 6 233 245 km/h

La constante gravitatoria de Newton expresada en diversas unidades es:

$$\begin{aligned} G &= k^2 = 2{,}959122083\ 10^{-4}\ (\text{ua})^3\ (\mathcal{M}_\odot)^{-1}\ (\text{día})^{-2} \\ &= 4\ \pi^2\ (\text{ua})^3\ (\mathcal{M}_\odot)^{-1}\ (\text{años})^{-2} \\ &= 887\ \text{ua}\ (\mathcal{M}_\odot)^{-1}\ (\text{km/s})^2 \\ &= 4{,}302\ 10^{-3}\ \text{pc}\ (\mathcal{M}_\odot)^{-1}\ (\text{km/s})^2 \\ &= 6{,}674\ 10^{-11}\ \text{m}^3\ \text{kg}^{-1}\ \text{s}^{-2} \\ &= 6{,}674\ 10^{-8}\ \text{cm}^3\ \text{g}^{-1}\ \text{s}^{-2} \end{aligned}$$

Elementos orbitales

En las páginas siguientes figuran los elementos orbitales de los planetas referidos al equinoccio y eclíptica medios J2000.0. Algunos valores, como el del semieje mayor y de la excentricidad de la órbita sufren variaciones debido a las perturbaciones planetarias, siendo especialmente importantes para los planetas exteriores a Júpiter. Cuando alguna magnitud se expresa en *años* se refiere a años julianos. Para tenerla en días basta multiplicar por 365,25. Un *día* corresponde a exactamente 86 400 segundos.

Los elementos que caracterizan una órbita son:

T = instante de paso por el perihelio,
a = semieje mayor de la órbita,
e = excentricidad,
ω = argumento del perihelio,
Ω = longitud del nodo ascendente,
i = inclinación de la órbita respecto de la eclíptica.

Las distancias al Sol mínima (distancia perihélica, q) y máxima (distancia afélica, Q) vienen dadas por:

$$q = a\,(1 - e) \;\; y \;\; Q = a\,(1 + e)$$

El periodo de revolución, expresado en años, se calcula mediante: $P = a^{3/2}$. El movimiento medio, expresado en grados por día, se obtiene mediante: $n = 0{,}98561/P$. Las velocidades orbitales mínima (en el afelio, V_m), máxima (en el perihelio, V_M) y media (V_{media}) de una órbita elíptica vienen dadas, expresadas en km/s, por:

$$V_m = V_{media} \sqrt{\frac{1 - e}{1 + e}}$$

$$V_M = V_{media} \sqrt{\frac{1 + e}{1 - e}}$$

$$V_{media} = \frac{29{,}7847}{\sqrt{a}}$$

El periodo sinódico (P_{sin}) de un planeta se puede calcular a partir de su periodo orbital P y del de la Tierra P_{Tierra}:

$$P_{sin} = \left(\frac{1}{P_{Tierra}} - \frac{1}{P} \right)^{-1}$$

Elementos orbitales (J2000.0)

Planeta	inclinación i	longitud del nodo, Ω	longitud del perihelio, ϖ	longitud media, L
Mercurio	7º,005	48º,332	77º,456	252º,251
Venus	3º,395	76º,681	131º,533	181º,980
Tierra	0º,000	0º,000	102º,947	100º,464
Marte	1º,851	49º,579	336º,041	355º,453
Júpiter	1º,305	100º,556	14º,754	34º,404
Saturno	2º,484	113º,715	92º,432	49º,944
Urano	0º,770	74º,230	170º,964	313º,232
Neptuno	1º,769	131º,722	44º,971	304º,880

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

Distancias orbitales (J2000.0)

	semieje mayor, a		excentri-	distancias (ua)	
Planeta	ua	10^6 km	cidad, e	q, mínima	Q, máxima
Mercurio	0,387099	57,91	0,20563	0,3075	0,4667
Venus	0,723332	108,21	0,00677	0,7184	0,7282
Tierra	1,000000	149,60	0,01671	0,9833	1,0167
Marte	1,523662	227,92	0,09341	1,3814	1,6660
Júpiter	5,203363	778,57	0,04839	4,9503	5,4549
Saturno	9,537070	1433,53	0,05415	9,0418	10,1235
Urano	19,191264	2872,46	0,04727	18,3257	20,0775
Neptuno	30,068963	4495,06	0,00859	29,7112	30,3852

Traslación (J2000.0)

Planeta	periodo orbital P (años)	movimiento medio diario n	velocidad orbital media V (km/s)	periodo sinódico medio (días)
Mercurio	0,240847	4º,092377	47,873	115,878
Venus	0,615197	1º,602169	35,021	583,921
Tierra	1,000017	0º,985647	29,786	
Marte	1,880848	0º,524071	24,131	779,936
Júpiter	11,862615	0º,083129	13,070	398,884
Saturno	29,447498	0º,033498	9,672	378,092
Urano	84,016846	0º,011769	6,835	369,656
Neptuno	164,79132	0º,006020	5,478	367,487

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

Otros datos referidos a la órbita

	distancia a la Tierra (10^6 km)		diámetro aparente desde la Tierra		diámetro medio del Sol visto desde el planeta
Planeta	máxima	mínima	mínimo	máximo	
Mercurio	221,9	77,3	4″,5	13″,0	4958″
Venus	261,0	38,2	9″,7	66″,0	2653″
Tierra					1919″
Marte	401,3	55,7	3″,5	25″,1	1260″
Júpiter	968,1	588,5	29″,8	49″,0	369″
Saturno	1658,5	1195,5	14″,5	20″,1	201″
Urano	3157,3	2581,9	3″,3	4″,1	100″
Neptuno	4687,3	4305,9	2″,2	2″,4	64″

Rotación

Planeta	periodo sidéreo (días)	velocidad de rotación en el ecuador (km/s)	día solar medio (días)	inclinación del ecuador a la órbita
Mercurio	$58^{d}\ 15^{h}\ 30^{m},5$	0,0030	175,942	0°,01
Venus	$243^{d}\ 16^{h}\ 33^{m},5$ Retr.	0,0018	R 116,750	177°,36
Tierra	$23^{h}\ 56^{m}\ 04^{s},099$	0,4651	1,000	23°,45
Marte	$24^{h}\ 37^{m}\ 22^{s},663$	0,2408	1,027	25°,19
Júpiter	$09^{h}\ 55^{m}\ 29^{s},7$	12,5720	0,414	3°,13
Saturno	$10^{h}\ 39^{m}\ 22^{s},4$	10,0179	0,444	26°,73
Urano	$17^{h}\ 14^{m},4$ Retr.	2,5875	R 0,718	97°,77
Neptuno	$16^{h}\ 06^{m},6$	2,6829	0,671	28°,32

Parámetros de las coordenadas planetográficas

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

Siendo $d = DJ$ 2 451 545 y $T = d/36\,525$. 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 W m^{-2} = 1,95 cal min^{-1} cm^{-2}.
Corresponde a la cantidad de energía que se recibe del Sol por unidad de tiempo y de superficie, en el exterior de la atmósfera.

Datos físicos

Tamaño

Planeta	radio ecuat. en $\mathcal{R}_\oplus$	diámetro ecuator. en km	diámetro polar en km	achata-miento, f	tamaño angular a 1 ua	volumen Tierra=1 ($\approx 10^{12}$ km^3)
Mercurio	0,383	4881,6	= ecuat.	~0	6″,73	0,0562
Venus	0,949	12103,6	= ecuat.	~0	16″,69	0,8571
Tierra	1,000	12756,3	12713,5	0,0033528	17″,59	1,0000
Marte	0,532	6792,4	6752,4	0,0058860	9″,37	0,1506
Júpiter	11,209	142984	133708	0,0648744	197″,15	1321
Saturno	9,449	120536	108728	0,0979624	166″,19	764
Urano	4,007	51118	49946	0,0229273	70″,48	63
Neptuno	3,883	49528	48682	0,0171	68″,29	58

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

Masa

Planeta	masa, M_P ($\mathcal{M}_\oplus$)	densidad media (g cm^{-3})	gravedad superf. ecu. (m s^{-2})	constante gravit., GM_P (10^{15}m^{3}s^{-2})
Mercurio	0,0553	5,43	3,70	0,022032
Venus	0,8150	5,24	8,87	0,324858
Tierra	1,0000	5,51	9,80	0,398600
Marte	0,1074	3,93	3,71	0,042828
Júpiter	317,83	1,33	24,79	126,713
Saturno	95,16	0,69	10,44	37,941
Urano	14,54	1,27	8,87	5,794550
Neptuno	17,15	1,64	11,15	6,837

Parámetros dinámicos

Planeta	momento de inercia ($I/M_pR_p^2$)	J_2 (10^{-6})	velocidad de escape ecuatorial (km s^{-1})	aceleración centrífuga ecuatorial (m s^{-2})
Mercurio	0,33	60	4,25	9,50 10^{-8}
Venus	0,33	4,458	10,36	1,37 10^{-8}
Tierra	0,3308	1082,63	11,186	8,59 10^{-4}
Marte	0,366	1960,45	5,03	4,32 10^{-4}
Júpiter	0,254	14,736	60,2	560,00 10^{-4}
Saturno	0,210	16,298	36,9	409,54 10^{-4}
Urano	0,225	3343,43	21,4	66,35 10^{-4}
Neptuno		3411	23,6	73,62 10^{-4}

J_2 es el achatamiento dinámico del planeta, R_p y M_p son el radio ecuatorial y la masa del planeta respectivamente.

Atmósfera

Planeta	temperatura superficial (º C)	temperatura nubes (º C)	temperatura equil. (º K)	temperatura efectiva (º K)	presión (atm)	gases más abundantes (> 1%)
Mercurio	–170 a 350		634	442,5	$\sim 10^{-15}$	O_2, Na, H_2, He
Venus	460	–33	464	231,7	92	CO_2, N_2
Tierra	15		394	254,3	1	N_2, O_2, (H_2O)
Marte	–55		319	210,1	0,007	CO_2, N_2, Ar
Júpiter		–144	173	110,0		H_2, He
Saturno		–176	128	81,1		H_2, He
Urano		–214	90	58,2		H_2, He, CH_4
Neptuno		–214	72	46,6		H_2, He, CH_4

Temperatura de equilibrio es la máxima que puede alcanzar un cuerpo negro situado donde el planeta y debida exclusivamente a la radiación solar.
Temperatura efectiva es la que describe la emisión del planeta si radiara según la ley de Stefan–Boltzmann de un cuerpo negro.

Magnetosfera

Planeta	campo de fuerza del dipolo (gauss, 10^{-4} tesla)	inclinación del eje del dipolo	momento dipolar (Tierra=1)	Magnetopausa en dirección al Sol (R_p)
Mercurio	0,0033	14º	0,0007	1,5
Venus	< 0,00003		< 0,0004	
Tierra	0,305	10º,8	1	10
Marte	< 0,0003		< 0,0002	
Júpiter	4,28	–9º,6	20 000	80
Saturno	0,22	< 1º	600	20
Urano	0,23	–58º,6	50	20
Neptuno	0,14	–47º	25	25

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

Descubrimiento de planetas

Urano:	13 de marzo de 1781, por Friedrich Wilhelm [(Sir) William] Herschel (1738–1822). Primer planeta descubierto en tiempos históricos y el primero descubierto con un telescopio (de 6,2 pulgadas de apertura y 227 aumentos).
Neptuno:	23 de septiembre 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 septiembre) de Urbain Jean Joseph Le Verrier (1811–1877). Una predicción anterior (septiembre 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.

Fórmulas

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

Anomalía media: $M = L - \varpi$

Anomalía verdadera: $v \simeq M + 2\, e \operatorname{sen} M + 1{,}25\, e^2 \operatorname{sen}(2M)$

Longitud verdadera: $L_v = v + \varpi$

Distancia al Sol :

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

Velocidad de traslación:

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

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

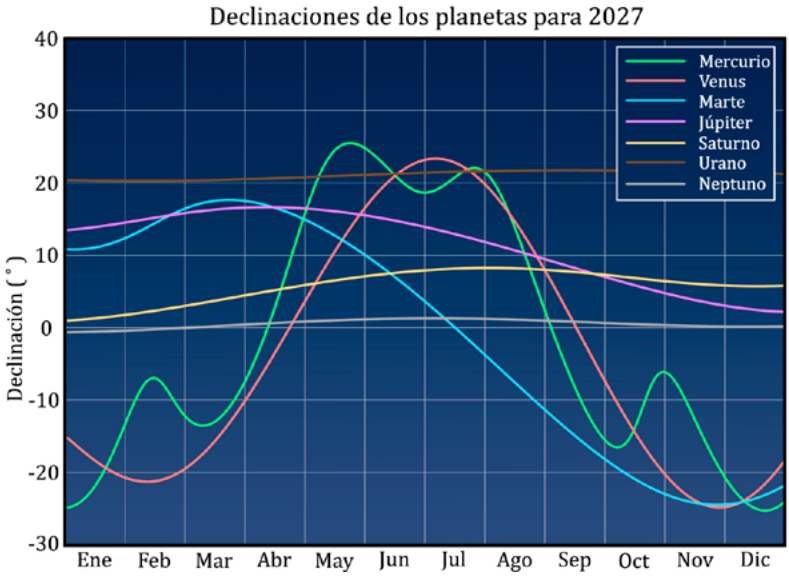
En las fórmulas anteriores a es el semieje mayor (en ua), e es la excentricidad y P el periodo orbital (en años). Unos valores aproximados pueden encontrarse en las tablas de **Elementos orbitales**, aunque se refieran a la época J2000. Valores adecuados para la longitud media $\boldsymbol{L}$ y la longitud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

Planeta	Longitud media L	Longitud del perihelio ϖ
Mercurio	284°,76 + 4°,09234 d	77°,500
Venus	139°,79 + 1°,60213 d	131°,565
Tierra + Luna	99°,07 + 0°,98561 d	103°,026
Marte	122°,66 + 0°,52403 d	336°,182
Júpiter	133°,67 + 0°,08309 d	14°,391
Saturno	20°,01 + 0°,03346 d	93°,213
Urano	69°,73 + 0°,01173 d	173°,030
Neptuno	3°,33 + 0°,00598 d	48°,132

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)



5.2. Efemérides planetarias para el año

En las páginas siguientes figuran las efemérides de los planetas distribuidas en dos tablas y una figura. En esta 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 (ascensión recta y declinación) y la distancia geocéntrica en el instante de la observación, a 0^h de TU cada diez días.

En la segunda de las tablas se da, 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 solo se indican en aquellos casos en que resultan relevantes.

τ es la distancia planeta–Tierra en tiempo luz, expresada en minutos. Se relaciona con la distancia expresada en unidades astronómicas mediante: *distancia* (en ua) = 0,12024 *distancia* (en minutos luz).

D$_{ecu}$ es el diámetro ecuatorial, expresado en segundos de arco. Para un achatamiento *f*, el diámetro polar se calcula mediante:

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

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 solo 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. Solo 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. Solo se da para Mercurio, Venus y Marte, por idéntica razón.

Orientación

L$_P$ es la longitud planetográfica del meridiano central del planeta, siendo este aquel 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.

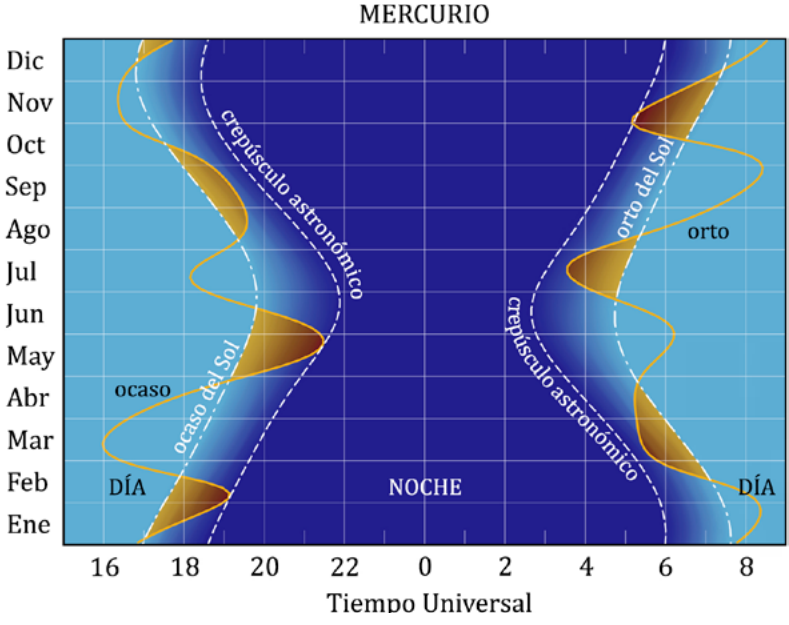
La salida, culminación y ocaso de los planetas vienen dados en Tiempo Universal (TU) y se refieren a Madrid. Las coordenadas ecuatoriales vienen dadas para las 0^h de TU. La distancia a la Tierra viene dada en unidades astronómicas: 1 ua = 149 597 870 700 m

MERCURIO 2027

		en Madrid (TU)						a 0^h deTU						
Mes	día	Orto		Culm.		Ocaso		Asc.recta			Declinación			Distancia
		h	*m*	*h*	*m*	*h*	*m*	*h*	*m*	*s*	º	′	″	ua
Ene.	1	7	47	12	18	16	50	18	43	39	−24	46	54	1,4404
	11	8	10	12	50	17	30	19	54	41	−22	58	27	1,3894
	21	8	22	13	20	18	19	21	4	11	−18	37	1	1,2648
	31	8	18	13	39	19	1	22	3	40	−12	17	25	1,0462
Feb.	10	7	43	13	20	18	58	22	27	43	−7	15	13	0,7766
	20	6	37	12	8	17	39	21	56	41	−8	34	11	0,6387
Mar.	2	5	47	11	6	16	24	21	30	55	−12	25	54	0,7014
	12	5	27	10	43	15	59	21	46	14	−13	26	57	0,8433
	22	5	20	10	44	16	8	22	25	55	−11	29	41	0,9905
Abr.	1	5	17	10	56	16	37	23	17	22	−7	8	13	1,1245
	11	5	15	11	16	17	19	0	16	23	−0	46	26	1,2390
	21	5	15	11	45	18	16	1	23	40	+7	11	3	1,3178
May.	1	5	23	12	24	19	27	2	41	43	+15	46	21	1,3166
	11	5	41	13	9	20	38	4	5	51	+22	34	11	1,1872
	21	6	2	13	42	21	22	5	19	16	+25	27	26	0,9786
	31	6	13	13	50	21	26	6	8	48	+25	0	32	0,7775
Jun.	10	6	2	13	28	20	52	6	27	30	+22	44	41	0,6270
	20	5	21	12	35	19	48	6	15	6	+20	7	3	0,5566
	30	4	25	11	34	18	43	5	53	3	+18	44	44	0,5931
Jul.	10	3	44	10	57	18	11	5	54	1	+19	35	53	0,7352
	20	3	34	10	56	18	19	6	30	44	+21	32	12	0,9535
	30	4	3	11	28	18	52	7	40	31	+21	54	9	1,1873
Ago.	9	5	4	12	14	19	22	9	5	55	+18	21	10	1,3329
	19	6	8	12	52	19	34	10	23	49	+11	43	33	1,3563
	29	7	0	13	17	19	32	11	28	47	+4	8	46	1,3043
Sep.	8	7	40	13	32	19	23	12	24	0	−3	11	30	1,2099
	18	8	11	13	40	19	8	13	11	31	−9	38	40	1,0837
	28	8	26	13	37	18	48	13	49	8	−14	32	31	0,9292
Oct.	8	8	8	13	12	18	17	14	5	38	−16	28	20	0,7619
	18	6	49	12	7	17	27	13	41	27	−12	31	1	0,6645
	28	5	22	11	2	16	43	13	13	20	−6	24	9	0,7925
Nov.	7	5	16	10	51	16	26	13	39	45	−7	59	15	1,0570
	17	5	50	11	6	16	21	14	34	0	−13	27	44	1,2674
	27	6	33	11	29	16	24	15	35	48	−18	51	34	1,3915
Dic.	7	7	16	11	55	16	34	16	41	10	−22	53	2	1,4458
	17	7	54	12	24	16	54	17	49	32	−25	0	24	1,4412
	27	8	24	12	55	17	27	18	59	52	−24	51	23	1,3773

MERCURIO 2027

Fecha		τ min	D_{ecu} ″	V	BS	a.fase º	fase	def.ilu. ″	L_P º	B_P º	P_{PN} º
Ene	1	11,98	4,67	−1,3	1,8	3,8	0,999	0,01	294,8	−3,7	0,1
Ene	21	10,52	5,32	−1,0	2,2	35,0	0,910	0,48	24,4	−5,2	344,1
Feb	10	6,46	8,66	0,7	3,5	124,3	0,218	6,77	124,0	−8,9	336,4
Mar	2	5,83	9,59	1,0	4,0	123,7	0,223	7,46	261,9	−9,2	341,2
Mar	22	8,24	6,79	0,2	3,5	77,1	0,612	2,64	11,7	−5,2	336,8
Abr	11	10,30	5,43	−0,5	2,7	46,8	0,842	0,86	105,0	−2,6	331,7
May	1	10,95	5,11	−2,1	1,2	8,0	0,995	0,02	188,3	−0,8	335,4
May	21	8,14	6,87	−0,1	3,1	84,5	0,548	3,11	273,2	1,4	350,0
Jun	10	5,21	10,73	2,1	4,7	138,4	0,126	9,37	20,7	5,7	358,0
Jun	30	4,93	11,34	3,6	5,3	155,0	0,047	10,81	151,9	9,1	353,8
Jul	20	7,93	7,06	−0,1	3,1	90,2	0,498	3,54	265,6	6,9	358,4
Ago	9	11,09	5,05	−1,9	1,3	9,9	0,993	0,04	351,6	5,3	16,1
Ago	29	10,85	5,16	−0,5	2,6	39,6	0,886	0,59	76,5	5,2	27,0
Sep	18	9,01	6,21	0,0	3,4	67,8	0,689	1,93	170,1	5,2	28,4
Oct	8	6,34	8,83	0,7	3,8	116,1	0,280	6,35	278,0	5,2	26,7
Oct	28	6,59	8,49	0,6	3,4	123,0	0,228	6,55	56,8	2,2	28,3
Nov	17	10,54	5,31	−0,8	2,4	37,9	0,894	0,56	158,7	−0,5	25,1
Dic	7	12,02	4,65	−1,2	1,9	6,0	0,997	0,01	249,9	−2,1	14,2
Dic	27	11,46	4,88	−0,9	2,2	20,4	0,969	0,15	341,0	−3,6	358,1

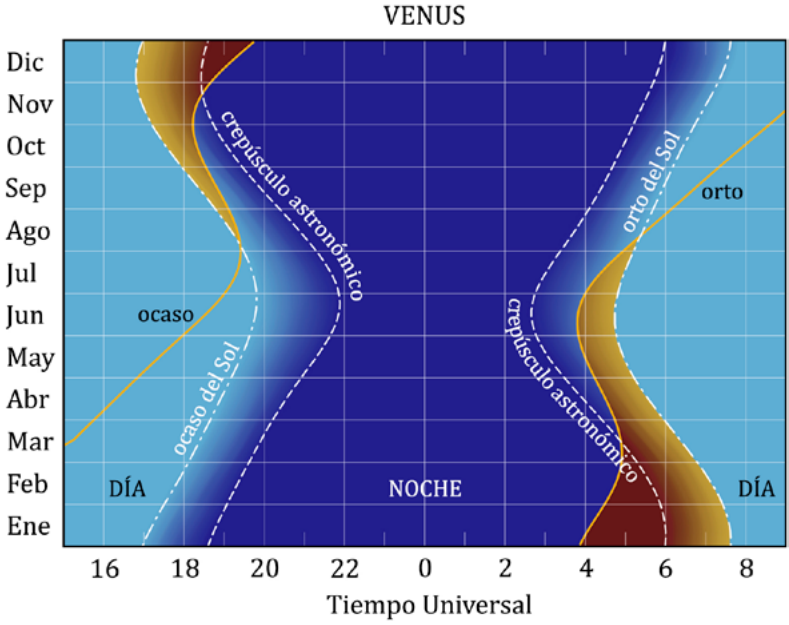


VENUS 2027

Mes	día	en Madrid (TU) Orto h	m	Culm. h	m	Ocaso h	m	a 0^h deTU Asc.recta h	m	s	Declinación °	′	″	Distancia ua
Ene.	1	3	52	9	1	14	10	15	27	55	−15	22	1	0,6534
	11	4	3	9	4	14	4	16	9	51	−17	39	47	0,7294
	21	4	16	9	9	14	2	16	54	53	−19	33	54	0,8049
	31	4	30	9	18	14	5	17	42	24	−20	49	31	0,8796
Feb.	10	4	41	9	27	14	14	18	31	38	−21	15	19	0,9527
	20	4	50	9	38	14	27	19	21	40	−20	44	51	1,0241
Mar.	2	4	54	9	49	14	43	20	11	40	−19	16	29	1,0937
	12	4	55	9	58	15	3	21	0	53	−16	53	19	1,1610
	22	4	51	10	7	15	23	21	48	53	−13	42	24	1,2259
Abr.	1	4	45	10	14	15	44	22	35	36	−9	52	51	1,2883
	11	4	36	10	20	16	5	23	21	14	−5	35	12	1,3478
	21	4	26	10	26	16	27	0	6	9	−1	0	33	1,4042
May.	1	4	15	10	31	16	48	0	50	56	+3	40	6	1,4573
	11	4	5	10	37	17	10	1	36	9	+8	15	32	1,5066
	21	3	56	10	44	17	32	2	22	22	+12	34	12	1,5519
	31	3	50	10	52	17	55	3	10	6	+16	24	32	1,5928
Jun.	10	3	48	11	2	18	17	3	59	36	+19	34	44	1,6289
	20	3	50	11	14	18	39	4	50	53	+21	53	33	1,6599
	30	3	58	11	28	18	57	5	43	34	+23	11	41	1,6857
Jul.	10	4	11	11	42	19	12	6	36	57	+23	22	55	1,7058
	20	4	29	11	55	19	21	7	30	8	+22	25	32	1,7201
	30	4	51	12	8	19	25	8	22	17	+20	22	33	1,7288
Ago.	9	5	14	12	19	19	23	9	12	51	+17	21	9	1,7316
	19	5	38	12	28	19	18	10	1	38	+13	31	29	1,7288
	29	6	2	12	36	19	9	10	48	47	+9	4	59	1,7206
Sep.	8	6	25	12	42	18	59	11	34	44	+4	13	39	1,7071
	18	6	49	12	48	18	47	12	20	6	−0	50	13	1,6886
	28	7	12	12	54	18	36	13	5	32	−5	54	39	1,6656
Oct.	8	7	36	13	1	18	26	13	51	47	−10	47	14	1,6381
	18	8	1	13	10	18	18	14	39	26	−15	15	7	1,6066
	28	8	25	13	20	18	14	15	28	57	−19	5	17	1,5715
Nov.	7	8	50	13	32	18	14	16	20	30	−22	4	45	1,5327
	17	9	12	13	46	18	20	17	13	48	−24	1	48	1,4906
	27	9	30	14	1	18	32	18	8	11	−24	47	56	1,4454
Dic.	7	9	43	14	16	18	50	19	2	35	−24	19	18	1,3971
	17	9	49	14	30	19	11	19	55	55	−22	37	50	1,3458
	27	9	49	14	42	19	35	20	47	19	−19	50	39	1,2917

VENUS 2027

Fecha		τ min	D_{ecu} ″	V	BS	a.fase º	fase	def.ilu. ″	L_P º	B_P º	P_{PN} º
Ene	1	5,43	25,54	−4,6	1,4	91,4	0,487	13,09	98,9	−2,2	14,7
Ene	21	6,69	20,73	−4,4	1,4	80,2	0,585	8,60	149,7	−2,1	7,3
Feb	10	7,92	17,52	−4,2	1,3	70,7	0,666	5,86	202,0	−1,5	358,0
Mar	2	9,10	15,26	−4,1	1,2	62,2	0,733	4,07	255,1	−0,7	348,8
Mar	22	10,20	13,61	−4,0	1,2	54,3	0,791	2,84	308,7	−0,0	341,6
Abr	11	11,21	12,38	−3,9	1,1	46,8	0,842	1,96	2,4	0,4	337,7
May	1	12,12	11,45	−3,9	1,0	39,4	0,886	1,30	56,3	0,5	337,5
May	21	12,91	10,75	−3,9	1,0	32,0	0,924	0,82	110,2	0,3	341,0
Jun	10	13,55	10,25	−3,9	0,9	24,4	0,955	0,46	164,2	−0,1	347,9
Jun	30	14,02	9,90	−3,9	0,8	16,8	0,979	0,21	218,3	−0,5	357,3
Jul	20	14,31	9,70	−3,9	0,8	9,0	0,994	0,06	272,4	−0,8	7,5
Ago	9	14,40	9,64	−3,9	0,8	2,0	1,000	0,00	326,7	−0,9	16,1
Ago	29	14,31	9,70	−3,9	0,8	6,9	0,996	0,03	21,1	−0,6	21,3
Sep	18	14,04	9,88	−3,9	0,8	14,2	0,985	0,15	75,5	−0,1	22,8
Oct	8	13,62	10,19	−3,9	0,8	21,4	0,966	0,35	130,0	0,6	20,6
Oct	28	13,07	10,62	−3,9	0,9	28,3	0,940	0,64	184,4	1,3	14,6
Nov	17	12,40	11,20	−3,9	1,0	35,2	0,909	1,02	238,9	1,8	5,5
Dic	7	11,62	11,94	−3,9	1,1	42,0	0,871	1,54	293,3	2,0	355,0
Dic	27	10,74	12,92	−4,0	1,1	49,1	0,827	2,23	347,6	1,7	345,8

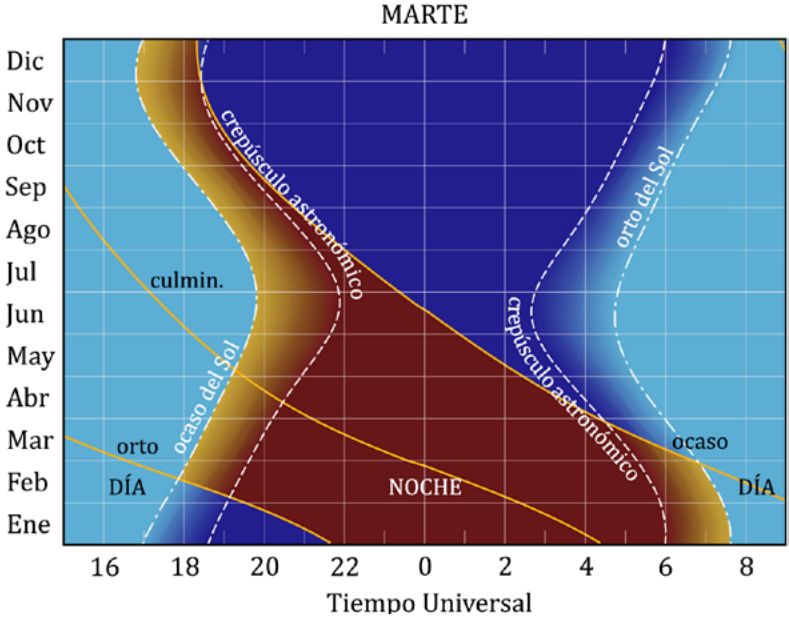


MARTE 2027

Mes	día	en Madrid (TU) Orto h	Orto m	Culm. h	Culm. m	Ocaso h	Ocaso m	a 0h deTU Asc.recta h	Asc.recta m	Asc.recta s	Declinación °	Declinación ′	Declinación ″	Distancia ua
Ene.	1	21	40	4	23	11	3	10	50	40	+10	53	49	0,9139
	11	21	2	3	46	10	27	10	53	18	+11	0	32	0,8384
	21	20	18	3	5	9	47	10	51	10	+11	35	38	0,7732
	31	19	27	2	18	9	4	10	43	57	+12	37	39	0,7221
Feb.	10	18	31	1	27	8	18	10	32	7	+13	59	9	0,6892
	20	17	31	0	33	7	29	10	17	18	+15	24	59	0,6779
Mar.	2	16	33	23	33	6	39	10	2	8	+16	38	3	0,6891
	12	15	38	22	42	5	51	9	49	21	+17	26	0	0,7214
	22	14	49	21	54	5	4	9	40	57	+17	44	10	0,7715
Abr.	1	14	8	21	12	4	21	9	37	36	+17	34	49	0,8351
	11	13	32	20	35	3	41	9	39	7	+17	2	1	0,9084
	21	13	2	20	2	3	4	9	44	52	+16	9	37	0,9879
May.	1	12	37	19	32	2	30	9	54	3	+15	0	53	1,0709
	11	12	15	19	4	1	57	10	5	57	+13	37	48	1,1555
	21	11	55	18	39	1	26	10	20	1	+12	2	1	1,2400
	31	11	38	18	16	0	56	10	35	44	+10	15	1	1,3234
Jun.	10	11	23	17	53	0	27	10	52	48	+8	17	50	1,4048
	20	11	9	17	32	23	55	11	10	57	+6	11	45	1,4834
	30	10	56	17	12	23	27	11	30	1	+3	58	5	1,5589
Jul.	10	10	45	16	53	23	0	11	49	55	+1	37	58	1,6309
	20	10	34	16	34	22	33	12	10	35	−0	47	5	1,6990
	30	10	25	16	16	22	7	12	32	0	−3	15	32	1,7631
Ago.	9	10	16	15	59	21	41	12	54	14	−5	45	52	1,8232
	19	10	9	15	42	21	16	13	17	16	−8	16	8	1,8791
	29	10	2	15	27	20	52	13	41	12	−10	44	21	1,9309
Sep.	8	9	56	15	13	20	29	14	6	7	−13	8	26	1,9787
	18	9	51	14	59	20	7	14	32	3	−15	25	48	2,0225
	28	9	47	14	47	19	47	14	59	6	−17	33	53	2,0626
Oct.	8	9	43	14	36	19	28	15	27	19	−19	29	52	2,0990
	18	9	40	14	26	19	11	15	56	40	−21	10	44	2,1319
	28	9	37	14	17	18	57	16	27	9	−22	33	32	2,1618
Nov.	7	9	33	14	9	18	45	16	58	40	−23	35	23	2,1887
	17	9	29	14	2	18	35	17	31	2	−24	13	45	2,2128
	27	9	23	13	56	18	28	18	4	4	−24	26	37	2,2347
Dic.	7	9	16	13	50	18	23	18	37	29	−24	12	38	2,2544
	17	9	7	13	44	18	21	19	11	1	−23	31	25	2,2723
	27	8	56	13	38	18	19	19	44	23	−22	23	24	2,2886

MARTE 2027

Fecha		τ min	D_{ecu} ″	V	BS	a.fase º	fase	def.ilu. ″	L_P º	B_P º	P_{PN} º
Ene	1	7,60	10,25	−0,1	4,6	31,0	0,929	0,73	240,0	22,9	15,9
Ene	21	6,43	12,12	−0,6	4,5	22,0	0,963	0,44	58,2	22,2	15,9
Feb	10	5,73	13,59	−1,1	4,3	8,4	0,995	0,07	241,7	21,0	12,8
Mar	2	5,73	13,59	−1,1	4,3	8,9	0,994	0,08	67,6	19,7	8,1
Mar	22	6,42	12,14	−0,6	4,5	22,4	0,962	0,46	250,8	19,2	4,7
Abr	11	7,56	10,31	−0,1	4,6	31,3	0,927	0,75	68,7	19,9	4,4
May	1	8,91	8,75	0,3	4,6	36,1	0,904	0,84	242,2	21,6	6,9
May	21	10,31	7,55	0,6	4,6	38,1	0,893	0,81	52,5	23,6	11,1
Jun	10	11,68	6,67	0,9	4,6	38,4	0,892	0,72	220,4	25,3	16,5
Jun	30	12,97	6,01	1,1	4,6	37,5	0,897	0,62	26,7	26,3	22,4
Jul	20	14,13	5,51	1,2	4,5	35,9	0,905	0,52	191,8	26,3	28,1
Ago	9	15,16	5,14	1,3	4,5	33,8	0,916	0,43	356,2	25,0	33,2
Ago	29	16,06	4,85	1,3	4,4	31,3	0,927	0,35	160,3	22,3	36,9
Sep	18	16,82	4,63	1,4	4,3	28,6	0,939	0,28	324,5	18,4	38,6
Oct	8	17,46	4,46	1,4	4,3	25,7	0,951	0,22	128,8	13,3	38,1
Oct	28	17,98	4,33	1,3	4,2	22,7	0,961	0,17	293,3	7,3	35,0
Nov	17	18,40	4,23	1,3	4,1	19,6	0,971	0,12	97,8	0,8	29,6
Dic	7	18,75	4,16	1,2	4,0	16,4	0,980	0,09	261,9	−5,9	22,1
Dic	27	19,03	4,09	1,2	4,0	13,3	0,987	0,05	65,4	−12,4	13,2

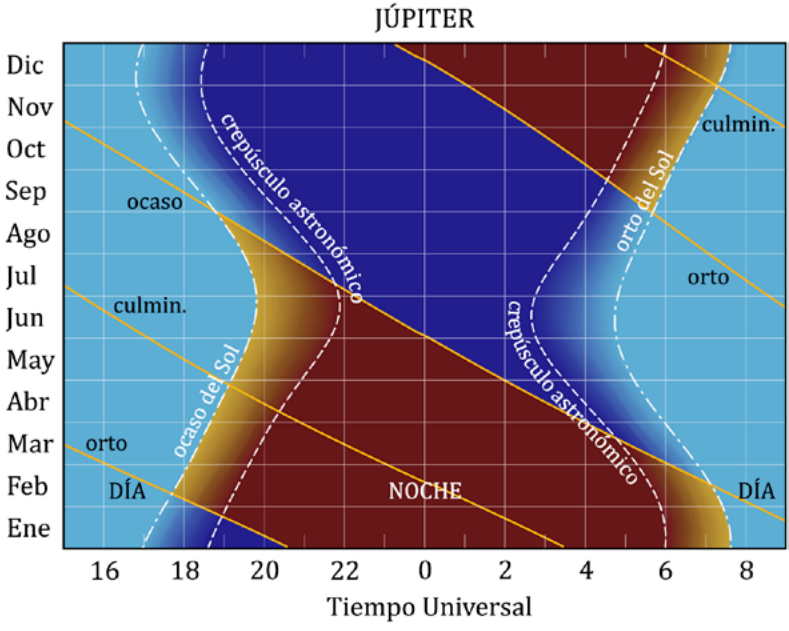


JÚPITER 2027

Mes	día	en Madrid (TU) Orto h	Orto m	Culm. h	Culm. m	Ocaso h	Ocaso m	a 0h deTU Asc.recta h	Asc.recta m	Asc.recta s	Declinación °	Declinación ′	Declinación ″	Distancia ua
Ene.	1	20	35	3	28	10	18	9	56	0	+13	34	32	4,6069
	11	19	51	2	46	9	37	9	53	8	+13	52	2	4,5048
	21	19	7	2	3	8	55	9	49	16	+14	14	22	4,4277
	31	18	21	1	19	8	13	9	44	38	+14	39	53	4,3791
Feb.	10	17	35	0	35	7	30	9	39	33	+15	6	48	4,3612
	20	16	49	23	46	6	47	9	34	25	+15	33	1	4,3749
Mar.	2	16	4	23	2	6	5	9	29	35	+15	56	45	4,4194
	12	15	19	22	18	5	22	9	25	24	+16	16	32	4,4926
	22	14	35	21	36	4	41	9	22	9	+16	31	14	4,5912
Abr.	1	13	54	20	55	4	0	9	20	1	+16	40	18	4,7110
	11	13	13	20	15	3	20	9	19	7	+16	43	32	4,8476
	21	12	34	19	36	2	41	9	19	27	+16	40	54	4,9961
May.	1	11	57	18	58	2	2	9	20	59	+16	32	41	5,1519
	11	11	22	18	21	1	25	9	23	40	+16	19	9	5,3109
	21	10	47	17	46	0	48	9	27	23	+16	0	38	5,4689
	31	10	14	17	11	0	12	9	32	0	+15	37	32	5,6225
Jun.	10	9	42	16	37	23	33	9	37	25	+15	10	10	5,7687
	20	9	11	16	4	22	58	9	43	31	+14	38	56	5,9044
	30	8	40	15	31	22	23	9	50	11	+14	4	12	6,0276
Jul.	10	8	10	14	59	21	48	9	57	20	+13	26	17	6,1361
	20	7	41	14	27	21	14	10	4	51	+12	45	37	6,2281
	30	7	12	13	56	20	40	10	12	39	+12	2	35	6,3024
Ago.	9	6	43	13	25	20	6	10	20	39	+11	17	33	6,3576
	19	6	15	12	53	19	32	10	28	47	+10	30	59	6,3931
	29	5	47	12	22	18	58	10	36	59	+9	43	19	6,4081
Sep.	8	5	18	11	51	18	24	10	45	9	+8	55	3	6,4023
	18	4	50	11	20	17	50	10	53	14	+8	6	42	6,3758
	28	4	21	10	48	17	15	11	1	10	+7	18	49	6,3286
Oct.	8	3	52	10	17	16	41	11	8	52	+6	31	59	6,2614
	18	3	23	9	45	16	6	11	16	15	+5	46	51	6,1752
	28	2	53	9	12	15	32	11	23	14	+5	4	3	6,0711
Nov.	7	2	22	8	39	14	56	11	29	44	+4	24	20	5,9508
	17	1	51	8	6	14	21	11	35	39	+3	48	26	5,8167
	27	1	19	7	32	13	45	11	40	52	+3	17	3	5,6711
Dic.	7	0	45	6	57	13	9	11	45	17	+2	51	1	5,5171
	17	0	10	6	21	12	32	11	48	47	+2	31	2	5,3584
	27	23	31	5	44	11	54	11	51	17	+2	17	45	5,1988

JÚPITER 2027

Fecha		τ min	D_{ecu} ″	V	BS	a.fase º	def.ilu. ″	L_P º	B_P º	P_{PN} º
Ene	1	38,31	42,79	−2,4	5,4	7,6	0,19	171,8	−0,5	22,1
Ene	21	36,82	44,53	−2,5	5,4	4,3	0,06	305,2	−0,6	21,7
Feb	10	36,27	45,20	−2,6	5,4	0,3	0,00	78,8	−0,5	21,1
Mar	2	36,75	44,61	−2,5	5,4	3,9	0,05	211,8	−0,4	20,5
Mar	22	38,18	42,94	−2,4	5,4	7,3	0,18	343,5	−0,3	20,0
Abr	11	40,32	40,67	−2,3	5,4	9,7	0,29	113,7	−0,3	19,8
May	1	42,85	38,27	−2,1	5,5	10,7	0,33	242,4	−0,2	19,9
May	21	45,48	36,05	−2,0	5,5	10,7	0,31	10,0	−0,3	20,3
Jun	10	47,98	34,18	−1,9	5,4	9,7	0,24	136,6	−0,4	21,0
Jun	30	50,13	32,71	−1,8	5,4	7,9	0,16	262,8	−0,5	21,8
Jul	20	51,80	31,65	−1,7	5,4	5,7	0,08	28,7	−0,6	22,6
Ago	9	52,87	31,01	−1,7	5,4	3,1	0,02	154,7	−0,8	23,4
Ago	29	53,29	30,76	−1,7	5,4	0,4	0,00	280,9	−1,0	24,1
Sep	18	53,03	30,92	−1,7	5,4	2,5	0,01	47,4	−1,2	24,6
Oct	8	52,07	31,49	−1,7	5,4	5,1	0,06	174,6	−1,4	25,0
Oct	28	50,49	32,47	−1,8	5,4	7,4	0,14	302,4	−1,7	25,3
Nov	17	48,38	33,89	−1,9	5,5	9,2	0,22	71,1	−1,9	25,4
Dic	7	45,88	35,73	−2,0	5,5	10,3	0,29	200,7	−2,1	25,5
Dic	27	43,24	37,92	−2,1	5,5	10,4	0,31	331,5	−2,2	25,5

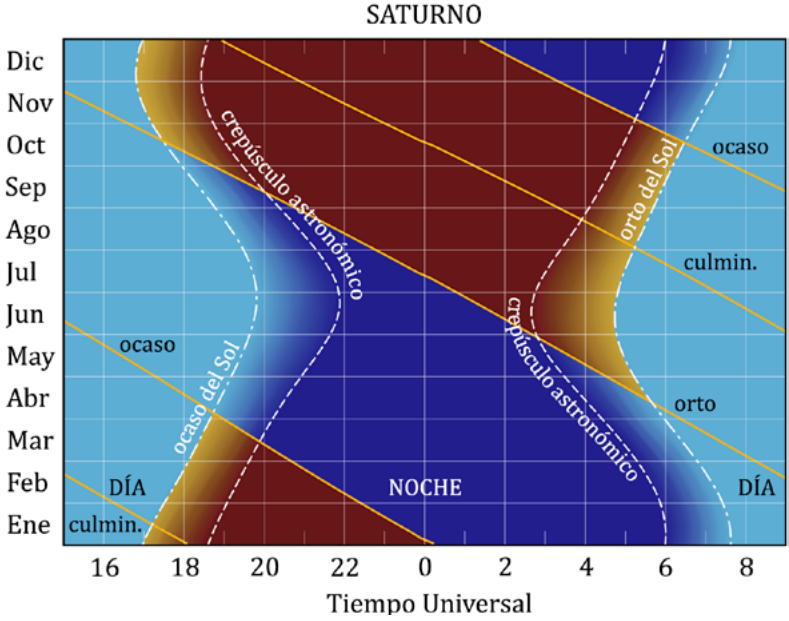


SATURNO 2027

Mes	día	en Madrid (TU) Orto h	m	Culm. h	m	Ocaso h	m	a 0^h deTU Asc.recta h	m	s	Declinación °	′	″	Distancia ua
Ene.	1	11	59	18	5	0	14	0	34	29	+1	2	48	9,3894
	11	11	21	17	27	23	33	0	36	7	+1	15	57	9,5540
	21	10	43	16	50	22	57	0	38	21	+1	32	45	9,7128
	31	10	5	16	13	22	22	0	41	7	+1	52	44	9,8616
Feb.	10	9	28	15	37	21	47	0	44	23	+2	15	27	9,9969
	20	8	51	15	2	21	13	0	48	3	+2	40	25	10,1150
Mar.	2	8	14	14	26	20	39	0	52	3	+3	7	7	10,2135
	12	7	37	13	51	20	6	0	56	20	+3	35	4	10,2902
	22	7	1	13	17	19	33	1	0	49	+4	3	45	10,3434
Abr.	1	6	24	12	42	19	0	1	5	26	+4	32	43	10,3724
	11	5	48	12	7	18	27	1	10	7	+5	1	31	10,3766
	21	5	12	11	32	17	53	1	14	47	+5	29	42	10,3560
May.	1	4	35	10	58	17	20	1	19	23	+5	56	52	10,3114
	11	3	59	10	23	16	47	1	23	51	+6	22	38	10,2437
	21	3	22	9	48	16	13	1	28	6	+6	46	36	10,1543
	31	2	46	9	12	15	39	1	32	5	+7	8	28	10,0453
Jun.	10	2	9	8	37	15	4	1	35	45	+7	27	52	9,9188
	20	1	32	8	1	14	29	1	39	0	+7	44	29	9,7777
	30	0	55	7	24	13	54	1	41	47	+7	58	6	9,6251
Jul.	10	0	17	6	47	13	17	1	44	4	+8	8	26	9,4643
	20	23	35	6	9	12	40	1	45	46	+8	15	18	9,2993
	30	22	57	5	31	12	2	1	46	51	+8	18	34	9,1341
Ago.	9	22	18	4	52	11	23	1	47	18	+8	18	9	8,9731
	19	21	38	4	13	10	43	1	47	5	+8	14	6	8,8208
	29	20	59	3	32	10	2	1	46	13	+8	6	34	8,6818
Sep.	8	20	18	2	52	9	21	1	44	45	+7	55	49	8,5605
	18	19	38	2	10	8	39	1	42	44	+7	42	20	8,4612
	28	18	57	1	29	7	56	1	40	17	+7	26	44	8,3871
Oct.	8	18	16	0	46	7	13	1	37	30	+7	9	45	8,3415
	18	17	35	0	4	6	30	1	34	33	+6	52	18	8,3260
	28	16	53	23	18	5	46	1	31	35	+6	35	20	8,3413
Nov.	7	16	12	22	36	5	3	1	28	46	+6	19	48	8,3873
	17	15	31	21	54	4	21	1	26	16	+6	6	35	8,4620
	27	14	50	21	13	3	39	1	24	12	+5	56	27	8,5628
Dic.	7	14	10	20	32	2	58	1	22	41	+5	49	58	8,6862
	17	13	30	19	52	2	17	1	21	48	+5	47	30	8,8274
	27	12	50	19	12	1	38	1	21	35	+5	49	13	8,9820

SATURNO 2027

Fecha		τ min	D_{ecu} ″	V	BS	a.fase º	def.ilu. ″	L_P º	B_P º	P_{PN} º
Ene	1	78,09	17,70	0,8	6,8	6,0	0,05	342,3	−7,8	3,5
Ene	21	80,78	17,11	0,8	6,8	5,6	0,04	355,7	−8,5	3,4
Feb	10	83,14	16,62	0,8	6,8	4,6	0,03	8,8	−9,4	3,3
Mar	2	84,94	16,27	0,8	6,8	3,2	0,01	21,7	−10,6	3,1
Mar	22	86,02	16,07	0,7	6,7	1,5	0,00	34,9	−11,9	2,9
Abr	11	86,30	16,02	0,7	6,7	0,4	0,00	48,3	−13,2	2,6
May	1	85,76	16,12	0,7	6,7	2,1	0,01	62,1	−14,4	2,4
May	21	84,45	16,37	0,7	6,8	3,7	0,02	76,6	−15,5	2,2
Jun	10	82,49	16,76	0,6	6,8	5,0	0,03	91,6	−16,4	2,0
Jun	30	80,05	17,27	0,6	6,8	5,9	0,05	107,4	−17,1	1,8
Jul	20	77,34	17,87	0,5	6,8	6,2	0,05	123,8	−17,5	1,7
Ago	9	74,63	18,52	0,4	6,8	5,9	0,05	140,8	−17,5	1,7
Ago	29	72,20	19,14	0,3	6,8	4,9	0,03	158,3	−17,3	1,7
Sep	18	70,37	19,64	0,2	6,8	3,3	0,02	176,1	−16,8	1,8
Oct	8	69,37	19,92	0,1	6,7	1,2	0,00	193,8	−16,1	2,0
Oct	28	69,37	19,92	0,2	6,7	1,2	0,00	211,2	−15,3	2,1
Nov	17	70,38	19,64	0,3	6,7	3,3	0,02	227,9	−14,7	2,2
Dic	7	72,24	19,13	0,4	6,8	4,9	0,03	243,6	−14,3	2,3
Dic	27	74,70	18,50	0,5	6,8	5,8	0,05	258,4	−14,3	2,4

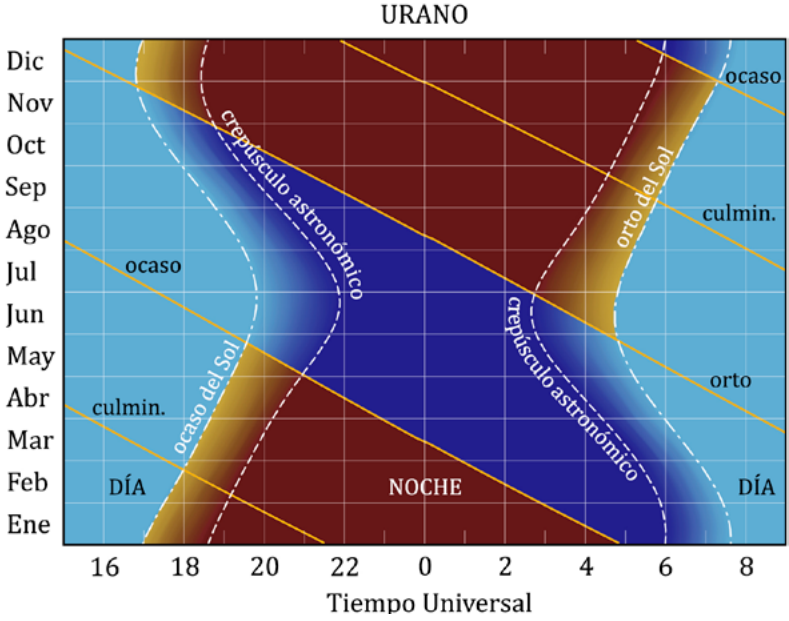


URANO 2027

Mes	día	en Madrid (TU) Orto h	Orto m	Culm. h	Culm. m	Ocaso h	Ocaso m	a 0h deTU Asc.recta h	Asc.recta m	Asc.recta s	Declinación °	Declinación ′	Declinación ″	Distancia ua
Ene.	1	14	14	21	30	4	51	4	1	0	+20	28	56	18,6405
	11	13	34	20	50	4	10	3	59	52	+20	25	51	18,7570
	21	12	54	20	10	3	30	3	59	2	+20	23	37	18,8940
	31	12	14	19	30	2	50	3	58	32	+20	22	22	19,0467
Feb.	10	11	35	18	51	2	10	3	58	24	+20	22	9	19,2103
	20	10	56	18	12	1	31	3	58	39	+20	23	0	19,3795
Mar.	2	10	17	17	33	0	53	3	59	15	+20	24	54	19,5489
	12	9	38	16	55	0	15	4	0	12	+20	27	48	19,7137
	22	9	0	16	17	23	33	4	1	29	+20	31	35	19,8690
Abr.	1	8	22	15	39	22	56	4	3	4	+20	36	8	20,0107
	11	7	44	15	1	22	19	4	4	54	+20	41	20	20,1350
	21	7	6	14	24	21	42	4	6	57	+20	47	2	20,2388
May.	1	6	29	13	47	21	5	4	9	11	+20	53	4	20,3197
	11	5	52	13	10	20	29	4	11	32	+20	59	19	20,3758
	21	5	14	12	33	19	52	4	13	58	+21	5	38	20,4057
	31	4	37	11	56	19	16	4	16	27	+21	11	54	20,4090
Jun.	10	4	0	11	19	18	39	4	18	54	+21	17	58	20,3856
	20	3	22	10	42	18	3	4	21	18	+21	23	44	20,3362
	30	2	45	10	5	17	26	4	23	35	+21	29	8	20,2620
Jul.	10	2	7	9	28	16	49	4	25	44	+21	34	3	20,1647
	20	1	30	8	51	16	12	4	27	41	+21	38	26	20,0467
	30	0	52	8	13	15	35	4	29	23	+21	42	13	19,9109
Ago.	9	0	14	7	35	14	57	4	30	49	+21	45	21	19,7603
	19	23	31	6	57	14	19	4	31	57	+21	47	47	19,5991
	29	22	53	6	19	13	41	4	32	46	+21	49	30	19,4311
Sep.	8	22	14	5	40	13	2	4	33	13	+21	50	29	19,2610
	18	21	34	5	0	12	22	4	33	18	+21	50	43	19,0936
	28	20	55	4	21	11	43	4	33	1	+21	50	11	18,9335
Oct.	8	20	15	3	41	11	3	4	32	24	+21	48	56	18,7858
	18	19	35	3	1	10	22	4	31	26	+21	46	59	18,6552
	28	18	54	2	20	9	42	4	30	12	+21	44	24	18,5457
Nov.	7	18	14	1	39	9	1	4	28	43	+21	41	16	18,4613
	17	17	33	0	58	8	19	4	27	4	+21	37	42	18,4050
	27	16	52	0	17	7	38	4	25	18	+21	33	51	18,3787
Dic.	7	16	12	23	32	6	57	4	23	31	+21	29	53	18,3836
	17	15	31	22	51	6	15	4	21	47	+21	25	58	18,4195
	27	14	50	22	10	5	34	4	20	10	+21	22	18	18,4852

URANO 2027

Fecha		τ min	D_{ecu} ″	V	a.fase º	L_P º	B_P º	P_{PN} º
Ene	1	155,03	3,78	5,6	1,8	53,0	73,3	284,8
Ene	21	157,14	3,73	5,7	2,5	354,8	72,9	284,0
Feb	10	159,77	3,67	5,7	2,9	296,9	72,8	283,8
Mar	2	162,58	3,61	5,7	2,9	239,4	73,0	284,1
Mar	22	165,25	3,55	5,8	2,6	182,5	73,4	285,1
Abr	11	167,46	3,50	5,8	2,0	126,2	74,1	286,6
May	1	168,99	3,47	5,8	1,2	70,6	75,0	288,7
May	21	169,71	3,45	5,8	0,3	15,8	75,9	291,2
Jun	10	169,54	3,46	5,8	0,6	321,6	76,9	294,1
Jun	30	168,51	3,48	5,8	1,5	267,9	77,7	297,3
Jul	20	166,72	3,52	5,8	2,2	214,5	78,5	300,4
Ago	9	164,34	3,57	5,7	2,8	160,9	79,0	302,9
Ago	29	161,60	3,63	5,7	3,0	106,6	79,3	304,7
Sep	18	158,80	3,69	5,7	2,9	51,2	79,4	305,2
Oct	8	156,24	3,75	5,6	2,4	354,6	79,2	304,3
Oct	28	154,24	3,80	5,6	1,7	296,8	78,9	302,4
Nov	17	153,07	3,83	5,6	0,7	238,1	78,3	299,9
Dic	7	152,89	3,83	5,6	0,4	179,0	77,7	297,3
Dic	27	153,74	3,81	5,6	1,4	119,9	77,1	295,0



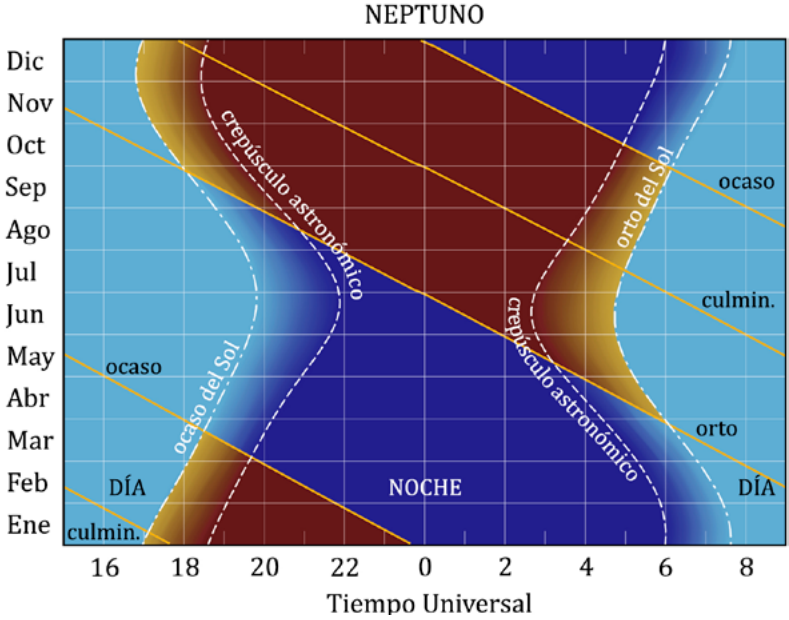
NEPTUNO 2027

Mes	día	en Madrid (TU) Orto h	Orto m	Culm. h	Culm. m	Ocaso h	Ocaso m	a 0h deTU Asc.recta h	Asc.recta m	Asc.recta s	Declinación °	Declinación ′	Declinación ″	Distancia ua
Ene.	1	11	39	17	39	23	39	0	8	29	−0	34	49	30,0071
	11	11	0	17	0	23	0	0	8	59	−0	31	10	30,1757
	21	10	21	16	21	22	22	0	9	41	−0	26	17	30,3346
	31	9	42	15	43	21	44	0	10	33	−0	20	17	30,4793
Feb.	10	9	3	15	5	21	6	0	11	34	−0	13	19	30,6058
	20	8	25	14	26	20	28	0	12	44	−0	5	33	30,7103
Mar.	2	7	46	13	48	19	51	0	14	0	+0	2	47	30,7902
	12	7	8	13	10	19	13	0	15	20	+0	11	33	30,8434
	22	6	29	12	32	18	36	0	16	43	+0	20	30	30,8686
Abr.	1	5	51	11	54	17	58	0	18	6	+0	29	27	30,8655
	11	5	12	11	16	17	21	0	19	29	+0	38	11	30,8343
	21	4	34	10	38	16	43	0	20	48	+0	46	30	30,7760
May.	1	3	55	10	0	16	6	0	22	3	+0	54	15	30,6925
	11	3	17	9	22	15	28	0	23	11	+1	1	15	30,5861
	21	2	38	8	44	14	50	0	24	12	+1	7	21	30,4597
	31	1	59	8	5	14	12	0	25	4	+1	12	25	30,3169
Jun.	10	1	20	7	27	13	33	0	25	45	+1	16	21	30,1614
	20	0	42	6	48	12	54	0	26	16	+1	19	3	29,9976
	30	0	2	6	9	12	16	0	26	34	+1	20	29	29,8298
Jul.	10	23	19	5	30	11	36	0	26	41	+1	20	39	29,6626
	20	22	40	4	50	10	57	0	26	36	+1	19	31	29,5009
	30	22	0	4	11	10	17	0	26	20	+1	17	10	29,3492
Ago.	9	21	21	3	31	9	37	0	25	52	+1	13	40	29,2119
	19	20	41	2	51	8	57	0	25	14	+1	9	9	29,0932
	29	20	1	2	11	8	17	0	24	28	+1	3	48	28,9966
Sep.	8	19	22	1	31	7	36	0	23	35	+0	57	46	28,9255
	18	18	42	0	50	6	55	0	22	37	+0	51	19	28,8821
	28	18	2	0	10	6	15	0	21	37	+0	44	40	28,8679
Oct.	8	17	22	23	26	5	34	0	20	36	+0	38	4	28,8839
	18	16	42	22	45	4	53	0	19	37	+0	31	48	28,9296
	28	16	2	22	5	4	13	0	18	43	+0	26	6	29,0037
Nov.	7	15	22	21	25	3	32	0	17	55	+0	21	13	29,1043
	17	14	42	20	45	2	52	0	17	16	+0	17	19	29,2280
	27	14	3	20	5	2	12	0	16	47	+0	14	35	29,3712
Dic.	7	13	23	19	26	1	33	0	16	30	+0	13	9	29,5295
	17	12	44	18	46	0	53	0	16	25	+0	13	4	29,6976
	27	12	5	18	7	0	14	0	16	32	+0	14	22	29,8706

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.

NEPTUNO 2027

Fecha		τ min	D_{ecu} ″	V	a.fase º	L_P º	B_P º	P_{PN} º
Ene	1	249,56	2,28	7,8	1,9	90,0	−20,0	316,6
Ene	21	252,29	2,25	7,8	1,7	14,9	−19,9	316,5
Feb	10	254,54	2,23	7,8	1,3	299,8	−19,7	316,4
Mar	2	256,07	2,22	7,8	0,7	224,8	−19,5	316,1
Mar	22	256,73	2,21	7,8	0,1	150,1	−19,2	315,9
Abr	11	256,44	2,21	7,8	0,5	75,8	−19,0	315,7
May	1	255,26	2,22	7,8	1,1	1,8	−18,7	315,5
May	21	253,33	2,24	7,8	1,6	288,2	−18,5	315,3
Jun	10	250,84	2,26	7,8	1,9	215,0	−18,3	315,2
Jun	30	248,09	2,29	7,8	2,0	142,1	−18,2	315,1
Jul	20	245,35	2,31	7,7	1,8	69,3	−18,2	315,1
Ago	9	242,95	2,34	7,7	1,5	356,7	−18,2	315,2
Ago	29	241,16	2,36	7,7	1,0	284,0	−18,4	315,3
Sep	18	240,21	2,36	7,7	0,4	211,1	−18,6	315,4
Oct	8	240,22	2,36	7,7	0,3	137,9	−18,8	315,6
Oct	28	241,22	2,35	7,7	1,0	64,3	−18,9	315,8
Nov	17	243,08	2,34	7,7	1,5	350,2	−19,1	315,9
Dic	7	245,59	2,31	7,7	1,8	275,8	−19,2	315,9
Dic	27	248,43	2,29	7,8	1,9	200,9	−19,2	315,9



5.3. Ortos, ocasos y pasos de los planetas por el meridiano

Cálculo del orto y ocaso 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 segundo 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. Puede ocurrir que, hechas tales correcciones, el fenómeno tenga lugar el día anterior o posterior.

Son aplicables aquí el procedimiento y comentarios realizados en el caso de la Luna (ver el apartado *Cálculo del orto y ocaso de la Luna* en la página 221). Para un lugar de longitud λ_E (positiva al este de Greenwich) es:

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

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

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

Para conocer el tiempo oficial TO, habrá que añadir una tercera corrección, que depende de la época del año:

$+1^{\mathrm{h}}$ o $+2^{\mathrm{h}}$ en la Península y Baleares

0^{h} o $+1^{\mathrm{h}}$ en Canarias

La corrección en latitud depende de la diferencia de latitudes y de la declinación de los planetas (indicada en la tabla). Puede encontrarse, para varios paralelos y cada 3º en declinación en la tabla siguiente. El paralelo 28º corresponde a las Canarias.

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

δ	Latitud, ϕ										
(°)	28°	32°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°	44°
−30	−45	−33	−18	−14	−10	−6	−2	3	7	12	17
−27	−39	−28	−16	−12	−9	−5	−2	2	6	10	15
−24	−34	−24	−13	−10	−8	−4	−1	2	5	9	12
−21	−29	−20	−11	−9	−6	−4	−1	2	4	7	10
−18	−24	−17	−9	−7	−5	−3	−1	1	4	6	9
−15	−20	−14	−8	−6	−4	−3	−1	1	3	5	7
−12	−15	−11	−6	−5	−3	−2	−1	1	2	4	5
−9	−11	−8	−4	−3	−2	−1	0	1	2	3	4
−6	−7	−5	−3	−2	−2	−1	0	0	1	2	3
−3	−3	−2	−1	−1	−1	0	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	4	3	2	1	1	1	0	0	−1	−1	−2
6	8	6	3	3	2	1	0	0	−1	−2	−3
9	12	9	5	4	3	2	0	−1	−2	−3	−4
12	16	12	6	5	4	2	1	−1	−3	−4	−6
15	20	15	8	6	5	3	1	−1	−3	−5	−7
18	25	18	10	8	6	3	1	−1	−4	−6	−9
21	30	21	12	9	7	4	1	−2	−5	−8	−11
24	35	25	14	11	8	5	1	−2	−6	−9	−13
27	41	29	16	13	9	5	2	−2	−7	−11	−15
30	47	34	19	15	11	6	2	−3	−8	−13	−18

Paso de los planetas por el meridiano

El instante aproximado de paso de un planeta por el meridiano se puede calcular mediante interpolación para la fecha correspondiente del instante de culminación en Madrid y la corrección por la longitud del lugar λ_E (positiva al este de Greenwich):

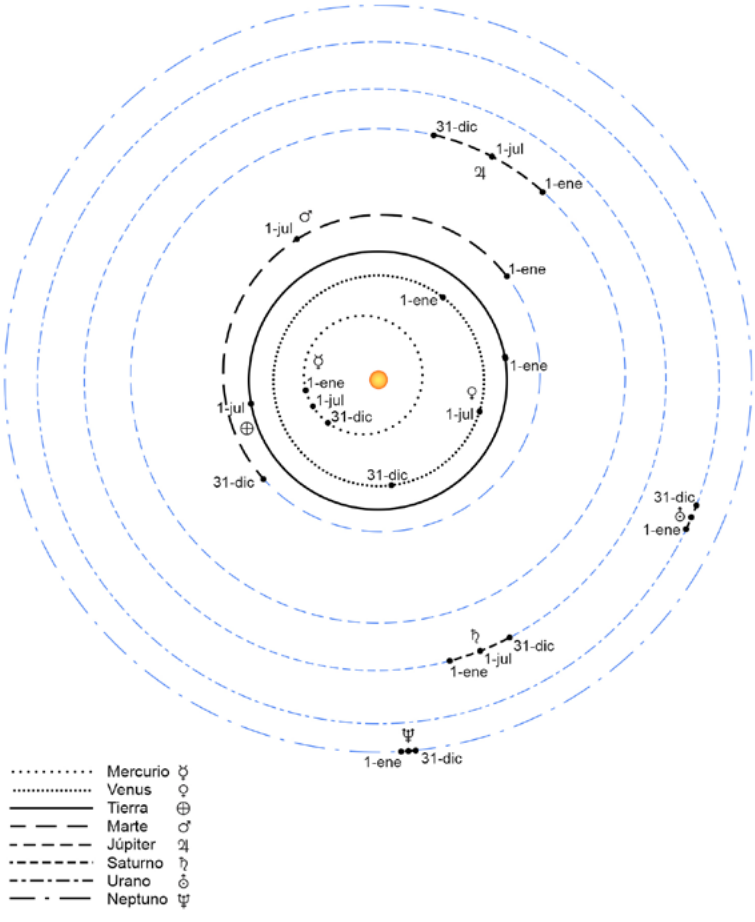
$$\text{paso meridiano} = \text{paso meridiano Madrid} - 15^{\text{m}} - \lambda_E$$

Al valor obtenido habrá que añadirle la corrección para obtener el tiempo oficial TO.

5.4. Situación y apariencia de los planetas

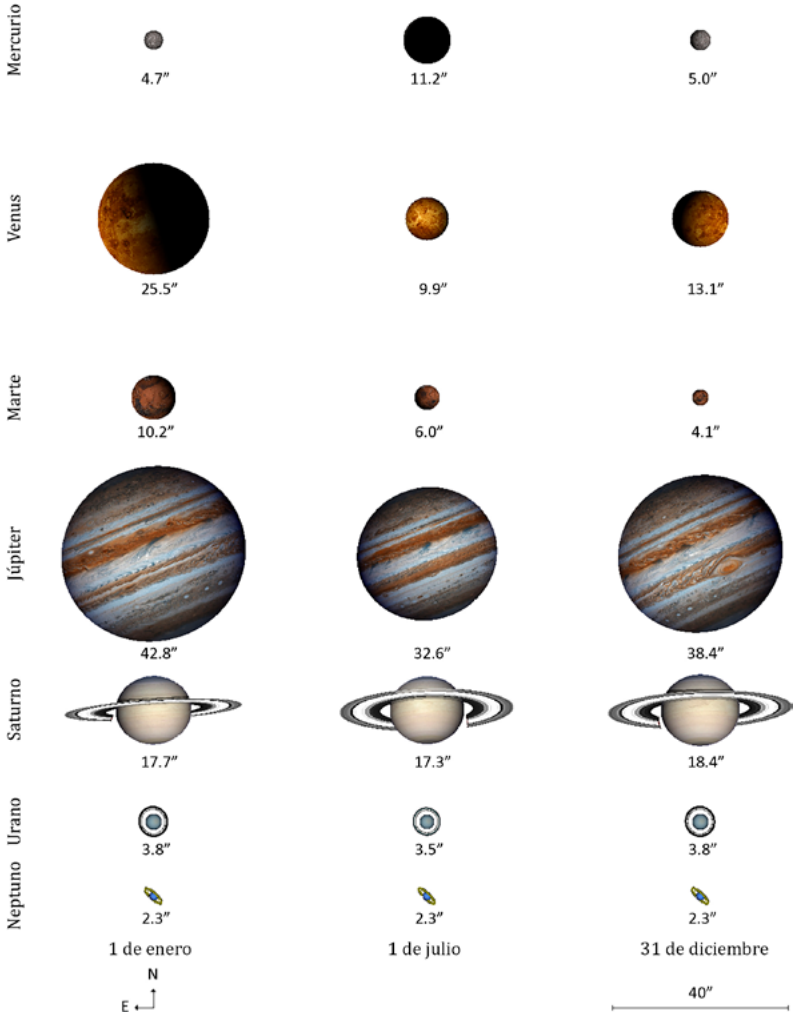
Posición heliocéntrica de los planetas

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



Orientaciones y tamaños de los planetas

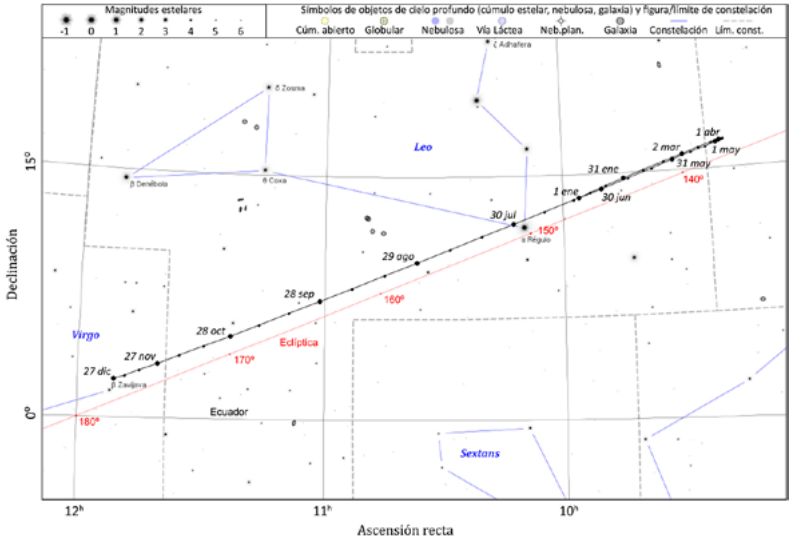
Aspecto aparente de los planetas los días 1 de enero, 1 de julio y 31 de diciembre, a las cero horas de Tiempo Universal. Las figuras están dibujadas a escala y orientadas con el norte hacia arriba y el este a la izquierda. Los valores que aparecen debajo de cada figura corresponden a los diámetros ecuatoriales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



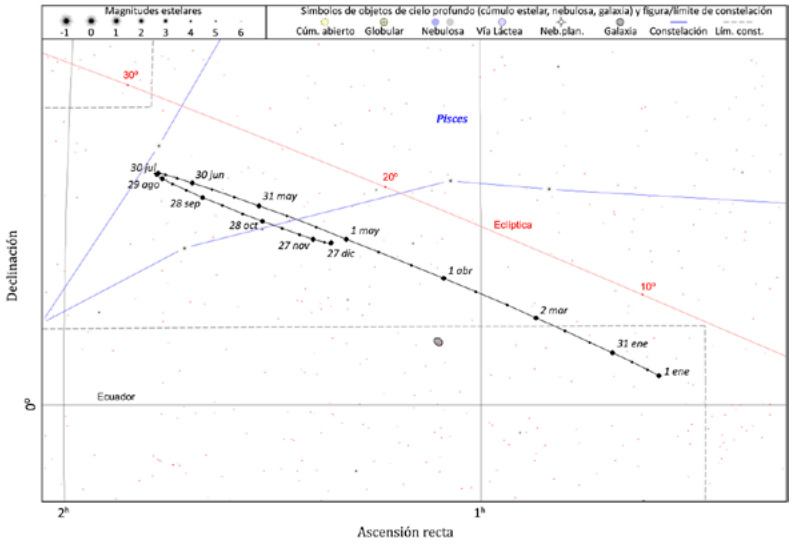
Trayectorias de los planetas a lo largo del año

Para Júpiter y Saturno los puntos en las trayectorias tienen una separación de 10 días y las fechas se muestran cada 30 días.

Júpiter

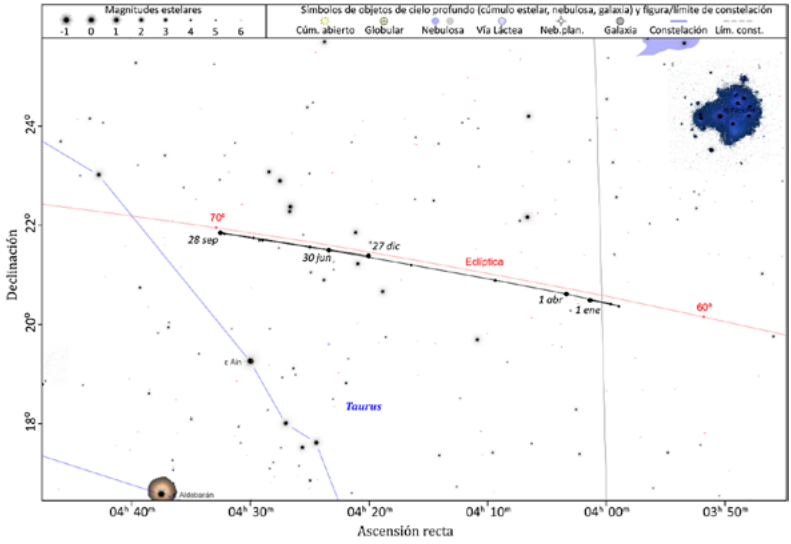


Saturno

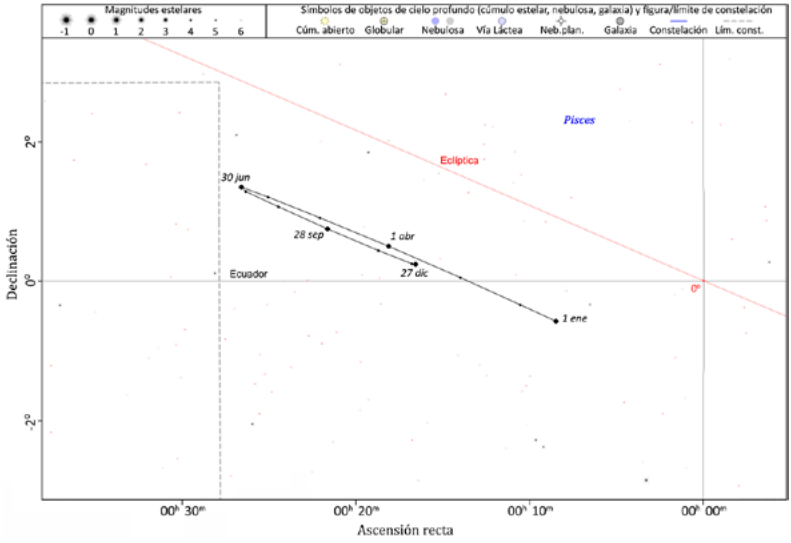


En el caso de Urano y Neptuno la separación en los puntos de la trayectoria es de 30 días con fechas cada 90 días.

Urano



Neptuno



5.5. Satélites naturales

Los satélites naturales, también conocidos como lunas, son cuerpos celestes que orbitan alrededor de planetas, planetas enanos y asteroides.

Todos los planetas del sistema solar, excepto Mercurio y Venus, tienen satélites naturales. En la actualidad se conocen 455, la mayor parte orbitando alrededor de los dos planetas gigantes gaseosos, Júpiter y Saturno.

Planeta	Número de satélites
Mercurio	0
Venus	0
Tierra	1
Marte	2
Júpiter	115
Saturno	292
Urano	29
Neptuno	16

Los satélites generalmente son cuerpos sólidos con distintas formas y tamaños. Los más grandes del sistema solar, con más de 2500 kilómetros de diámetro, son: los cuatro satélites galileanos de Júpiter (Ganímedes, Calisto, Ío y Europa), el satélite Titán de Saturno, la Luna de la Tierra y el satélite Tritón de Neptuno.

El siguiente grupo de satélites naturales, con diámetros entre 1000 y 1600 kilómetros, estaría formado por las lunas de Saturno; Tetis, Dione, Rea y Jápeto; y por las de Urano: Ariel, Umbriel, Titania y Oberón. En esa franja de diámetros estaría también Caronte, el satélite más grande del planeta enano Plutón.

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 solo 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 estos 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.

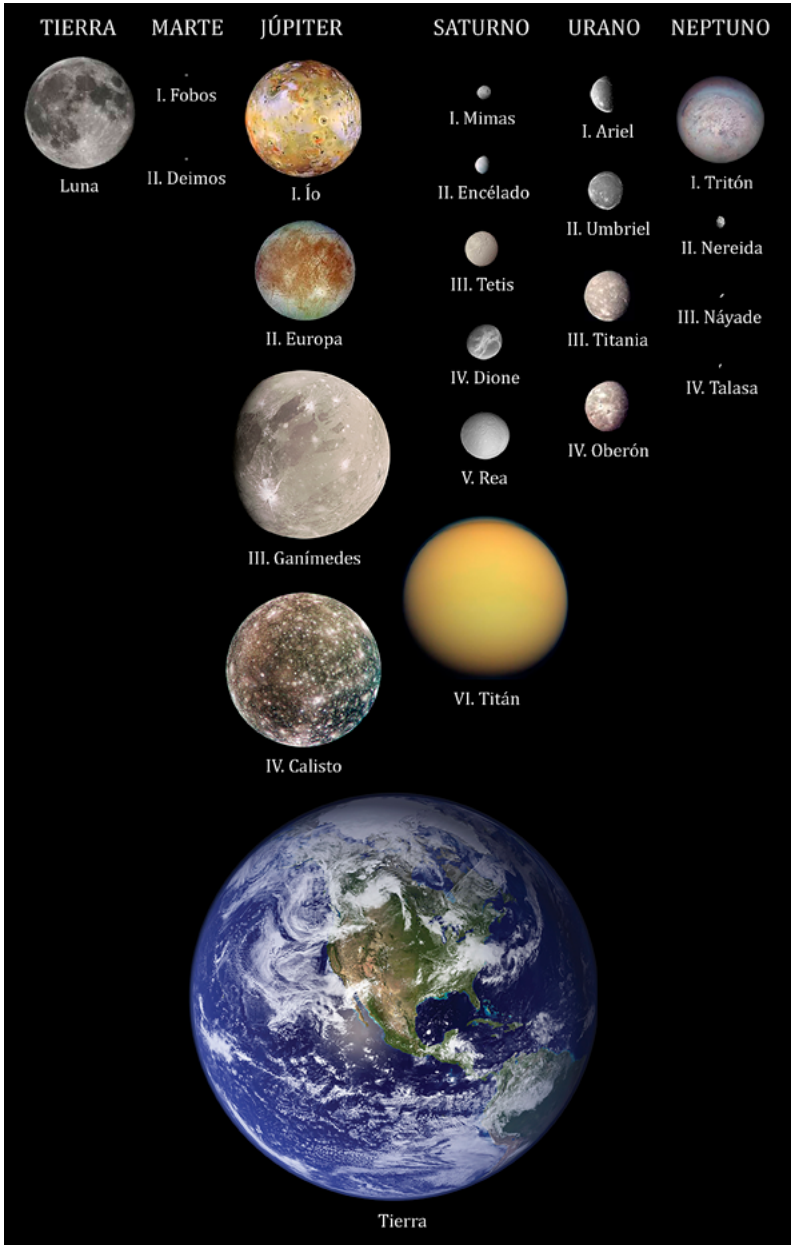
La decisión de nombrar los satélites de Saturno con nombres de titanes griegos fue tomada en 1847 por John Herschel, cuyo padre había descubierto los dos primeros. La UAI amplió las posibilidades admitiendo, inicialmente, los nombres de descendientes de titanes y, en el siglo XXI, los de gigantes de 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 se descubrió un segundo satélite. Este y los posteriores han recibido el nombre de personajes mitológicos relacionados con el dios romano Neptuno, su equivalente griego Poseidón o con los océanos, como son las Nereidas.

En la siguiente figura se muestran a escala los primeros satélites de los planetas del sistema solar. Se incluye el planeta Tierra a modo de comparación de tamaños.

Lunas de los planetas del sistema solar



Elementos orbitales y datos físicos de los satélites

Debido al elevado ritmo de descubrimiento de nuevos satélites hemos considerado oportuno reducir las tablas publicadas en el ANUARIO a partir de la edición de 2023. La edición de 2022 contenía las tablas con los 205 satélites descubiertos hasta ese año, en las siguientes ediciones el número se reduce a 67. Si se necesita disponer de los elementos orbitales y datos físicos de todos los satélites, se puede recurrir a la página de la NASA:

https://ssd.jpl.nasa.gov/sats/discovery.html

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. Cuando esta inclinación es mayor que 90°, la órbita es retrógrada; tal es el caso de Tritón. La elongación (o separación) máxima se refiere a la oposición media del planeta, viene dada en (°, ′, ″).

La segunda tabla está dedicada a los periodos y descubrimientos de cada satélite. Ambos periodos, de traslación y de rotación, vienen dados en días. Los periodos orbitales precedidos por la letra R se refieren a órbitas retrógradas. Los periodos de rotación son, en muchos casos, síncronos con la revolución alrededor del planeta, y así se indica en los casos en que ha podido determinarse.

En la actualidad los descubrimientos de satélites suelen ser realizados por equipos de investigadores. A fin de no recargar la tabla, en ella se utiliza el acrónimo SJFM para el equipo formado por S. Sheppard, D. Jewitt, Y. Fernandez y G. Magnier. 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 indica la masa cuando es inferior a 10^{15} kg. Cuando el tamaño del satélite es muy incierto, se da un tamaño estimado precedido del símbolo ∼.

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.

Elementos orbitales

planeta	satélite	semieje mayor (10^3 km)	semieje mayor (en R_P)	excentri–cidad	inclina–ción (°)	máxima elongac.
Tierra:						
	Luna	384,400	60,27	0,0554	5,16	
Marte:						
I	Fobos	9,377	2,76	0,015	1,1	25″
II	Deimos	23,463	6,91	0,000	1,8	1′ 03″
Júpiter:						
I	Ío	421,8	5,90	0,004	0,0	2′ 19″
II	Europa	671,1	9,39	0,009	0,5	3′ 41″
III	Ganímedes	1070,4	14,97	0,001	0,2	5′ 52″
IV	Calisto	1882,7	26,33	0,007	0,3	10′ 19″
V	Amaltea	181,4	2,54	0,003	0,4	1′ 00″
VI	Himalia	11440	160,00	0,160	28,1	1° 02′ 39″
VII	Elara	11712	163,80	0,211	27,94	1° 04′ 10″
VIII	Pasífae	23468	328,22	0,412	148,4	2° 09′ 07″
IX	Sinope	23684	331,24	0,264	157,3	2° 10′ 50″
X	Lisitea	11701	163,65	0,117	27,2	1° 04′ 10″
XI	Carme	23144	323,69	0,256	164,6	2° 07′ 52″
XII	Ananké	21035	294,20	0,237	147,6	1° 56′ 09″
XIII	Leda	11146	155,89	0,162	28,6	1° 01′ 02″
XIV	Tebe	221,9	3,10	0,018	1,1	1′ 13″
XV	Adrastea	129	1,80	0,000	0,0	42″
XVI	Metis	128	1,79	0,000	0,0	42″
XVII	Calírroe	23796	332,81	0,297	145,1	2° 11′ 41″
XVIII	Temisto	7399	103,48	0,340	43,8	41′ 01″
Saturno:						
I	Mimas	186,0	3,09	0,020	1,6	30″
II	Encélado	238,4	3,96	0,005	0,0	38″
III	Tetis	295 ,0	4,90	0,001	1,1	48″
IV	Dione	377,7	6,27	0,002	0,0	1′ 01″
V	Rea	527,2	8,75	0,001	0,3	1′ 25″
VI	Titán	1221,9	20,28	0,3	0,306	3′ 17″
VII	Hiperión	1481,5	24,59	0,105	0,6	4′ 02″
VIII	Jápeto	3561,7	59,13	0,028	7,6	9′ 35″
IX	Febe	12929,4	214,63	0,164	175,2	34′ 51″
X	Jano	151,5	2,51	0,007	0,2	24″
XI	Epimeteo	151,4	2,51	0,020	0,3	24″
XII	Helena	377,6	6,27	0,007	0,2	1′ 01″

Elementos orbitales

planeta	satélite	semieje mayor (10^3 km)	semieje mayor (en R_P)	excentricidad	inclinación (°)	máxima elongac.
XIII	Telesto	295,0	4,90	0,001	1,2	48″
XIV	Calipso	295,0	4,90	0,001	1,5	48″
XV	Atlas	137,7	2,29	0,001	0,0	22″
XVI	Prometeo	139,4	2,31	0,002	0,0	23″
XVII	Pandora	141,7	2,35	0,004	0,0	23″
XVIII	Pan	133,6	2,22	0,000	0,0	22″
Urano:						
I	Ariel	190,9	7,47	0,001	0,0	14″
II	Umbriel	266	10,41	0,004	0,1	20″
III	Titania	436,3	17,07	0,001	0,1	33″
IV	Oberón	583,5	22,83	0,001	0,1	44″
V	Miranda	129,9	5,08	0,001	4,4	10″
VI	Cordelia	49,8	1,95	0,000	0,2	4″
VII	Ofelia	53,8	2,10	0,011	0,1	4″
VIII	Bianca	59,2	2,32	0,001	0,1	4″
IX	Cresida	61,8	2,42	0,000	0,1	5″
X	Desdémona	62,7	2,45	0,000	0,1	5″
XI	Julieta	64,4	2,52	0,001	0,0	5″
XII	Porcia	66,1	2,59	0,000	0,0	5″
XIII	Rosalinda	69,9	2,73	0,000	0,0	5″
XIV	Belinda	75,3	2,95	0,000	0,0	6″
XV	Puck	86	3,36	0,000	0,3	6″
XVI	Calibán	7167	280,40	0,200	141,4	9′ 06″
XVII	Sícorax	12193,2	477,04	0,520	157,0	15′ 20″
XVIII	Próspero	16221	634,62	0,441	149,4	20′ 30″
XIX	Setebos	17519,8	685,44	0,579	153,9	21′ 56″
XX	Esteban	7951,4	311,09	0,235	143,6	10′ 05″
Neptuno:						
I	Tritón	354,8	14,33	0,000	157,3	17″
II	Nereida	5504,0	222,29	0,749	5,8	4′ 20″
III	Náyade	48,2	1,95	0,000	4,7	2″
IV	Talasa	50,1	2,02	0,000	0,2	2″
V	Despina	52,5	2,12	0,000	0,0	2″
VI	Galatea	62,0	2,50	0,000	0,0	3″
VII	Larisa	73,5	2,97	0,001	0,2	3″
VIII	Proteo	117,6	4,75	0,000	0,0	6″

Periodos y descubrimiento

planeta	satélite	periodo orbital (d)	periodo de rotación (d)	descubrimiento
Tierra:				
	Luna	27,321582	síncr.	
Marte:				
I	Fobos	0,319033	síncr.	1877 A.Hall
II	Deimos	1,262361	síncr.	1877 A.Hall
Júpiter:				
I	Ío	1,762732	síncr.	1610 Galileo
II	Europa	3,525463	síncr.	1610 Galileo
III	Ganímedes	7,155588	síncr.	1610 Galileo
IV	Calisto	16,690440	síncr.	1610 Galileo
V	Amaltea	0,499918	síncr.	1892 E. Barnard
VI	Himalia	250,562210	0,4	1904 C. Perrine
VII	Elara	259,639884	0,5	1905 C. Perrine
VIII	Pasífae	R 743,612321		1908 P. Melotte
IX	Sinope	R 758,849903		1914 S. Nicholson
X	Lisitea	259,198081		1938 S. Nicholson
XI	Carme	R 734,185280		1938 S. Nicholson
XII	Ananké	R 629,791691		1951 S. Nicholson
XIII	Leda	240,926609		1974 C. Kowal
XIV	Tebe	0,676105	síncr.	1979 Voyager 1
XV	Adrastea	0,298260		1979 Voyager 1
XVI	Metis	0,294779		1979 Voyager 1
XVII	Calírroe	R 758,860222		1999 Spacewatch, MPC
XVIII	Temisto	130,028096		1975/2000 SJFM
Saturno:				
I	Mimas	0,942422	síncr.	1789 W. Herschel
II	Encélado	1,370218	síncr.	1789 W. Herschel
III	Tetis	1,887802	síncr.	1684 G. Cassini
IV	Dione	2,736916	síncr.	1684 G. Cassini
V	Rea	4,517503	síncr.	1672 G. Cassini
VI	Titán	15,945448	síncr.	1655 C. Huygens
VII	Hiperión	21,276658		1848 Bond et al
VIII	Jápeto	79,331002	síncr.	1671 G. Cassini
IX	Febe	R 550,303910	0,4	1898 W. Pickering
X	Jano	0,697353	síncr.	1966 A. Dollfus
XI	Epimeteo	0,697012	síncr.	1978 Fountain et al
XII	Helena	2,736916		1980 Laques et al

Periodos y descubrimiento

planeta	satélite	periodo orbital (d)	periodo de rotación (d)	descubrimiento
XIII	Telesto	1,887802		1980 Smith et al
XIV	Calipso	1,887803		1980 Pascu et al
XV	Atlas	0,604602		1980 Voyager 1
XVI	Prometeo	0,615878		1980 Voyager 1
XVII	Pandora	0,631369		1980 Voyager 1
XVIII	Pan	0,575051		1990 M. Showalter
Urano:				
I	Ariel	2,520680	síncr.	1851 W. Lassell
II	Umbriel	4,144548	síncr.	1851 W. Lassell
III	Titania	8,706444	síncr.	1787 W. Herschel
IV	Oberón	13,463606	síncr.	1787 W. Herschel
V	Miranda	1,413784	síncr.	1948 G. Kuiper
VI	Cordelia	0,334569		1986 Voyager 2
VII	Ofelia	0,376855		1986 Voyager 2
VIII	Bianca	0,435007		1986 Voyager 2
IX	Cresida	0,463154		1986 Voyager 2
X	Desdémona	0,473228		1986 Voyager 2
XI	Julieta	0,493479		1986 Voyager 2
XII	Porcia	0,513196		1986 Voyager 2
XIII	Rosalinda	0,558459		1986 Voyager 2
XIV	Belinda	0,623527		1986 Voyager 2
XV	Puck	0,761447		1985 Voyager 2
XVI	Calibán	R 579,759509		1997 Gladman et al
XVII	Sícorax	R 1288,404787		1997 Gladman et al
XVIII	Próspero	R 1979,406729		1999 Holman et al
XIX	Setebos	R 2224,938324		1999 Kavelaars et al
XX	Esteban	R 677,557462		1999 Gladman et al
Neptuno:				
I	Tritón	R 5,876994	síncr.	1846 W. Lassell
II	Nereida	360,140332		1949 G. Kuiper
III	Náyade	0,293980		1989 Voyager 2
IV	Talasa	0,311078		1989 Voyager 2
V	Despina	0,334656		1989 Voyager 2
VI	Galatea	0,428744		1989 Voyager 2
VII	Larisa	0,554989		1989 Voyager 2
VIII	Proteo	1,122315		1989 Voyager 2

Datos físicos y fotométricos

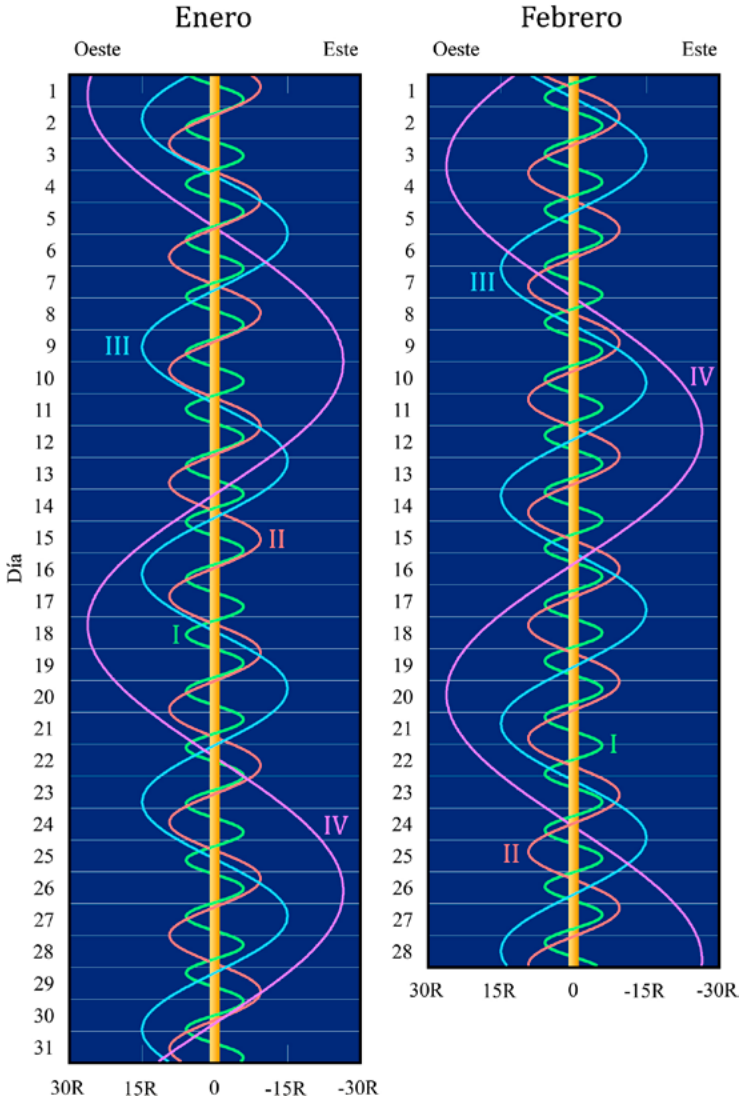
planeta	satélite	diámetro (km)	masa (10^{20} kg)	densidad (g cm^{-3})	magn. oposic.	albedo geom.
Tierra:						
	Luna	3475	735	3,344	−12,74	0,12
Marte:						
I	Fobos	26×22×19	$1{,}1\ 10^{-4}$	1,90	11,8	0,06
II	Deimos	16×12×10	$1{,}8\ 10^{-5}$	1,76	12,89	0,06
Júpiter:						
I	Ío	3643	893	3,528	5,02	0,63
II	Europa	3122	480	3,013	5,29	0,67
III	Ganímedes	5262	1481	1,942	4,61	0,43
IV	Calisto	4821	1076	1,834	5,65	0,17
V	Amaltea	167	0,025	0,849	14,1	0,09
VI	Himalia	~170	0,023	0,883	14,2 R	0,04
VII	Elara	~80	0,009	2,6	16,0 R	0,03
VIII	Pasífae	~36	0,003	2,6	16,8 R	0,10
IX	Sinope	~28	0,001	2,6	18,2 R	0,05
X	Lisitea	~24	0,001	2,6	18,1 R	0,04
XI	Carme	~30	0,001	2,6	18,1 R	0,06
XII	Ananké	~20	$3\ 10^{-4}$	2,6	19,1 R	0,06
XIII	Leda	~10	10^{-4}	2,6	19,2 R	0,04
XIV	Tebe	99	0,005	3,0	16,0	0,05
XV	Adrastea	16,4	$2\ 10^{-5}$	3,0	18,7	~ 0,1
XVI	Metis	43	$3\ 10^{-4}$	3,0	17,5	0,06
XVII	Calírroe	9	10^{-5}	2,6	20,8 R	0,04
XVIII	Temisto	8	10^{-5}	2,6	21,0 R	0,04
Saturno:						
I	Mimas	398	0,375	1,152	12,8	0,60
II	Encélado	505	1,080	1,606	11,8	1,04
III	Tetis	1073	6,176	0,956	10,2	0,80
IV	Dione	1125	10,957	1,469	10,4	0,6
V	Rea	1529	23,09	1,233	9,6	0,6
VI	Titán	5151	1345,53	1,880	8,4	0,2
VII	Hiperión	266	0,108	0,569	14,4	0,3
VIII	Jápeto	1469	18,059	1,088	11	0,6
IX	Febe	213	0,083	1,633	16,4	0,08
X	Jano	204×186×152	0,020	0,650	14,4	0,5
XI	Epimeteo	130×114×106	0,006	0,630	15,6	0,5
XII	Helena	32	0,003	1,5	18,4	0,6

Datos físicos y fotométricos

planeta	satélite	diámetro (km)	masa (10^{20} kg)	densidad (g cm^{-3})	magn. oposic.	albedo geom.
XIII	Telesto	32×24×20	$7\ 10^{-5}$	1,0	18,5	1,0
XIV	Calipso	31×19×13	$4\ 10^{-5}$	1,0	18,7	0,7
XV	Atlas	41×36×19	$7\ 10^{-5}$	0,460	19,0	0,5
XVI	Prometeo	136×83×56	0,001	0,270	15,8	0,5
XVII	Pandora	104×82×63	0,001	0,420	16,4	0,5
XVIII	Pan	34×31×21	$5\ 10^{-5}$	0,420	19,4	0,5
Urano:						
I	Ariel	1162×1156×1155	13,53	1,670	13,70	0,34
II	Umbriel	1169	11,72	1,400	14,47	0,18
III	Titania	1578	35,27	1,710	13,49	0,27
IV	Oberón	1523	30,14	1,630	13,70	0,24
V	Miranda	480×468×466	0,659	1,200	15,79	0,27
VI	Cordelia	26	$4\ 10^{-4}$	1,3	23,62	0,07
VII	Ofelia	32	$5\ 10^{-4}$	1,3	23,26	0,07
VIII	Bianca	44	$9\ 10^{-4}$	1,3	22,52	0,07
IX	Cresida	66	0,003	1,3	21,58	0,07
X	Desdémona	59	0,002	1,3	21,99	0,07
XI	Julieta	84	0,006	1,3	21,12	0,07
XII	Porcia	110	0,017	1,3	20,42	0,07
XIII	Rosalinda	58	0,003	1,3	21,79	0,07
XIV	Belinda	68	0,004	1,3	21,47	0,07
XV	Puck	154	0,029	1,3	19,75	0,07
XVI	Calibán	~60	0,003	1,5	22,4 R	0,04
XVII	Sícorax	~120	0,027	1,5	20,8 R	0,04
XVIII	Próspero	<100	0,001	1,5	23,2 R	0,04
XIX	Setebos	~48	0,001	1,5	23,3 R	0,04
XX	Esteban	~32	$3\ 10^{-4}$	1,5	24,1 R	0,04
Neptuno:						
I	Tritón	2705	214,029	2,065	13,54	0,70
II	Nereida	340	0,309	1,5	19,2 R	0,20
III	Náyade	58	0,001	1,251	23,91	0,06
IV	Talasa	80	0,003	1,318	23,32	0,06
V	Despina	148	0,017	1,030	22,00	0,06
VI	Galatea	158	0,028	1,378	21,85	0,06
VII	Larisa	192	0,038	1,030	21,49	0,06
VIII	Proteo	416	0,387	1,030	19,75	0,06

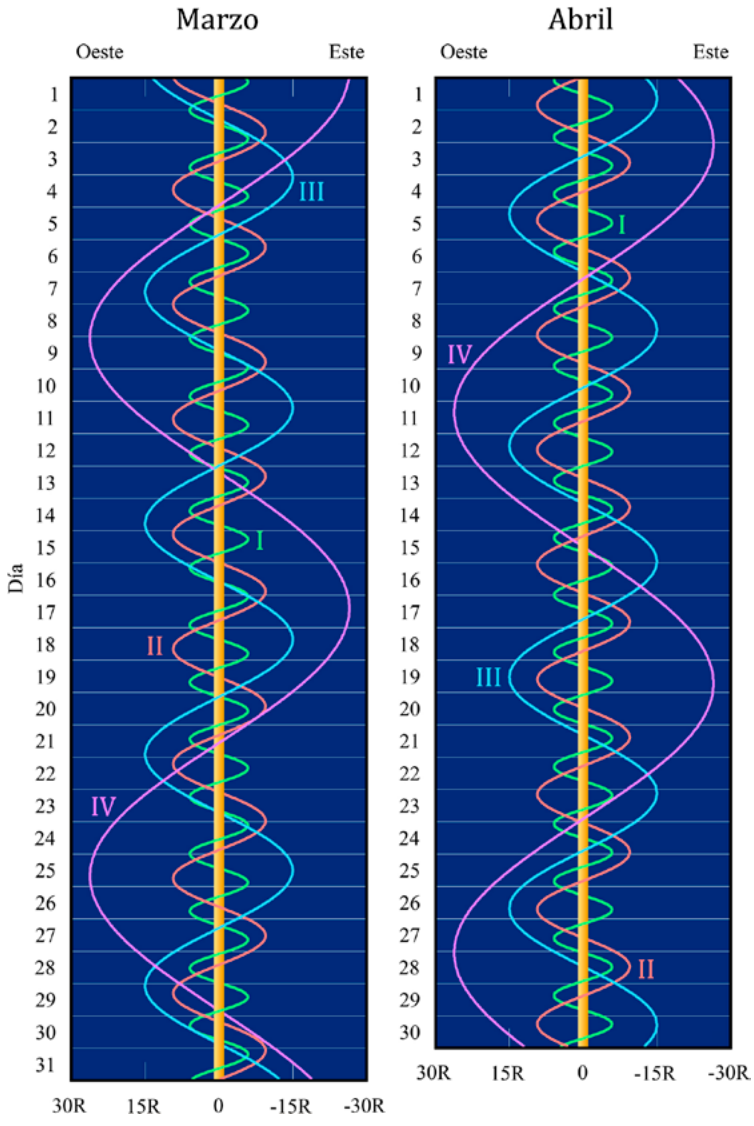
Posiciones relativas de los satélites galileanos de Júpiter

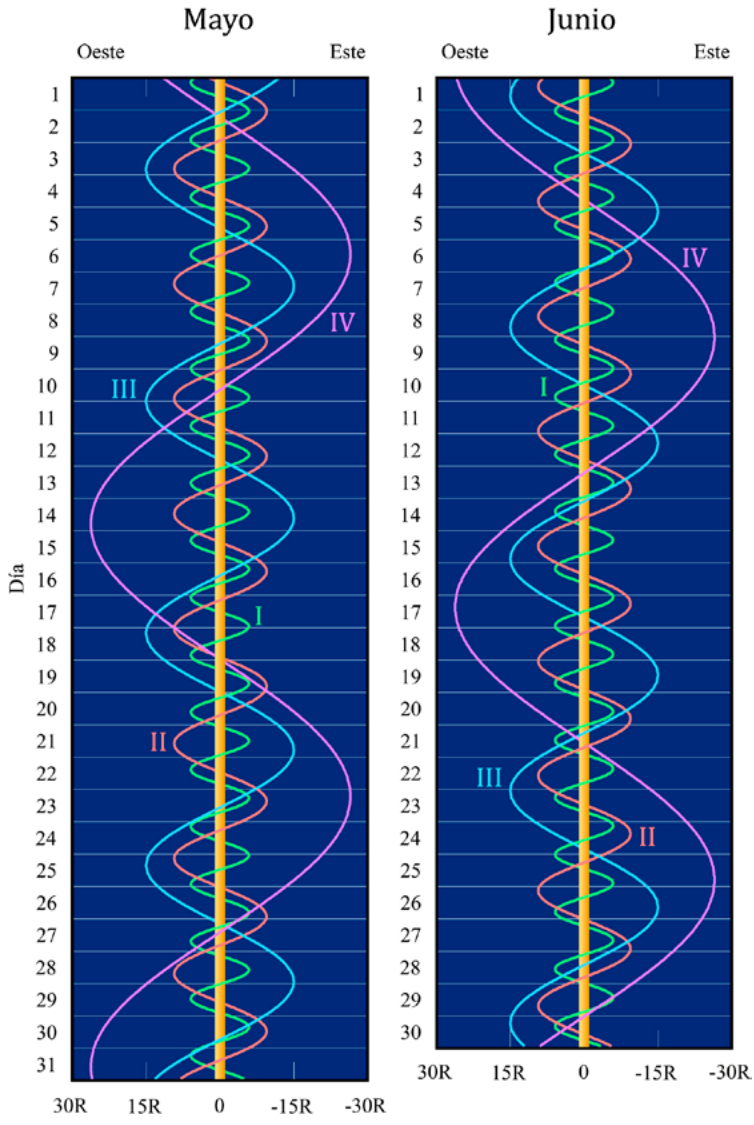
De menor a mayor amplitud, las posiciones dibujadas corresponden a Ío (I), Europa (II), Ganímedes (III) y Calisto (IV).

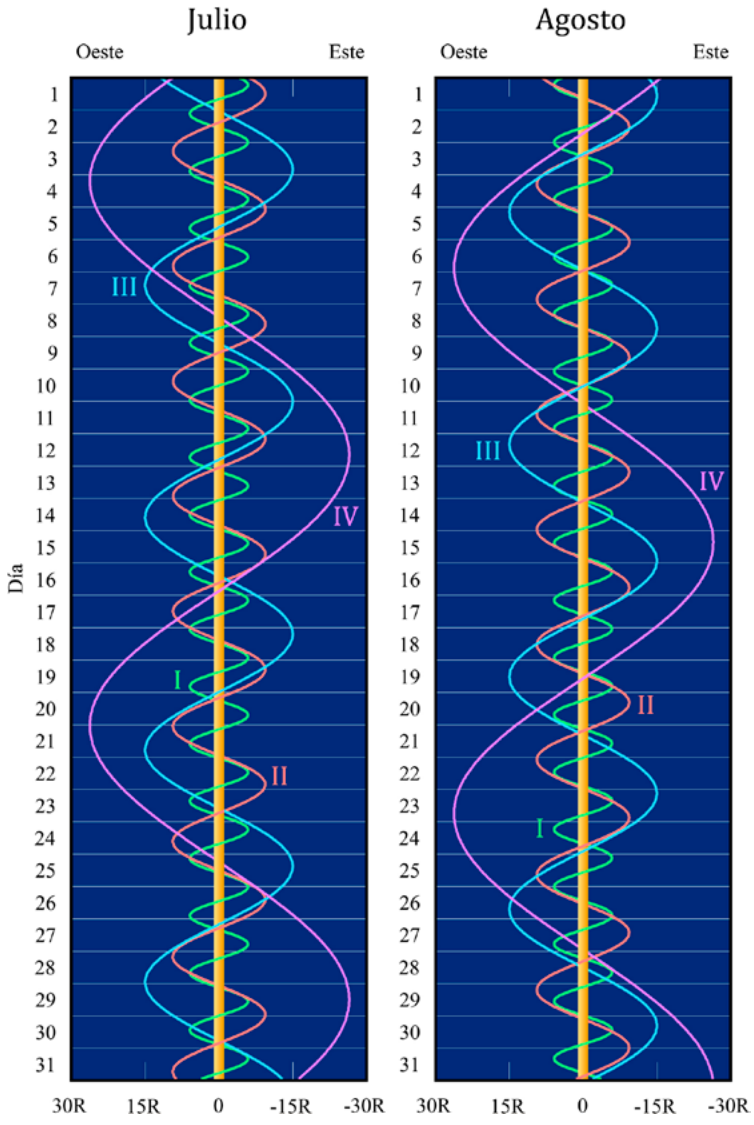


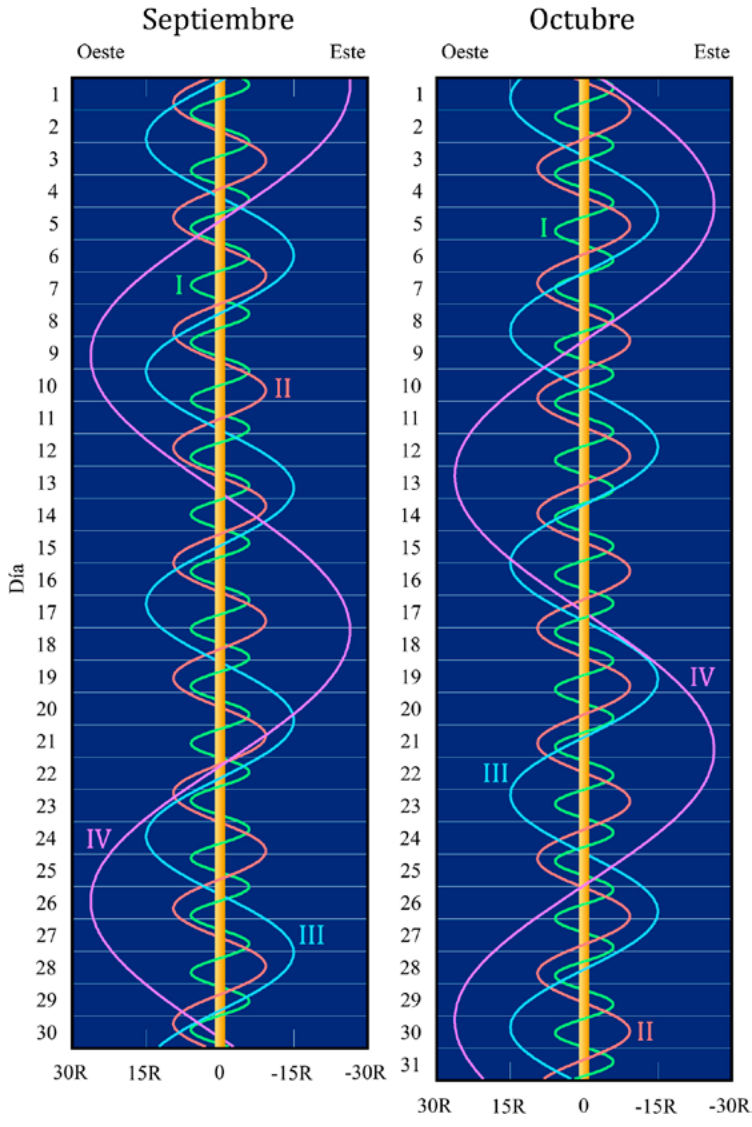
Obsérvese que oeste y este están colocados como se ven en un telescopio y al revés de cómo se ven con unos prismáticos.

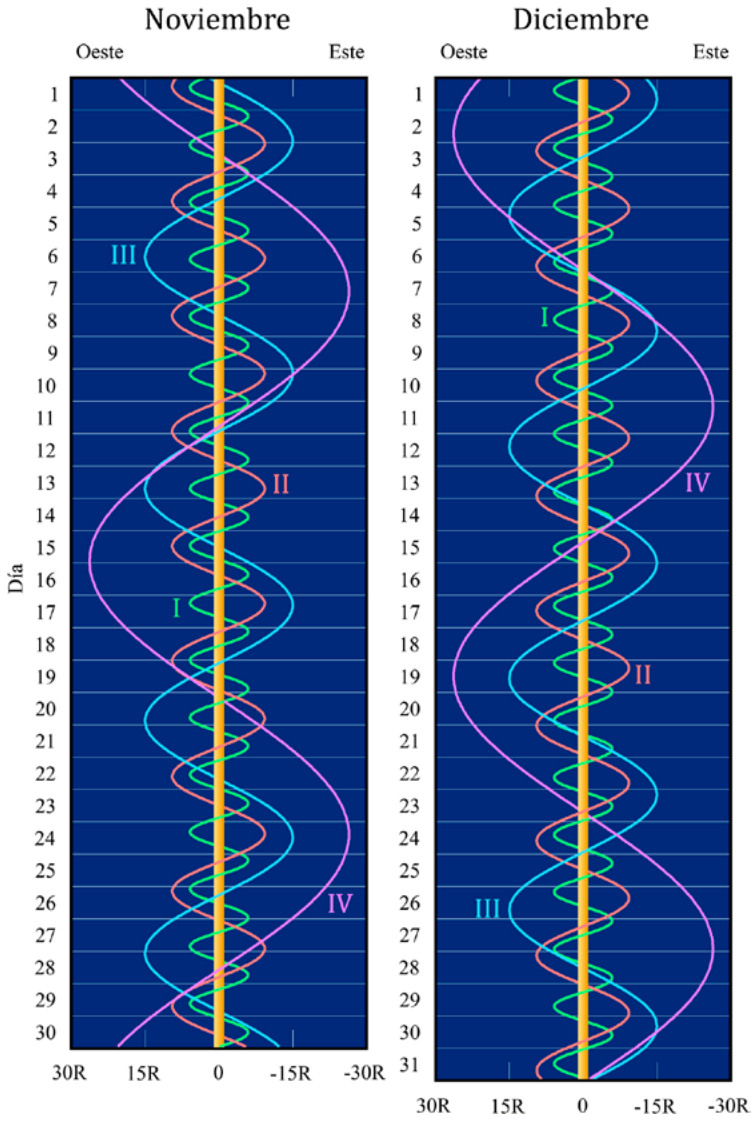
La línea vertical central indica el tamaño del planeta. La separación respecto del centro del planeta viene dada en radios planetarios (R).




Mayo
Oeste
Este
Día
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
IV
III
I
II
30R
15R
0
-15R
-30R
Junio
Oeste
Este
IV
I
III
II
30R
15R
0
-15R
-30R

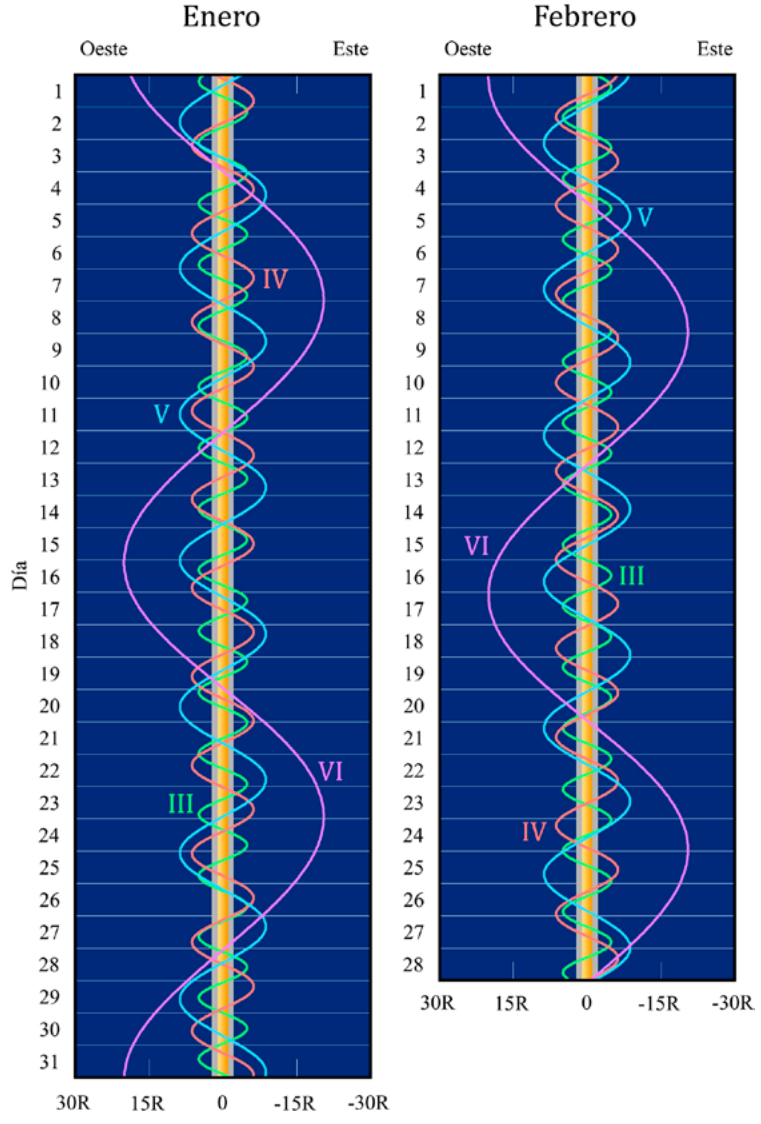

Julio
Oeste
Este
Día
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
III
IV
I
II
30R
15R
0
-15R
-30R
Agosto
Oeste
Este
III
IV
II
I
30R
15R
0
-15R
-30R


Septiembre
Oeste
Este
Día
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
I
II
III
IV
30R
15R
0
-15R
-30R
Octubre
Oeste
Este
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
I
II
III
IV
30R
15R
0
-15R
-30R


Noviembre
Oeste
Este
Día
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
III
II
I
IV
30R
15R
0
-15R
-30R
Diciembre
Oeste
Este
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
I
IV
II
III
30R
15R
0
-15R
-30R

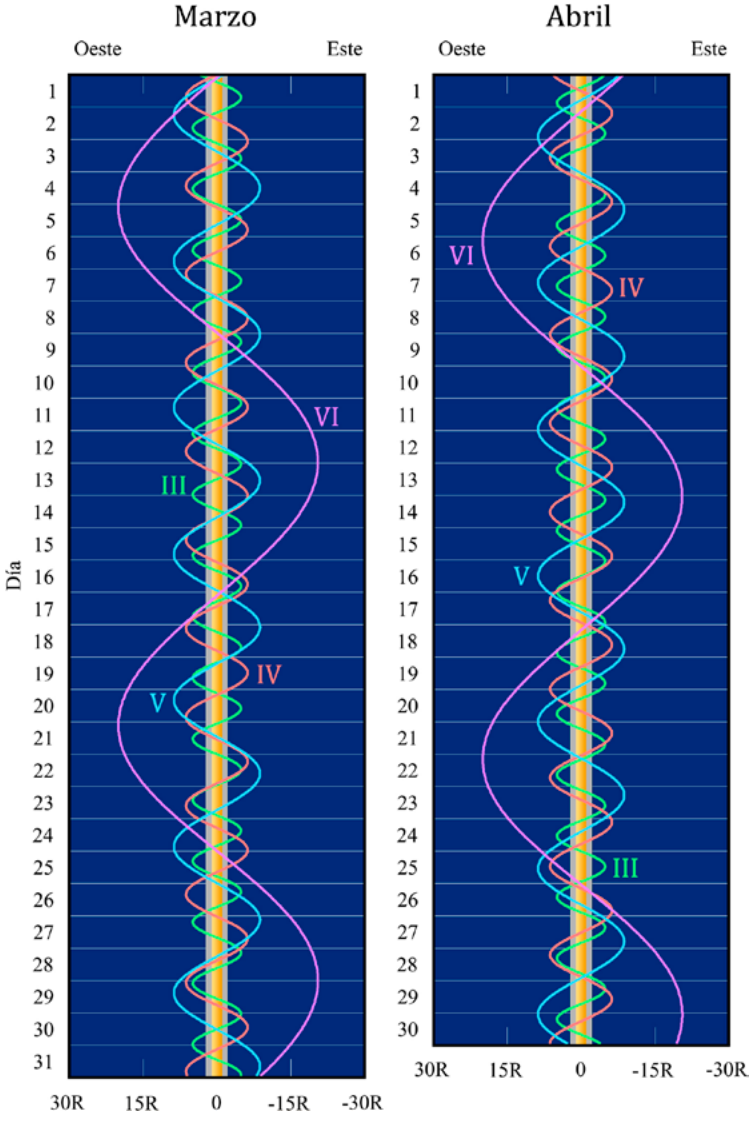
Posiciones relativas de los satélites de Saturno

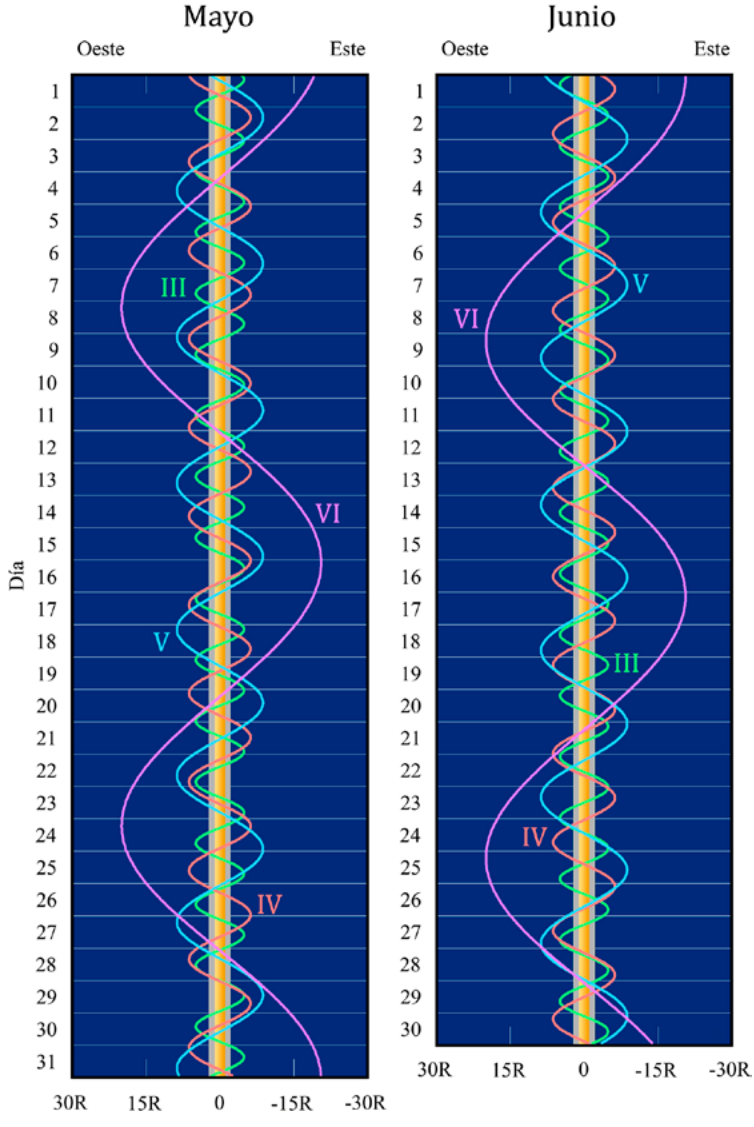
De menor a mayor amplitud, las posiciones dibujadas corresponden a Tetis (III), Dione (IV), Rea (V) y Titán (VI).

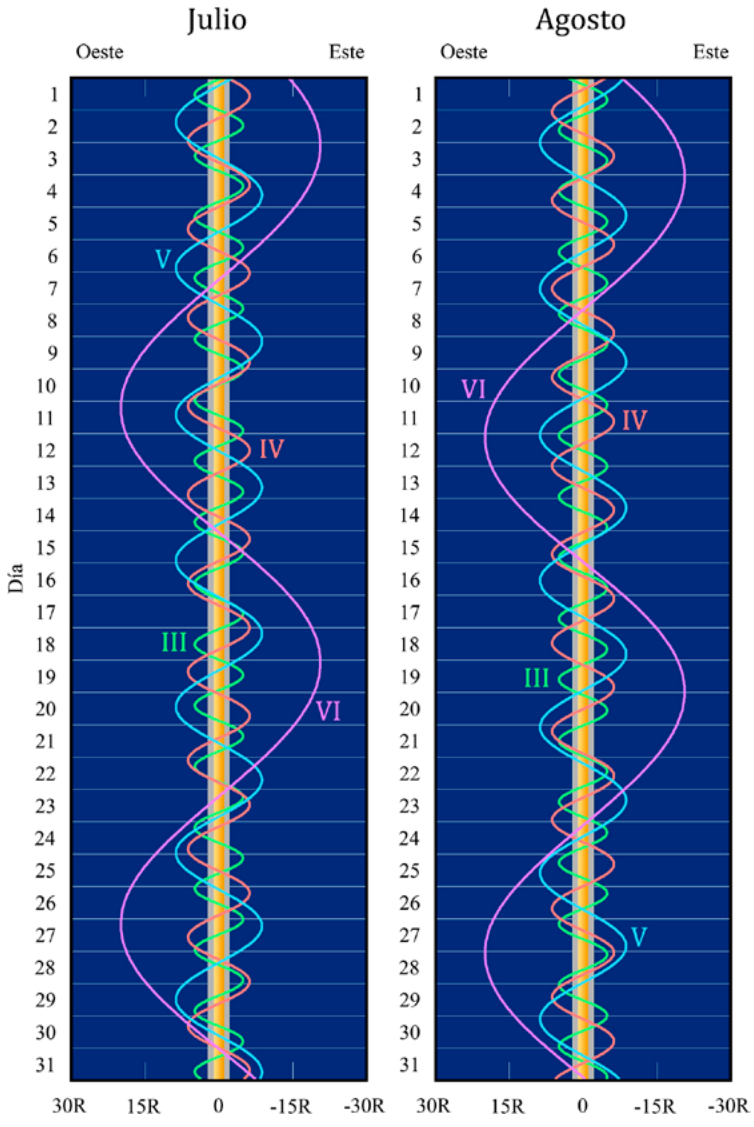


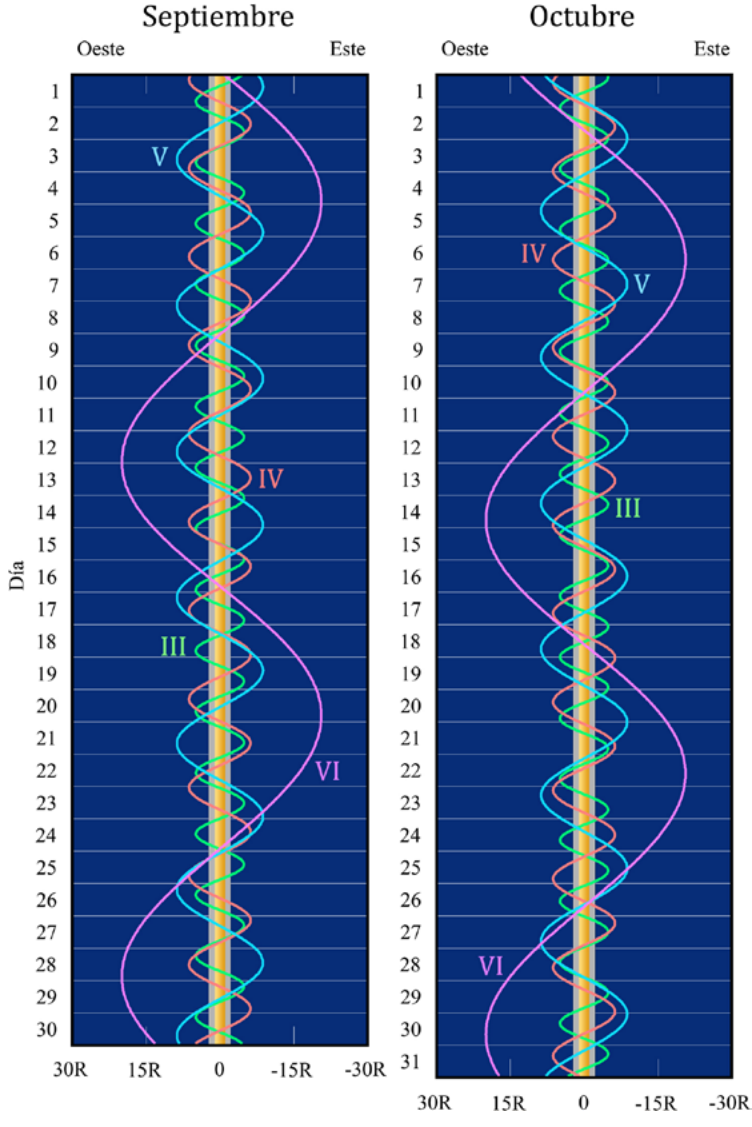
Obsérvese que oeste y este están colocados como se ven en un telescopio y al revés de cómo se ven con unos prismáticos.

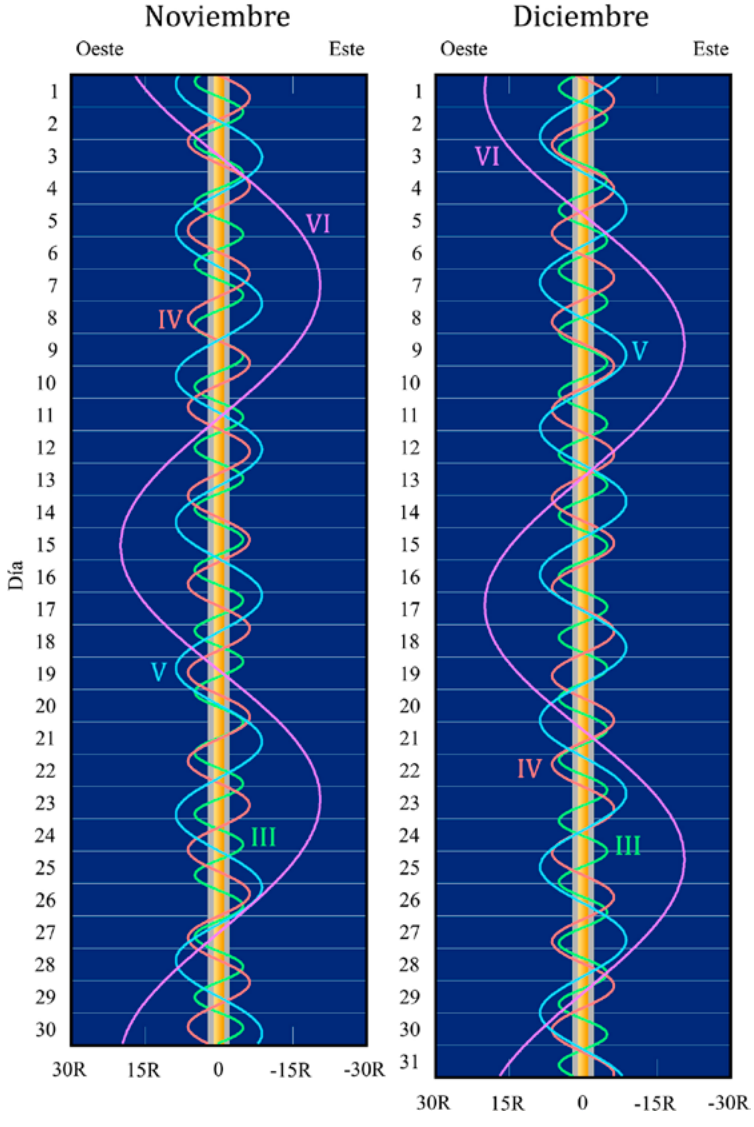
La línea vertical central indica el tamaño del planeta y de los anillos. La separación respecto del centro del planeta viene dada en radios planetarios (R).




Mayo
Oeste
Este
Día
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
III
VI
V
IV
30R
15R
0
-15R
-30R
Junio
Oeste
Este
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
VI
V
III
IV
30R
15R
0
-15R
-30R


Julio
Oeste
Este
Día
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
V
IV
III
VI
30R
15R
0
-15R
-30R
Agosto
Oeste
Este
VI
IV
III
V
30R
15R
0
-15R
-30R


Septiembre
Oeste
Este
Día
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
V
IV
III
VI
30R
15R
0
-15R
-30R
Octubre
Oeste
Este
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
IV
V
III
VI
30R
15R
0
-15R
-30R


Noviembre
Oeste
Este
Día
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
VI
IV
V
III
30R
15R
0
-15R
-30R
Diciembre
Oeste
Este
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
VI
V
IV
III
30R
15R
0
-15R
-30R



CAPÍTULO 6

Objetos menores del sistema solar

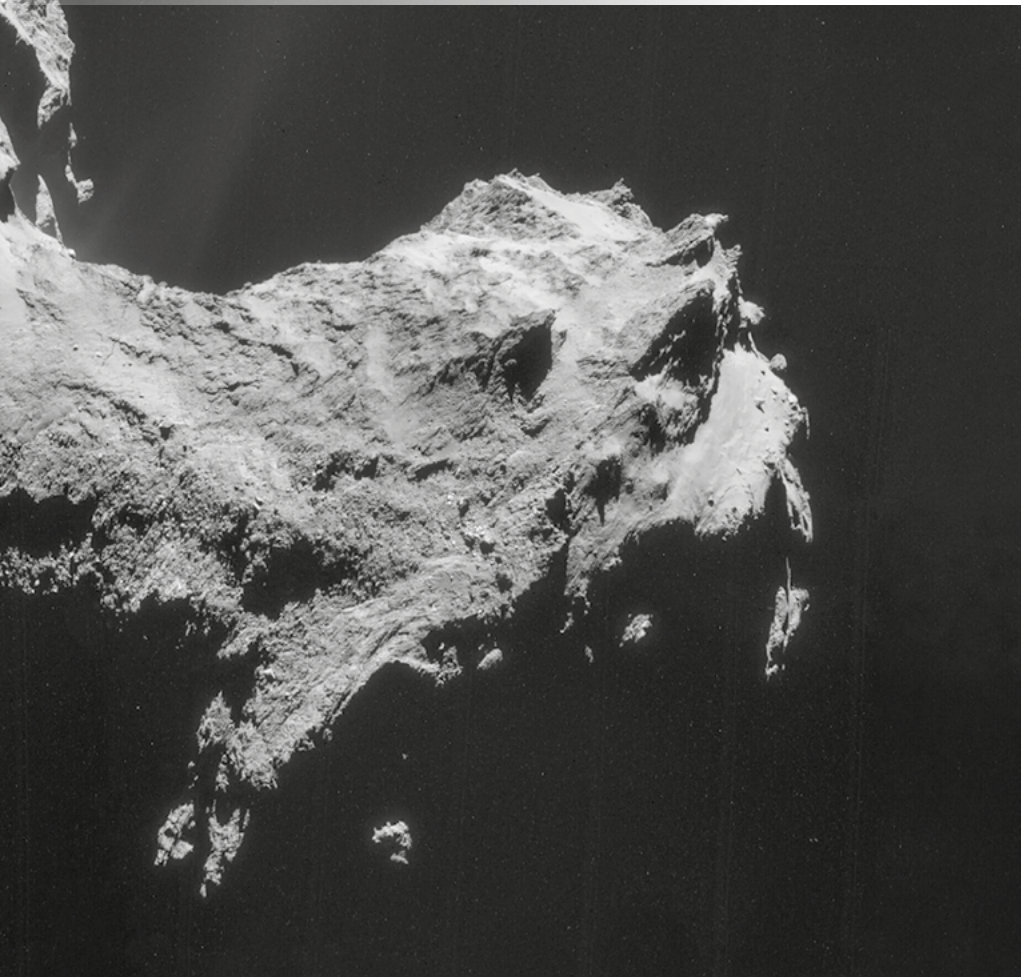




Imagen tomada por la cámara de navegación de Rosetta (NavCam) el 19 de septiembre de 2014 a una distancia de 28,6 km del centro del cometa 67P/ Churyumov-Gerasimenko. ESA/Rosetta/NAVCAM

Además de los ocho planetas con sus satélites, en el sistema solar se encuentran presentes otros cientos de miles de cuerpos de menor tamaño que orbitan en torno al Sol. Entre estos astros, cuyas principales efemérides se muestran en este capítulo, podemos considerar tres grupos: planetas enanos, asteroides y cometas. También se mencionan las principales lluvias de estrellas, producidas por cuerpos de menor tamaño, los meteoroides.

La categoría de planeta enano fue introducida por la Unión Astronómica Internacional (IAU, por sus siglas en inglés) en 2006. Hasta entonces Plutón se había considerado el noveno planeta del sistema solar. Sin embargo el descubrimiento de otros cuerpos de similares características (y que por tanto también habrían sido considerados planetas), pero cuyas propiedades en conjunto diferían de forma significativa de las de los otros ocho, llevó a la clarificación de las categorías. La IAU establece que se considera planeta al cuerpo que cumple tres propiedades: 1. orbita en torno al Sol (y no respecto a otro cuerpo, como los satélites), 2. tiene suficiente masa como para que su propia gravedad supere la fuerza de cuerpo rígido, por lo que tiene una forma casi esférica, y 3. su efecto gravitatorio es suficientemente marcado como para que haya limpiado su órbita, mediante atracción o expulsión, de la presencia de otros cuerpos similares. Los ocho planetas considerados actualmente cumplen las tres características. Sin embargo hay algunos cuerpos, entre ellos Plutón, que cumplen las dos primeras, pero no la tercera. Para ellos se creó la categoría de planetas enanos.

Actualmente existen cinco cuerpos clasificados como planetas enanos: el propio Plutón, Ceres, Eris, Makemake y Haumea. Ceres está en el cinturón de asteroides, ubicado entre las órbitas de Marte y Júpiter, mientras que los demás están, como Plutón, en el cinturón de Kuiper, más allá de la órbita de Neptuno. Otros cuerpos, como Quaoar, Sedna, Orcus o Gonggong, están en consideración. Plutón orbita junto a otro cuerpo, Caronte, que también fue propuesto como posible planeta enano, aunque actualmente está clasificado como satélite de Plutón. En caso de que fuera considerado planeta enano, conformarían un sistema doble.

Los asteroides son cuerpos rocosos de menor tamaño que los planetas enanos, y por tanto sin la capacidad gravitatoria de alcanzar forma cuasiesférica, por lo que tienen formas muy irregulares. Actualmente se sabe que hay más de 1 300 000 asteroides en el sistema solar. La mayor parte de ellos se concentran en el llamado cinturón de asteroides, entre las órbitas de Marte y Júpiter. Otros, denominados troyanos, se acumulan en los puntos de Lagrange de las órbitas de algunos de los planetas, formando una población

especialmente significativa en el caso de Júpiter. El resto tienen trayectorias dispersas que cruzan las órbitas de los planetas. Ceres era el mayor asteroide conocido hasta la creación de la categoría de planeta enano y su reclasificación como tal. Desde entonces, el mayor asteroide es Vesta, con un diámetro de unos 530 kilómetros, pero el rango de tamaños llega hasta asteroides con apenas 10 metros de diámetro. La masa sumada de todos los asteroides del sistema solar es muy inferior a la de nuestra propia Luna.

Los cometas son cuerpos de roca y polvo, como los asteroides, pero que también están compuestos parcialmente de hielos. Tienen órbitas con una alta elipticidad y, cuando sus trayectorias les acercan al Sol, la radiación solar recibida hace que parte de sus hielos se derritan. Esto produce la formación de una brillante cola característica, que puede alcanzar un tamaño mayor que algunos de los planetas. Estas "estrellas con cabellera" son a veces visibles en el cielo terrestre, en algunos casos excepcionales incluso de día, lo que ha sido registrado por diversas civilizaciones a lo largo de nuestra historia. Actualmente tenemos identificados casi 4000 cometas. A día de hoy sabemos que los cometas son material residual de los orígenes del sistema solar, por lo que su análisis proporciona información de gran relevancia sobre el proceso de formación de nuestro sistema planetario. De hecho se considera que los cometas pueden haber jugado un papel esencial al traer agua u otros compuestos orgánicos a la Tierra en estas primeras fases de su existencia, aportando ingredientes claves para el posterior desarrollo de la vida.

En este capítulo se habla también sobre las lluvias de meteoros, o lluvias de estrellas fugaces, observables desde la Tierra. Los meteoroides son rocas, con tamaños que van desde granos de polvo hasta fragmentos rocosos de 1 metro, que flotan en el espacio. Cuando un meteoroide entra en la atmósfera de la Tierra, la interacción con el aire hace que se queme, y vemos la traza brillante que deja en el cielo hasta que se consume y desaparece. En este caso tenemos un meteoro. Cuando el meteoroide tiene suficiente masa como para sobrevivir a su paso por la atmósfera terrestre y aún queda un resto rocoso cuando llega a tierra, tenemos un meteorito. Podemos ver meteoros en el cielo nocturno en cualquier momento del año, pero hay épocas con una incidencia mucho más alta de estos fenómenos. A esos episodios los conocemos como lluvias de estrellas. Esto ocurre en momentos específicos del año, cuando la Tierra, en su recorrido por su órbita alrededor del Sol, atraviesa la zona de restos dejada por algún cometa. Un ejemplo de ello son las perseidas, una de las lluvias más intensas del año, que tiene su pico de actividad a mediados de agosto y que se produce cuando la Tierra atraviesa el rastro de escombros dejado por el cometa Swift-Tuttle.

6.1. Estadísticas de objetos menores

Número de objetos conocidos de distinto tipo en julio de 2026:

Planetas enanos:	5
Satélites de los planetas enanos:	9
Asteroides descubiertos:	~ 1 547 000
Asteroides numerados:	~ 887 000
Asteroides nombrados:	~ 25 000
Ritmo anual de descubrimiento de asteroides:	~ 100 000
Asteroides potencialmente peligrosos:	2536
Objetos Atenas ($Q > 0{,}983$ ua, $a < 1$ ua):	3437
Objetos Apolo ($q < 1{,}017$ ua, $a > 1$ ua):	21 487
Objetos Amor ($1{,}017 < q < 1{,}3$ ua):	16 686
Objetos Centauro (entre Júpiter y Neptuno):	393
Objetos transneptunianos:	3815
Cometas con denominación IAU:	~ 4634
Cometas de corto periodo numerados:	514
Ritmo de descubrimiento de cometas:	~ 100 por año
Masa total de los asteroides:	0,0005 $\mathcal{M}_\oplus$
Masa del cinturón de Kuiper:	0,03-0,1 $\mathcal{M}_\oplus$
Masa de la nube exterior de Oort:	~ 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 *Asteroides cercanos a la Tierra* en la página 301.

6.2. 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:

1) está en órbita alrededor del Sol,
2) 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),

3) no ha limpiado de otros cuerpos similares la vecindad de su órbita y
4) no es un satélite.

Según tal definición, Plutón deja de ser un planeta en el sentido clásico y pasa a ser catalogado como planeta enano. Además, es el prototipo de una nueva categoría de objetos transneptunianos que la IAU, en la reunión de su Comite Ejecutivo celebrada en Oslo en junio de 2008, ha decidido denominar oficialmente *plutoide* y que corresponde a los planetas enanos más alejados del Sol que Neptuno.

También pasaron a ser planetas enanos el asteroide Ceres, el plutoide Eris y, en junio y septiembre del año 2008, los plutoides Makemake y Haumea.

Elementos orbitales y físicos de los planetas enanos

En las tablas siguientes figuran los elementos orbitales de los planetas enanos referidos al equinoccio y eclíptica medios J2000.0. Cuando alguna magnitud se expresa en *años* se refiere a años julianos, de 365,25 días.

La explicación de los distintos parámetros que aparecen en las tablas puede encontrarse en el capítulo dedicado a los planetas.

Elementos orbitales (J2000.0)

Planeta	inclinación i	longitud del nodo, Ω	argumento perihelio, ω	longitud del perihelio, ϖ
Ceres	10°,587	80°,409	73°,213	153°,622
Plutón	17°,142	110°,303	113°,764	224°,067
Haumea	28°,225	122°,104	239°,360	361°,464
Makemake	28°,998	79°,597	298°,410	378°,007
Eris	44°,179	35°,874	151°,506	187°,380

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

Distancias orbitales (J2000.0)

Planeta	semieje mayor, a en ua	semieje mayor, a 10^6 km	excentricidad, e	distancias (ua) q, mínima	distancias (ua) 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: 1361 W m^{-2} = 1,96 cal min^{-1} cm^{-2}.

Tamaño

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

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

Masa

Planeta	masa, M_p ($\mathcal{M}_\oplus$)	densidad media (g cm^{-3})	gravedad superf. ecu. (m s^{-2})	constante gravit., GM_p (10^{10} m^3 s^{-2})
Ceres	0,00016	2,2	0,56	6
Plutón	0,00218	1,9	0,62	87
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.
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 de los planetas enanos

Coordenadas astrométricas, incluyendo perturbaciones planetarias.

CERES 2027

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta α_{2000} ($^h\ ^m\ ^s$)	declinación δ_{2000} ($^\circ\ '\ ''$)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	Ángulo de fase β (º)	mag. V
Ene	1	07 24 12,8	+29 18 24	1,637	2,609	4	6,9
Ene	11	07 13 57,4	+30 17 07	1,627	2,603	3	6,8
Ene	21	07 03 49,6	+31 03 49	1,645	2,597	7	7,0
Ene	31	06 55 10,4	+31 36 16	1,690	2,591	11	7,3
Feb	10	06 49 02,5	+31 55 01	1,759	2,586	14	7,5
Feb	20	06 46 04,0	+32 02 17	1,847	2,581	17	7,7
Mar	2	06 46 23,6	+32 00 40	1,949	2,577	20	7,9
Mar	12	06 49 53,4	+31 52 06	2,062	2,572	21	8,1
Mar	22	06 56 15,2	+31 37 43	2,182	2,568	22	8,2
Abr	1	07 05 04,3	+31 17 58	2,305	2,564	23	8,3
Abr	11	07 15 58,0	+30 52 41	2,429	2,561	23	8,5
Abr	21	07 28 34,3	+30 21 31	2,552	2,558	23	8,5
May	1	07 42 32,2	+29 44 06	2,671	2,555	22	8,6
May	11	07 57 35,4	+28 59 56	2,787	2,553	21	8,7
May	21	08 13 28,6	+28 08 50	2,896	2,551	20	8,7
May	31	08 29 59,0	+27 10 39	2,999	2,549	19	8,8
Jun	10	08 46 56,7	+26 05 22	3,095	2,548	18	8,8
Jun	20	09 04 12,7	+24 53 14	3,183	2,547	16	8,8
Jun	30	09 21 39,9	+23 34 34	3,262	2,546	14	8,8
Jul	10	09 39 13,5	+22 09 45	3,332	2,546	13	8,8
Jul	20	09 56 48,6	+20 39 25	3,393	2,546	11	8,7
Jul	30	10 14 22,5	+19 04 10	3,444	2,547	9	8,7
Ago	9	10 31 53,2	+17 24 41	3,486	2,547	7	8,6
Ago	19	10 49 18,6	+15 41 49	3,517	2,549	6	8,6
Ago	29	11 06 38,0	+13 56 19	3,537	2,550	4	8,5
Sep	8	11 23 51,2	+12 09 01	3,547	2,552	3	8,5
Sep	18	11 40 57,1	+10 20 53	3,545	2,555	3	8,5
Sep	28	11 57 55,8	+08 32 44	3,533	2,557	4	8,5
Oct	8	12 14 46,8	+06 45 31	3,510	2,560	6	8,6
Oct	18	12 31 29,0	+05 00 12	3,475	2,564	8	8,7
Oct	28	12 48 01,9	+03 17 40	3,430	2,567	10	8,7
Nov	7	13 04 23,6	+01 38 53	3,373	2,571	11	8,8
Nov	17	13 20 31,3	+00 04 48	3,306	2,576	13	8,8
Nov	27	13 36 22,4	−01 23 46	3,229	2,580	15	8,8
Dic	7	13 51 52,3	−02 45 55	3,142	2,585	16	8,8
Dic	17	14 06 55,1	−04 00 53	3,045	2,590	18	8,8
Dic	27	14 21 24,6	−05 08 00	2,941	2,596	19	8,8

PLUTÓN 2027

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	declinación δ_{2000} (^{o} $'$ $''$)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	Ángulo de fase β (^{o})	mag. V
Ene	1	20 29 33,3	−23 23 31	36,567	35,674	1	14,6
Ene	11	20 30 50,5	−23 19 29	36,631	35,681	0	14,6
Ene	21	20 32 10,5	−23 15 27	36,666	35,688	0	14,6
Ene	31	20 33 31,4	−23 11 33	36,672	35,695	0	14,6
Feb	10	20 34 51,4	−23 07 51	36,649	35,702	0	14,6
Feb	20	20 36 08,5	−23 04 31	36,598	35,709	1	14,6
Mar	2	20 37 20,9	−23 01 36	36,521	35,716	1	14,6
Mar	12	20 38 27,0	−22 59 14	36,419	35,723	1	14,6
Mar	22	20 39 25,3	−22 57 29	36,298	35,730	1	14,6
Abr	1	20 40 14,4	−22 56 25	36,159	35,737	1	14,6
Abr	11	20 40 53,4	−22 56 04	36,008	35,744	2	14,6
Abr	21	20 41 21,4	−22 56 28	35,849	35,751	2	14,6
May	1	20 41 37,9	−22 57 36	35,686	35,758	2	14,6
May	11	20 41 42,8	−22 59 28	35,526	35,765	2	14,6
May	21	20 41 36,2	−23 02 01	35,372	35,772	1	14,6
May	31	20 41 18,5	−23 05 10	35,228	35,779	1	14,6
Jun	10	20 40 50,5	−23 08 50	35,101	35,786	1	14,5
Jun	20	20 40 13,3	−23 12 55	34,992	35,793	1	14,5
Jun	30	20 39 28,4	−23 17 16	34,906	35,800	1	14,5
Jul	10	20 38 37,2	−23 21 47	34,846	35,807	1	14,5
Jul	20	20 37 41,8	−23 26 19	34,813	35,814	0	14,5
Jul	30	20 36 44,2	−23 30 42	34,809	35,821	0	14,5
Ago	9	20 35 46,4	−23 34 51	34,834	35,828	0	14,5
Ago	19	20 34 50,6	−23 38 36	34,887	35,835	1	14,5
Ago	29	20 33 58,9	−23 41 51	34,968	35,842	1	14,5
Sep	8	20 33 13,3	−23 44 31	35,074	35,849	1	14,5
Sep	18	20 32 35,5	−23 46 32	35,202	35,856	1	14,6
Sep	28	20 32 07,0	−23 47 50	35,350	35,863	1	14,6
Oct	8	20 31 49,0	−23 48 24	35,512	35,870	1	14,6
Oct	18	20 31 42,5	−23 48 14	35,685	35,877	2	14,6
Oct	28	20 31 47,8	−23 47 20	35,862	35,884	2	14,6
Nov	7	20 32 05,1	−23 45 44	36,040	35,891	2	14,6
Nov	17	20 32 34,3	−23 43 30	36,213	35,898	1	14,6
Nov	27	20 33 14,6	−23 40 41	36,377	35,905	1	14,6
Dic	7	20 34 05,2	−23 37 23	36,526	35,912	1	14,6
Dic	17	20 35 04,8	−23 33 41	36,656	35,919	1	14,6
Dic	27	20 36 12,0	−23 29 41	36,764	35,926	1	14,6

La magnitud de Plutón incluye la de su satélite principal Caronte

HAUMEA 2027

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta α_{2000} (h m s)	declinación δ_{2000} (° ′ ″)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	Ángulo de fase β (°)	mag. V
Ene	1	14 47 08,7	+13 18 31	50,086	49,730	1	17,6
Ene	11	14 47 37,7	+13 21 36	49,939	49,727	1	17,6
Ene	21	14 47 59,3	+13 25 38	49,785	49,725	1	17,6
Ene	31	14 48 13,0	+13 30 27	49,629	49,722	1	17,6
Feb	10	14 48 18,5	+13 35 55	49,475	49,719	1	17,5
Feb	20	14 48 15,8	+13 41 51	49,329	49,717	1	17,5
Mar	2	14 48 05,1	+13 48 02	49,195	49,714	1	17,5
Mar	12	14 47 46,9	+13 54 17	49,077	49,711	1	17,5
Mar	22	14 47 21,9	+14 00 21	48,977	49,709	1	17,5
Abr	1	14 46 51,2	+14 06 03	48,900	49,706	1	17,5
Abr	11	14 46 15,8	+14 11 11	48,847	49,703	1	17,5
Abr	21	14 45 37,1	+14 15 34	48,819	49,701	1	17,5
May	1	14 44 56,4	+14 19 04	48,817	49,698	1	17,5
May	11	14 44 15,2	+14 21 34	48,842	49,695	1	17,5
May	21	14 43 35,0	+14 22 58	48,890	49,692	1	17,5
May	31	14 42 57,0	+14 23 15	48,962	49,690	1	17,5
Jun	10	14 42 22,6	+14 22 22	49,055	49,687	1	17,5
Jun	20	14 41 53,0	+14 20 22	49,166	49,684	1	17,5
Jun	30	14 41 29,0	+14 17 19	49,291	49,682	1	17,5
Jul	10	14 41 11,6	+14 13 16	49,427	49,679	1	17,5
Jul	20	14 41 01,3	+14 08 21	49,570	49,676	1	17,6
Jul	30	14 40 58,5	+14 02 41	49,716	49,674	1	17,6
Ago	9	14 41 03,5	+13 56 25	49,861	49,671	1	17,6
Ago	19	14 41 16,2	+13 49 44	50,000	49,668	1	17,6
Ago	29	14 41 36,3	+13 42 47	50,129	49,665	1	17,6
Sep	8	14 42 03,6	+13 35 44	50,246	49,663	1	17,6
Sep	18	14 42 37,3	+13 28 48	50,345	49,660	1	17,6
Sep	28	14 43 16,7	+13 22 08	50,426	49,657	1	17,5
Oct	8	14 44 00,9	+13 15 54	50,484	49,654	1	17,5
Oct	18	14 44 48,8	+13 10 16	50,518	49,652	1	17,5
Oct	28	14 45 39,4	+13 05 22	50,527	49,649	1	17,5
Nov	7	14 46 31,2	+13 01 21	50,510	49,646	1	17,5
Nov	17	14 47 23,2	+12 58 19	50,468	49,644	1	17,5
Nov	27	14 48 13,8	+12 56 20	50,401	49,641	1	17,5
Dic	7	14 49 02,0	+12 55 28	50,312	49,638	1	17,6
Dic	17	14 49 46,2	+12 55 44	50,202	49,635	1	17,6
Dic	27	14 50 25,4	+12 57 07	50,074	49,633	1	17,6

MAKEMAKE 2027

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta α_{2000} (h m s)	declinación δ_{2000} (° ′ ″)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	Ángulo de fase β (°)	mag. V
Ene	1	13 32 12,2	+19 38 36	52,781	52,739	1	17,1
Ene	11	13 32 24,8	+19 42 39	52,626	52,740	1	17,1
Ene	21	13 32 29,6	+19 47 26	52,475	52,740	1	17,1
Ene	31	13 32 26,6	+19 52 47	52,332	52,740	1	17,1
Feb	10	13 32 15,9	+19 58 31	52,201	52,741	1	17,1
Feb	20	13 31 58,1	+20 04 25	52,087	52,741	1	17,1
Mar	2	13 31 33,7	+20 10 17	51,993	52,742	1	17,1
Mar	12	13 31 03,7	+20 15 53	51,922	52,742	1	17,1
Mar	22	13 30 29,2	+20 21 01	51,876	52,743	1	17,0
Abr	1	13 29 51,6	+20 25 30	51,856	52,743	1	17,0
Abr	11	13 29 12,0	+20 29 12	51,863	52,744	1	17,0
Abr	21	13 28 32,0	+20 31 56	51,896	52,744	1	17,0
May	1	13 27 52,9	+20 33 38	51,954	52,745	1	17,1
May	11	13 27 16,0	+20 34 15	52,035	52,745	1	17,1
May	21	13 26 42,5	+20 33 43	52,136	52,746	1	17,1
May	31	13 26 13,7	+20 32 04	52,255	52,746	1	17,1
Jun	10	13 25 50,3	+20 29 21	52,388	52,747	1	17,1
Jun	20	13 25 33,2	+20 25 36	52,531	52,747	1	17,1
Jun	30	13 25 22,9	+20 20 57	52,680	52,747	1	17,1
Jul	10	13 25 19,8	+20 15 31	52,830	52,748	1	17,1
Jul	20	13 25 24,0	+20 09 24	52,978	52,748	1	17,1
Jul	30	13 25 35,5	+20 02 48	53,120	52,749	1	17,1
Ago	9	13 25 54,0	+19 55 50	53,251	52,749	1	17,1
Ago	19	13 26 19,2	+19 48 42	53,368	52,750	1	17,1
Ago	29	13 26 50,4	+19 41 33	53,468	52,750	1	17,1
Sep	8	13 27 26,9	+19 34 34	53,547	52,751	1	17,1
Sep	18	13 28 07,9	+19 27 55	53,604	52,751	1	17,1
Sep	28	13 28 52,4	+19 21 45	53,637	52,751	1	17,1
Oct	8	13 29 39,3	+19 16 14	53,644	52,752	0	17,1
Oct	18	13 30 27,4	+19 11 28	53,626	52,752	1	17,1
Oct	28	13 31 15,7	+19 07 37	53,582	52,753	1	17,1
Nov	7	13 32 02,8	+19 04 44	53,514	52,753	1	17,1
Nov	17	13 32 47,5	+19 02 55	53,423	52,753	1	17,1
Nov	27	13 33 28,6	+19 02 13	53,312	52,754	1	17,1
Dic	7	13 34 05,1	+19 02 37	53,184	52,754	1	17,1
Dic	17	13 34 35,9	+19 04 07	53,043	52,755	1	17,1
Dic	27	13 35 00,3	+19 06 39	52,893	52,755	1	17,1

ERIS 2027

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta α_{2000} (h m s)	declinación δ_{2000} (° ′ ″)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	Ángulo de fase β (°)	mag. V
Ene	1	01 45 53,0	+00 11 02	95,188	95,436	1	18,7
Ene	11	01 45 48,3	+00 09 56	95,355	95,433	1	18,7
Ene	21	01 45 47,7	+00 08 26	95,524	95,431	1	18,7
Ene	31	01 45 51,3	+00 06 33	95,690	95,428	1	18,7
Feb	10	01 45 58,8	+00 04 21	95,848	95,426	1	18,7
Feb	20	01 46 10,0	+00 01 53	95,993	95,423	0	18,7
Mar	2	01 46 24,6	+00 00 47	96,121	95,421	0	18,7
Mar	12	01 46 42,2	+00 03 35	96,227	95,418	0	18,7
Mar	22	01 47 02,1	+00 06 27	96,310	95,416	0	18,7
Abr	1	01 47 23,9	+00 09 19	96,366	95,413	0	18,7
Abr	11	01 47 47,0	+00 12 06	96,394	95,411	0	18,6
Abr	21	01 48 10,6	+00 14 44	96,393	95,408	0	18,6
May	1	01 48 34,1	+00 17 10	96,364	95,406	0	18,7
May	11	01 48 56,9	+00 19 21	96,308	95,403	0	18,7
May	21	01 49 18,4	+00 21 13	96,226	95,401	0	18,7
May	31	01 49 38,0	+00 22 45	96,121	95,398	0	18,7
Jun	10	01 49 55,2	+00 23 54	95,995	95,396	0	18,7
Jun	20	01 50 09,6	+00 24 39	95,853	95,393	1	18,7
Jun	30	01 50 20,7	+00 25 01	95,697	95,391	1	18,7
Jul	10	01 50 28,3	+00 24 58	95,533	95,388	1	18,7
Jul	20	01 50 32,2	+00 24 32	95,365	95,386	1	18,7
Jul	30	01 50 32,2	+00 23 44	95,197	95,383	1	18,7
Ago	9	01 50 28,4	+00 22 35	95,034	95,381	1	18,7
Ago	19	01 50 20,8	+00 21 09	94,881	95,378	1	18,7
Ago	29	01 50 09,6	+00 19 29	94,742	95,376	0	18,7
Sep	8	01 49 55,2	+00 17 37	94,621	95,373	0	18,7
Sep	18	01 49 38,0	+00 15 38	94,522	95,371	0	18,6
Sep	28	01 49 18,5	+00 13 36	94,448	95,368	0	18,6
Oct	8	01 48 57,3	+00 11 36	94,401	95,366	0	18,6
Oct	18	01 48 35,0	+00 09 42	94,383	95,363	0	18,6
Oct	28	01 48 12,3	+00 07 58	94,394	95,361	0	18,6
Nov	7	01 47 50,0	+00 06 28	94,435	95,358	0	18,6
Nov	17	01 47 28,8	+00 05 17	94,504	95,356	0	18,6
Nov	27	01 47 09,3	+00 04 27	94,599	95,353	0	18,7
Dic	7	01 46 52,2	+00 04 00	94,717	95,351	0	18,7
Dic	17	01 46 38,2	+00 03 59	94,855	95,348	1	18,7
Dic	27	01 46 27,6	+00 04 24	95,008	95,345	1	18,7

6.3. Asteroides

En julio de 2026 se llevan descubiertos unos 1 547 000 asteroides, de los cuales unos 887 000 han sido numerados y unos 25 000 han recibido un nombre. Por su órbita y su tamaño, unos 2536 son considerados potencialmente peligrosos.

En este apartado se dan los datos orbitales, físicos y fotométricos de 25 asteroides, de entre los más brillantes, la fecha de la oposición de los primeros asteroides a lo largo de este año, si tal oposición tiene lugar, y, por último, se incluyen tablas con las efemérides de tales asteroides.

En la tabla siguiente se incluyen los primeros 30 asteroides cuya magnitud visual en la oposición media es $V < 10$.

Elementos orbitales

	nombre	T	a (ua)	e	ω (°)	Ω (°)	i (°)
1	Ceres	2023,00	2,7656	0,0797	73,294	80,249	10,588
2	Palas	2023,25	2,7696	0,2307	310,970	172,887	34,933
3	Juno	2023,33	2,6710	0,2557	247,895	169,812	12,987
4	Vesta	2025,67	2,3614	0,0902	151,468	103,701	7,144
5	Astrea	2024,42	2,5768	0,1876	359,375	141,448	5,360
6	Hebe	2026,00	2,4257	0,2023	239,731	138,613	14,736
7	Iris	2025,33	2,3857	0,2303	145,408	259,485	5,519
8	Flora	2024,09	2,2016	0,1562	285,409	110,843	5,890
9	Metis	2023,92	2,3866	0,1225	5,932	68,866	5,577
10	Hygiea	2022,59	3,1510	0,1067	312,424	283,120	3,829
11	Partenope	2024,09	2,4523	0,1009	196,455	125,470	4,636
12	Victoria	2025,17	2,3346	0,2197	69,634	235,346	8,372
13	Egeria	2025,50	2,5764	0,0846	79,119	43,178	16,525
14	Irene	2025,76	2,5883	0,1628	98,306	86,011	9,129
15	Eunomia	2024,59	2,6420	0,1878	98,460	292,882	11,761
16	Psyche	2025,34	2,9257	0,1349	230,032	149,976	3,099
18	Melpomene	2023,75	2,2958	0,2178	228,030	150,325	10,131
19	Fortuna	2024,92	2,4415	0,1581	182,436	210,992	1,574
20	Masalia	2025,59	2,4080	0,1436	257,192	205,952	0,709
27	Euterpe	2023,25	2,3469	0,1716	356,613	94,767	1,583
29	Amphitrite	2024,26	2,5546	0,0732	61,930	356,250	6,077
39	Laetitia	2024,75	2,7693	0,1138	210,096	156,819	10,384
40	Harmonia	2025,17	2,2677	0,0467	269,933	94,151	4,255
44	Nysa	2026,08	2,4225	0,1497	343,890	131,479	3,713
51	Nemausa	2025,67	2,3659	0,0660	2,397	175,875	9,973
89	Julia	2025,92	2,5506	0,1837	45,198	311,520	16,123
192	Nausikaa	2023,09	2,4034	0,2452	30,576	343,071	6,796
230	Atamantis	2026,50	2,3820	0,0610	139,214	239,761	9,455
349	Dembowska	2022,34	2,9255	0,0885	344,482	32,181	8,248
354	Eleonora	2024,42	2,8008	0,1119	8,178	140,204	18,362

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

- $\boldsymbol{T}$ = instante de paso por el perihelio,
- $\boldsymbol{a}$ = semieje mayor de la órbita,
- $\boldsymbol{e}$ = excentricidad,
- $\boldsymbol{\omega}$ = argumento del perihelio,
- $\boldsymbol{\Omega}$ = longitud del nodo ascendente,
- $\boldsymbol{i}$ = 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: $n = 0{,}98561 \,/\, P$ (º día).

Datos físicos y fotométricos

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

Los diez mayores asteroides de tamaño conocido, ordenados de mayor a menor de acuerdo con el diámetro de una esfera de volumen equivalente, son: 1 Ceres, 2 Palas (Pallas), 4 Vesta, 10 Hygiea, 704 Interamnia, 52 Europa, 511 Davida, 87 Silvia (Sylvia), 65 Cibeles (Cybele) y 15 Eunomia, todos ellos mayores de 260 km.

Se ha podido determinar la masa de muy pocos asteroides. Los cinco de mayor masa conocida, ordenados de mayor a menor, son: 1 Ceres, 4 Vesta, 2 Palas (Pallas), 10 Hygiea y 31 Eufrósine (Euphrosyne), todos ellos con una masa superior a $5\ 10^{19}$ kg.

El tipo espectral se refiere a la composición del asteroide o a algún parámetro relacionado con su reflectividad. En la tabla figuran los siguientes casos:

C = tipo carbonáceo, con albedo bajo (~0,07),
B = tipo carbonáceo, con espectro azulado y albedo bajo (~0,07),
M = tipo metálico, con albedo medio (~0,15),
S = tipo pétreo, con albedo medio (~0,15),
V = tipo Vesta, con albedo alto (~0,25) y
E = con albedo muy alto (~0,33).

La columna indicada por $V(a,0)$ da la magnitud media del asteroide cuando se halla en oposición (distancia al Sol igual al semieje de la órbita, distancia a la Tierra igual al semieje menos una ua) y con fase nula.

El cálculo de la magnitud para cualquier instante se puede efectuar mediante los coeficientes H y G dados en las dos últimas columnas de la tabla. Para ello es necesario conocer la distancia del asteroide al Sol, r, y a la Tierra, Δ, así como el ángulo de fase β (ver tablas en las páginas siguientes). La magnitud aparente predicha (para $0^\circ < \beta < 120^\circ$) será:

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

donde r y Δ se expresan en ua y siendo:

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

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

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

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

donde R es la distancia Tierra-Sol (ver tabla en la página 190 o, en primera aproximación, $R = 1$).

Fechas de oposición en 2027 de los primeros asteroides

	nombre	oposición en longitud		magnitud V	oposición en asc. recta	
1	Ceres	Ene 7	17^h	6,8	Ene 8	13^h
5	Astrea	Dic 6	9^h	9,8	Dic 7	4^h
6	Hebe	Feb 17	16^h	9,1	Feb 18	21^h
7	Iris	May 25	16^h	9,5	May 25	7^h
10	Hygiea	Mar 4	18^h	9,8	Mar 3	1^h
11	Partenope	Jul 1	6^h	9,2	Jul 1	1^h
12	Victoria	Feb 7	0^h	11,3	Feb 3	22^h
13	Egeria	Ago 2	6^h	11,1	Ago 9	9^h
14	Irene	Sep 21	15^h	10,9	Sep 26	14^h
15	Eunomia	Jun 9	19^h	9,5	Jun 8	23^h
16	Psyche	Mar 3	21^h	10,6	Mar 4	5^h
19	Fortuna	Jun 14	3^h	10,8	Jun 14	5^h
20	Masalia	Jul 11	22^h	10,0	Jul 11	19^h
27	Euterpe	Feb 9	4^h	8,9	Feb 9	18^h
29	Amphitrite	Sep 21	8^h	8,8	Sep 21	5^h
39	Laetitia	Abr 15	13^h	10,4	Abr 19	6^h
40	Harmonia	May 18	7^h	9,2	May 19	4^h

La oposición en longitud corresponde al instante de fase mínima.

Asteroides cercanos a la Tierra

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

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

Atón Son aquellos NEA que cruzan la órbita de la Tierra ($Q > 1 - e_\oplus$ ua) y cuyo semieje orbital es menor que el de esta ($a < 1$ 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 esta ($a > 1$ 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 de los asteroides

A continuación figuran las efemérides de los primeros asteroides cada diez días en el intervalo en que su elongación solar es mayor de 90º. 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 anual.

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha	ascen. recta α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	declinación δ_{2000} (º ′ ″)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	Ángulo de fase β (º)	mag. V
1 CERES 2027						
Consultar efemérides en el apartado de planetas enanos						
5 ASTREA 2027						
Sep 8	04 51 06,0	+16 31 57	2,261	2,497	24	11,8
Sep 18	05 01 04,9	+16 26 28	2,117	2,476	24	11,7
Sep 28	05 09 14,9	+16 14 37	1,977	2,456	23	11,5
Oct 8	05 15 12,3	+15 57 20	1,842	2,435	22	11,3
Oct 18	05 18 35,3	+15 35 58	1,715	2,415	20	11,0
Oct 28	05 19 03,8	+15 12 01	1,601	2,395	18	10,8
Nov 7	05 16 24,8	+14 47 22	1,502	2,375	14	10,5
Nov 17	05 10 44,5	+14 24 13	1,423	2,355	10	10,2
Nov 27	05 02 31,2	+14 04 59	1,368	2,336	6	10,0
Dic 7	04 52 42,4	+13 52 18	1,338	2,317	4	9,8
Dic 17	04 42 39,8	+13 48 40	1,336	2,298	7	9,9
Dic 27	04 33 47,0	+13 55 49	1,359	2,280	11	10,1
6 HEBE 2027						
Ene 1	10 34 42,0	+08 52 34	1,919	2,589	19	10,0
Ene 11	10 33 30,4	+09 51 28	1,829	2,608	16	9,9
Ene 21	10 29 36,4	+11 10 18	1,758	2,627	12	9,7
Ene 31	10 23 16,0	+12 45 10	1,709	2,646	8	9,5
Feb 10	10 15 03,7	+14 29 14	1,687	2,664	4	9,2
Feb 20	10 05 56,0	+16 13 17	1,695	2,681	2	9,1
Mar 2	09 56 59,1	+17 48 13	1,733	2,698	6	9,4
Mar 12	09 49 15,8	+19 07 07	1,799	2,715	10	9,7
Mar 22	09 43 35,9	+20 06 15	1,889	2,730	13	10,0

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	declinación δ_{2000} (^{o} $'$ $''$)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	Ángulo de fase β (°)	mag. V
Abr	1	09 40 25,3	+20 45 06	1,999	2,746	16	10,2
Abr	11	09 39 51,4	+21 04 58	2,125	2,760	18	10,4
Abr	21	09 41 48,1	+21 08 01	2,262	2,774	20	10,6
May	1	09 45 59,0	+20 56 38	2,405	2,788	21	10,8
May	11	09 52 06,5	+20 32 51	2,552	2,801	21	10,9
7 IRIS	**2027**						
Mar	2	16 26 44,5	−24 44 54	2,728	2,933	20	11,2
Mar	12	16 33 04,6	−24 58 23	2,583	2,931	19	11,1
Mar	22	16 37 16,5	−25 06 23	2,442	2,927	19	10,9
Abr	1	16 39 04,5	−25 08 42	2,307	2,924	17	10,7
Abr	11	16 38 14,1	−25 04 44	2,183	2,919	15	10,6
Abr	21	16 34 40,4	−24 53 34	2,075	2,913	13	10,3
May	1	16 28 31,2	−24 34 18	1,987	2,907	10	10,1
May	11	16 20 10,2	−24 06 15	1,922	2,900	6	9,9
May	21	16 10 22,5	−23 29 52	1,884	2,892	2	9,6
May	31	16 00 06,2	−22 47 08	1,875	2,884	2	9,6
Jun	10	15 50 24,1	−22 01 31	1,894	2,875	6	9,9
Jun	20	15 42 13,5	−21 17 26	1,939	2,864	10	10,1
Jun	30	15 36 12,7	−20 38 54	2,007	2,854	14	10,3
Jul	10	15 32 43,5	−20 08 50	2,095	2,842	16	10,4
Jul	20	15 31 52,0	−19 48 47	2,197	2,830	18	10,6
Jul	30	15 33 31,8	−19 38 48	2,309	2,817	20	10,7
Ago	9	15 37 32,6	−19 38 08	2,428	2,803	21	10,9
Ago	19	15 43 40,8	−19 45 22	2,550	2,788	21	11,0
10 HYGIEA	**2027**						
Ene	1	11 14 52,3	+01 08 02	2,590	3,079	17	11,1
Ene	11	11 16 17,1	+00 40 40	2,452	3,069	16	10,9
Ene	21	11 15 35,2	+00 26 15	2,326	3,058	14	10,7
Ene	31	11 12 45,0	+00 25 41	2,216	3,048	12	10,5
Feb	10	11 07 54,0	+00 39 12	2,128	3,038	9	10,3
Feb	20	11 01 25,2	+01 05 29	2,066	3,028	5	10,1
Mar	2	10 53 55,6	+01 41 37	2,031	3,018	2	9,8
Mar	12	10 46 11,8	+02 23 26	2,025	3,008	3	9,9

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	declinación δ_{2000} ($^\circ$ $'$ $''$)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	Ángulo de fase β ($^\circ$)	mag. V
Mar	22	10 39 05,6	+03 05 48	2,048	2,998	7	10,1
Abr	1	10 33 20,5	+03 43 57	2,097	2,989	10	10,3
Abr	11	10 29 28,2	+04 14 07	2,169	2,979	13	10,5
Abr	21	10 27 46,3	+04 33 41	2,260	2,970	16	10,6
May	1	10 28 17,6	+04 41 30	2,365	2,961	18	10,8
May	11	10 30 57,0	+04 37 14	2,481	2,952	19	10,9
May	21	10 35 33,6	+04 21 09	2,602	2,943	20	11,1
May	31	10 41 53,2	+03 54 02	2,727	2,934	20	11,2
11 PARTENOPE 2027							
Abr	1	18 32 08,1	−19 01 08	2,069	2,345	25	11,3
Abr	11	18 43 03,2	−18 45 14	1,938	2,335	25	11,2
Abr	21	18 51 56,6	−18 29 23	1,810	2,324	24	11,0
May	1	18 58 29,9	−18 15 48	1,688	2,315	23	10,8
May	11	19 02 21,9	−18 06 50	1,575	2,305	21	10,6
May	21	19 03 16,4	−18 04 37	1,473	2,296	18	10,3
May	31	19 01 04,8	−18 10 41	1,386	2,287	15	10,1
Jun	10	18 55 51,2	−18 25 41	1,318	2,278	11	9,8
Jun	20	18 48 06,0	−18 48 52	1,270	2,270	6	9,5
Jun	30	18 38 43,8	−19 18 15	1,247	2,262	2	9,2
Jul	10	18 29 00,2	−19 51 11	1,248	2,254	5	9,4
Jul	20	18 20 20,3	−20 25 08	1,273	2,247	10	9,7
Jul	30	18 13 53,4	−20 58 18	1,321	2,241	14	9,9
Ago	9	18 10 26,4	−21 29 39	1,387	2,235	18	10,1
Ago	19	18 10 20,6	−21 58 25	1,469	2,229	21	10,3
Ago	29	18 13 33,0	−22 23 53	1,563	2,224	24	10,5
Sep	8	18 19 51,3	−22 45 06	1,666	2,220	25	10,7
Sep	18	18 28 55,0	−23 00 57	1,774	2,216	26	10,9
Sep	28	18 40 20,8	−23 10 15	1,887	2,213	27	11,0
Oct	8	18 53 48,2	−23 11 46	2,002	2,210	27	11,2
12 VICTORIA 2027							
Ene	1	09 34 42,0	+02 37 21	2,073	2,843	14	12,0
Ene	11	09 28 58,2	+02 28 29	1,981	2,840	12	11,8
Ene	21	09 21 06,4	+02 36 34	1,912	2,836	8	11,5

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	declinación δ_{2000} (^{o} $'$ $''$)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	Ángulo de fase β (°)	mag. V
Ene	31	09 11 45,0	+03 01 04	1,870	2,832	5	11,4
Feb	10	09 01 47,7	+03 39 37	1,857	2,826	5	11,3
Feb	20	08 52 18,2	+04 27 51	1,873	2,820	7	11,4
Mar	2	08 44 14,3	+05 20 27	1,918	2,813	10	11,6
Mar	12	08 38 18,9	+06 12 23	1,986	2,805	14	11,8
Mar	22	08 34 57,4	+06 59 24	2,075	2,797	16	12,0
Abr	1	08 34 15,0	+07 38 38	2,178	2,787	18	12,2
Abr	11	08 36 05,9	+08 08 22	2,292	2,777	20	12,3
Abr	21	08 40 16,8	+08 27 40	2,413	2,766	21	12,5
May	1	08 46 29,8	+08 36 16	2,536	2,755	21	12,6
13 EGERIA		**2027**					
May	1	21 18 05,4	−32 42 51	2,631	2,789	21	12,3
May	11	21 28 36,0	−33 07 16	2,505	2,791	21	12,2
May	21	21 37 18,3	−33 43 08	2,381	2,792	21	12,0
May	31	21 43 56,6	−34 31 39	2,263	2,793	20	11,9
Jun	10	21 48 10,6	−35 33 13	2,153	2,794	18	11,8
Jun	20	21 49 41,9	−36 46 32	2,055	2,794	17	11,6
Jun	30	21 48 14,7	−38 08 24	1,972	2,794	15	11,4
Jul	10	21 43 40,4	−39 33 12	1,907	2,794	12	11,3
Jul	20	21 36 10,1	−40 52 47	1,863	2,794	10	11,2
Jul	30	21 26 17,9	−41 58 14	1,843	2,793	9	11,1
Ago	9	21 15 04,2	−42 41 21	1,848	2,791	9	11,1
Ago	19	21 03 51,0	−42 57 07	1,877	2,790	11	11,2
Ago	29	20 53 57,8	−42 45 02	1,929	2,788	13	11,3
Sep	8	20 46 28,8	−42 07 59	2,002	2,786	15	11,5
Sep	18	20 42 01,2	−41 11 07	2,091	2,783	17	11,6
Sep	28	20 40 43,5	−39 59 46	2,195	2,781	19	11,8
Oct	8	20 42 28,2	−38 38 12	2,309	2,778	20	11,9
Oct	18	20 46 55,7	−37 09 40	2,430	2,774	21	12,1
Oct	28	20 53 42,0	−35 36 10	2,555	2,771	21	12,2
14 IRENE		**2027**					
Jun	30	00 28 12,2	−07 33 51	2,720	2,972	20	12,1
Jul	10	00 33 55,1	−07 34 20	2,592	2,978	19	12,0

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	declinación δ_{2000} ($^\circ$ $'$ $''$)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	Ángulo de fase β ($^\circ$)	mag. V
Jul	20	00 37 52,5	−07 48 11	2,468	2,983	19	11,8
Jul	30	00 39 52,0	−08 15 46	2,352	2,988	17	11,7
Ago	9	00 39 41,4	−08 56 44	2,247	2,993	15	11,5
Ago	19	00 37 15,5	−09 49 16	2,157	2,997	13	11,4
Ago	29	00 32 37,5	−10 50 09	2,087	3,000	10	11,2
Sep	8	00 26 03,0	−11 54 26	2,041	3,003	7	11,0
Sep	18	00 18 04,9	−12 55 44	2,021	3,005	5	10,9
Sep	28	00 09 27,6	−13 47 44	2,030	3,007	5	10,9
Oct	8	00 01 03,3	−14 24 56	2,066	3,009	8	11,1
Oct	18	23 53 42,8	−14 43 59	2,129	3,009	11	11,3
Oct	28	23 48 04,0	−14 44 00	2,215	3,010	13	11,4
Nov	7	23 44 31,6	−14 25 45	2,320	3,009	15	11,6
Nov	17	23 43 14,7	−13 51 19	2,440	3,009	17	11,8
Nov	27	23 44 10,4	−13 03 09	2,571	3,007	18	11,9
Dic	7	23 47 10,2	−12 03 31	2,708	3,005	19	12,1
Dic	17	23 52 00,6	−10 54 36	2,848	3,003	19	12,2
15 EUNOMIA		**2027**					
Mar	12	17 21 47,4	−32 44 45	2,891	3,040	19	11,1
Mar	22	17 29 33,0	−33 05 31	2,740	3,030	19	11,0
Abr	1	17 35 16,5	−33 24 22	2,592	3,019	19	10,9
Abr	11	17 38 38,6	−33 41 10	2,449	3,007	18	10,7
Abr	21	17 39 23,1	−33 55 08	2,315	2,995	16	10,5
May	1	17 37 19,4	−34 04 44	2,195	2,982	14	10,3
May	11	17 32 24,9	−34 07 36	2,092	2,969	12	10,1
May	21	17 24 55,9	−34 00 47	2,010	2,956	8	9,9
May	31	17 15 27,7	−33 41 40	1,953	2,942	5	9,7
Jun	10	17 04 54,8	−33 08 56	1,923	2,927	4	9,5
Jun	20	16 54 26,3	−32 23 35	1,921	2,912	5	9,6
Jun	30	16 45 07,6	−31 29 05	1,945	2,897	9	9,8
Jul	10	16 37 51,4	−30 30 18	1,995	2,881	12	9,9
Jul	20	16 33 11,6	−29 32 16	2,066	2,865	15	10,1
Jul	30	16 31 19,6	−28 38 52	2,154	2,849	17	10,3
Ago	9	16 32 14,8	−27 52 22	2,255	2,832	19	10,4

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	declinación δ_{2000} (^{o} $'$ $''$)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	Ángulo de fase β (°)	mag. V
Ago	19	16 35 46,8	−27 13 35	2,365	2,814	20	10,6
Ago	29	16 41 39,7	−26 42 01	2,481	2,797	21	10,7
Sep	8	16 49 38,8	−26 16 31	2,599	2,779	21	10,8
16 PSYCHE		**2027**					
Ene	1	11 21 37,4	+04 18 43	2,680	3,161	17	11,7
Ene	11	11 22 40,1	+04 19 52	2,557	3,171	16	11,6
Ene	21	11 21 36,1	+04 35 07	2,448	3,180	14	11,4
Ene	31	11 18 26,2	+05 04 11	2,355	3,190	11	11,3
Feb	10	11 13 20,2	+05 45 40	2,285	3,199	8	11,1
Feb	20	11 06 42,7	+06 36 22	2,241	3,208	4	10,9
Mar	2	10 59 10,3	+07 31 49	2,226	3,216	1	10,6
Mar	12	10 51 27,5	+08 26 49	2,241	3,224	3	10,8
Mar	22	10 44 21,9	+09 16 14	2,286	3,232	7	11,0
Abr	1	10 38 32,7	+09 56 11	2,358	3,240	10	11,3
Abr	11	10 34 27,9	+10 24 18	2,453	3,247	12	11,4
Abr	21	10 32 22,6	+10 39 31	2,567	3,254	15	11,6
May	1	10 32 18,8	+10 42 03	2,695	3,261	16	11,8
May	11	10 34 11,6	+10 32 35	2,833	3,267	17	11,9
May	21	10 37 50,8	+10 12 09	2,978	3,273	18	12,1
May	31	10 43 03,3	+09 42 00	3,125	3,279	18	12,2
19 FORTUNA		**2027**					
Mar	22	17 43 29,8	−22 24 24	2,486	2,751	21	12,7
Abr	1	17 50 44,7	−22 20 04	2,341	2,741	21	12,6
Abr	11	17 55 49,6	−22 13 42	2,201	2,731	20	12,4
Abr	21	17 58 27,3	−22 06 06	2,068	2,721	19	12,2
May	1	17 58 23,9	−21 57 54	1,946	2,710	16	12,0
May	11	17 55 30,1	−21 49 19	1,840	2,698	14	11,8
May	21	17 49 51,1	−21 40 14	1,752	2,686	10	11,5
May	31	17 41 49,2	−21 30 14	1,688	2,674	6	11,2
Jun	10	17 32 06,8	−21 19 02	1,648	2,661	2	10,9
Jun	20	17 21 47,1	−21 06 55	1,637	2,648	3	11,0
Jun	30	17 11 58,6	−20 55 01	1,651	2,634	7	11,2
Jul	10	17 03 44,9	−20 45 02	1,692	2,620	11	11,4

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	declinación δ_{2000} ($^\circ$ $'$ $''$)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	Ángulo de fase β ($^\circ$)	mag. V
Jul	20	16 57 54,1	−20 38 48	1,753	2,605	15	11,6
Jul	30	16 54 50,7	−20 37 25	1,833	2,590	18	11,8
Ago	9	16 54 43,0	−20 41 18	1,927	2,575	20	12,0
Ago	19	16 57 26,1	−20 49 55	2,030	2,559	22	12,1
Ago	29	17 02 46,2	−21 02 07	2,140	2,543	23	12,3
Sep	8	17 10 29,2	−21 16 26	2,253	2,527	23	12,4
20 MASALIA		**2027**					
Abr	11	19 34 48,0	−20 57 34	2,580	2,743	21	11,8
Abr	21	19 42 51,0	−20 35 32	2,447	2,746	21	11,7
May	1	19 48 55,0	−20 16 56	2,316	2,749	21	11,6
May	11	19 52 44,2	−20 03 22	2,189	2,751	20	11,4
May	21	19 54 04,8	−19 56 08	2,071	2,752	18	11,3
May	31	19 52 46,8	−19 56 04	1,964	2,753	16	11,1
Jun	10	19 48 46,0	−20 03 20	1,874	2,754	13	10,9
Jun	20	19 42 13,5	−20 16 58	1,803	2,754	9	10,6
Jun	30	19 33 36,6	−20 35 04	1,756	2,753	5	10,4
Jul	10	19 23 41,6	−20 55 05	1,736	2,752	1	10,1
Jul	20	19 13 31,6	−21 14 20	1,743	2,750	4	10,3
Jul	30	19 04 11,0	−21 30 58	1,777	2,747	8	10,5
Ago	9	18 56 36,6	−21 44 04	1,836	2,745	12	10,8
Ago	19	18 51 28,8	−21 53 28	1,917	2,741	15	11,0
Ago	29	18 49 05,3	−21 59 28	2,015	2,737	17	11,2
Sep	8	18 49 30,2	−22 02 13	2,127	2,732	19	11,3
Sep	18	18 52 35,1	−22 01 39	2,248	2,727	21	11,5
Sep	28	18 58 04,5	−21 57 26	2,376	2,722	21	11,6
Oct	8	19 05 42,2	−21 49 00	2,505	2,715	22	11,8
27 EUTERPE		**2027**					
Ene	1	09 56 43,4	+13 58 21	1,186	1,995	21	9,9
Ene	11	09 54 40,2	+14 24 22	1,124	2,006	17	9,7
Ene	21	09 49 06,6	+15 07 50	1,080	2,019	11	9,4
Ene	31	09 40 46,8	+16 02 37	1,058	2,032	6	9,1
Feb	10	09 30 57,3	+16 59 59	1,060	2,046	1	8,9
Feb	20	09 21 21,2	+17 50 28	1,088	2,061	7	9,3

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	declinación δ_{2000} (^{o} $'$ $''$)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	Ángulo de fase β (°)	mag. V
Mar	2	09 13 33,0	+18 27 16	1,139	2,077	12	9,6
Mar	12	09 08 38,5	+18 47 12	1,212	2,094	17	9,9
Mar	22	09 07 09,3	+18 49 53	1,303	2,111	20	10,2
Abr	1	09 09 02,2	+18 36 45	1,408	2,128	23	10,5
Abr	11	09 13 57,5	+18 09 30	1,523	2,146	25	10,8
Abr	21	09 21 28,5	+17 29 42	1,646	2,165	26	11,0
May	1	09 31 04,6	+16 38 53	1,775	2,184	27	11,2
May	11	09 42 20,9	+15 38 06	1,907	2,203	27	11,4
29 AMPHITRITE 2027							
Jun	20	23 56 21,2	−03 08 02	2,305	2,522	24	10,9
Jun	30	00 04 44,8	−02 04 22	2,173	2,514	24	10,8
Jul	10	00 11 27,9	−01 09 57	2,043	2,506	23	10,6
Jul	20	00 16 14,0	−00 26 09	1,918	2,499	22	10,4
Jul	30	00 18 46,2	+00 05 40	1,801	2,491	20	10,2
Ago	9	00 18 47,5	+00 24 11	1,694	2,484	18	10,0
Ago	19	00 16 09,4	+00 28 52	1,602	2,476	15	9,8
Ago	29	00 10 55,1	+00 20 03	1,529	2,469	11	9,5
Sep	8	00 03 25,7	+00 00 27	1,477	2,462	6	9,3
Sep	18	23 54 27,4	−00 28 39	1,451	2,455	2	8,9
Sep	28	23 45 02,5	−00 59 17	1,451	2,448	3	9,1
Oct	8	23 36 21,6	−01 26 19	1,478	2,441	8	9,3
Oct	18	23 29 27,8	−01 44 19	1,530	2,435	12	9,6
Oct	28	23 25 02,1	−01 49 49	1,603	2,428	16	9,8
Nov	7	23 23 25,4	−01 40 51	1,693	2,422	19	10,0
Nov	17	23 24 38,6	−01 17 05	1,797	2,417	21	10,2
Nov	27	23 28 29,4	−00 39 17	1,911	2,411	23	10,4
Dic	7	23 34 42,0	+00 11 31	2,030	2,406	24	10,5
Dic	17	23 42 56,7	+01 13 51	2,153	2,401	24	10,7
39 LAETITIA 2027							
Ene	21	13 57 06,4	−05 24 07	2,902	3,083	19	11,7
Ene	31	14 03 24,8	−05 20 05	2,758	3,082	18	11,6
Feb	10	14 07 59,3	−05 03 01	2,617	3,081	18	11,4
Feb	20	14 10 36,4	−04 32 32	2,484	3,079	16	11,3

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	declinación δ_{2000} ($^\circ$ $'$ $''$)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	Ángulo de fase β ($^\circ$)	mag. V
Mar	2	14 11 06,1	−03 48 55	2,363	3,077	15	11,1
Mar	12	14 09 22,6	−02 53 13	2,258	3,075	12	10,9
Mar	22	14 05 31,0	−01 48 00	2,173	3,072	10	10,7
Abr	1	13 59 48,8	−00 37 17	2,113	3,069	7	10,5
Abr	11	13 52 45,8	+00 33 43	2,080	3,066	4	10,4
Abr	21	13 45 05,4	+01 38 54	2,076	3,062	4	10,4
May	1	13 37 34,8	+02 32 52	2,099	3,058	7	10,5
May	11	13 30 58,5	+03 11 31	2,149	3,053	10	10,7
May	21	13 25 52,7	+03 32 41	2,222	3,049	13	10,9
May	31	13 22 38,9	+03 36 18	2,314	3,043	15	11,1
Jun	10	13 21 27,1	+03 23 28	2,421	3,038	17	11,2
Jun	20	13 22 17,8	+02 56 06	2,539	3,032	18	11,4
Jun	30	13 25 03,8	+02 16 31	2,663	3,026	19	11,5
Jul	10	13 29 36,2	+01 26 50	2,792	3,020	20	11,6
40 HARMONIA		**2027**					
Feb	20	15 47 00,9	−15 38 07	2,096	2,359	25	11,2
Mar	2	15 56 41,2	−15 59 08	1,967	2,356	24	11,0
Mar	12	16 04 14,4	−16 11 51	1,841	2,353	24	10,9
Mar	22	16 09 17,4	−16 16 51	1,721	2,350	22	10,7
Abr	1	16 11 29,8	−16 14 45	1,610	2,347	20	10,4
Abr	11	16 10 33,4	−16 06 15	1,512	2,343	17	10,2
Abr	21	16 06 24,9	−15 52 20	1,430	2,340	13	10,0
May	1	15 59 20,1	−15 34 18	1,369	2,336	9	9,7
May	11	15 49 59,0	−15 14 04	1,331	2,332	4	9,4
May	21	15 39 30,4	−14 54 41	1,318	2,328	2	9,3
May	31	15 29 14,1	−14 39 36	1,332	2,323	7	9,5
Jun	10	15 20 26,6	−14 32 20	1,369	2,319	12	9,8
Jun	20	15 14 06,7	−14 35 36	1,428	2,314	16	10,0
Jun	30	15 10 44,0	−14 50 26	1,505	2,309	19	10,2
Jul	10	15 10 27,8	−15 16 41	1,596	2,305	22	10,4
Jul	20	15 13 11,9	−15 53 03	1,697	2,300	24	10,6
Jul	30	15 18 40,0	−16 37 34	1,806	2,294	25	10,8
Ago	9	15 26 35,8	−17 28 09	1,919	2,289	26	11,0
Ago	19	15 36 42,1	−18 22 35	2,033	2,284	26	11,1

6.4. Cometas

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

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

https://ssd.jpl.nasa.gov.

En julio de 2026 el número de cometas de corto periodo numerados ascendió a 514. 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 514P/Lemmon-PANSTARRS y su primera aparición tuvo lugar en el año 2015.

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 solo ocasionalmente.

Cometas periódicos que pasan por su perihelio en 2027

Nombre del cometa	mes	día	distancia a		elongación
			Sol (ua)	Tierra (ua)	(°)
56P/Slaughter-Burnham	Ene	6	2,51	2,45	82
2P/Encke	Feb	11	0,34	0,68	9
45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova	Jul	13	0,53	1,39	18
7P/Pons-Winnecke	Sep	23	1,24	1,64	49
9P/Tempel 1	Oct	1	1,54	2,22	37
75D/Kohoutek	Nov	3	1,78	1,29	102

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* (º)
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 septiembre 1882	C/1882 R1	672	0,008	153	0,9999	142
Ikeya-Seki	C/1965 S1	877	0,008	183	0,9999	142
Bennett	C/1969 Y1	1680	0,538	282	0,9962	90
Gran cometa de 1807	C/1807 R1	1710	0,646	286	0,9955	63
Donati	C/1858 L1	1950	0,578	312	0,9963	117
Gran cometa de 1881	C/1881 K1	2390	0,735	357	0,9959	63
Hale-Bopp	C/1995 O1	2530	0,914	371	0,9951	89
Humason	C/1961 R1	2920	2,133	407	0,9896	153
Gran cometa de 1811 (Flaugergues)	C/1811 F1	3100	1,035	424	0,9951	107
Cometa meridional de 1947	C/1947 X1	3800	0,110	487	0,9995	139
Gran cometa de 1680 (Kirch)	C/1680 V1	9370	0,006	889	1,0000	61
Coggia	C/1874 H1	13700	0,676	1140	0,9988	66
Skjellerup-Maristany	C/1927 X1	$> 10^4$	0,176	2200	0,9998	85
Cometa del eclipse	C/1948 V1	$\sim 10^5$	0,135	4200	0,9999	23
Hyakutake	C/1996 B2	$\sim 10^5$	0,230	4600	0,9999	125
West	C/1975 V1	$\sim 10^6$	0,197	14000	1,0000	43
Gran cometa de enero de 1910	C/1910 A1	$> 10^6$	0,129	52000	1,0000	139
Gran cometa meridional de 1887	C/1887 B1		0,005		1,0	144

Cometas de largo periodo relevantes

Nombre	Código	*P* (años)	*q* (ua)	*Q* (ua)	*e*	*i* (º)
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*	*ω* (º)	*Ω* (º)	*i* (º)	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

75 primeros cometas de corto periodo

Nombre	*P* (años)	*T*	*q* (ua)	*e*	*ω* (º)	*Ω* (º)	*i* (º)	Prim. apar.
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/ComasSola	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
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

75 primeros cometas de corto periodo

Nombre	*P* (años)	*T*	*q* (ua)	*e*	*ω* (º)	*Ω* (º)	*i* (º)	Prim. apar.
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/VanBiesbroeck	12,5	2003,77	2,415	0,552	134,1	149,0	6,6	1954
54P/deVico-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

75 primeros cometas de corto periodo

Nombre	*P* (años)	*T*	*q* (ua)	*e*	*ω* (º)	*Ω* (º)	*i* (º)	Prim. apar.
66P/duToit	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),
- ***ω*** = argumento del perihelio,
- ***Ω*** = longitud del nodo ascendente,
- ***i*** = inclinación de la órbita respecto de la eclíptica.

La distancia máxima al Sol (distancia afélica), usualmente designada por la letra *Q*, puede ser calculada para órbitas elípticas mediante la fórmula:

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

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

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

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	6,40	22P/Kopff
6,73	49P/Arend-Rigaux	18,27	28P/Neujmin 1
8,34	47P/Ashbrook-Jackson	5,43	25D/Neujmin 2
6,65	3D/Biela	10,77	42P/Neujmin 3
6,82	19P/Borrelly	69,52	13P/Olbers
6,19	16P/Brooks 2	20,13	39P/Oterma
5,46	5D/Brorsen	6,72	18D/Perrine-Mrkos
70,52	23P/Brorsen-Metcalf	69,85	12P/Pons-Brooks
6,45	67P/Churyumov-Gerasimenko	6,32	7P/Pons-Winnecke
5,56	71P/Clark	7,33	30P/Reinmuth 1
9,58	32P/Comas Sola	7,10	44P/Reinmuth 2
28,07	27P/Crommelin	8,26	24P/Schaumasse
8,09	33P/Daniel	14,70	29P/Schwassmann-Wachmann 1
6,54	6P/d'Arrest	8,74	31P/Schwassmann-Wachmann 2
9,03	72P/Denning-Fujikawa	5,44	73P/Schwassmann-Wachmann 3
7,38	54P/de Vico-Swift-NEAT	7,06	61P/Shajn-Schaldach
14,78	66P/du Toit	11,47	56P/Slaughter-Burnham
6,41	57P/duToit-Neujmin-Delporte	8,50	74P/Smirnova-Chernykh
3,30	2P/Encke	37,93	38P/Stephan-Oterma
7,40	4P/Faye	9,41	64P/Swift-Gehrels
6,52	15P/Finlay	7,67	69P/Taylor
6,42	37P/Forbes	5,57	9P/Tempel 1
10,99	34D/Gale	5,37	10P/Tempel 2
6,55	21P/Giacobini-Zinner	5,96	11P/Tempel-Swift-LINEAR
5,30	26P/Grigg-Skjellerup	33,24	55P/Tempel-Tuttle
7,65	65P/Gunn	6,39	62P/Tsuchinshan 1
75,91	1P/Halley	6,57	60P/Tsuchinshan 2
7,16	51P/Harrington	13,61	8P/Tuttle
7,58	52P/Harrington-Abell	5,42	41P/Tuttle-Giacobini-Kresak
154,91	35P/Herschel-Rigollet	10,98	40P/Vaisala 1
6,90	17P/Holmes	12,56	53P/Van Biesbroeck
5,26	45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova	61,86	20D/Westphal
8,25	58P/Jackson-Neujmin	8,50	36P/Whipple
6,95	48P/Johnson	13,21	63P/Wild 1
9,52	59P/Kearns-Kwee	5,44	46P/Wirtanen
10,84	68P/Klemola	8,75	14P/Wolf
6,67	75D/Kohoutek	6,13	43P/Wolf-Harrington
7,05	70P/Kojima		

6.5. Meteoros y lluvias de meteoros

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

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

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

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

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

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

Ritmo es el ritmo máximo de 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 cénit 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 ζ perseidas, de junio) solo 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.

Predicciones de las principales lluvias de meteoros 2027

nombre	máximo	visibilidad	radiante α	radiante δ	velocidad (km s^{-1})	ritmo cenital (h^{-1})	
cuadrántidas	4 ene	28 dic - 12 ene	230°	49°	41	80+	[60-200]
líridas	23 abr	14 abr - 30 abr	271°	34°	49	18	[14-90]
η acuáridas	6 may	19 abr - 28 may	338°	−1°	66	50	[40-85]
δ acuáridas	31 jul	12 jul - 23 ago	340°	−16°	41	25	[16-40]
perseidas	13 ago	17 jul - 24 ago	48°	58°	59	110+	[80-200]
dracónidas	9 oct	6 oct - 10 oct	263°	56°	20	5	[5-500+]
oriónidas	22 oct	2 oct - 7 nov	95°	16°	66	20	[14-70]
leónidas	18 nov	6 nov - 30 nov	152°	22°	71	15+	[10-20+]
gemínidas	14 dic	4 dic - 20 dic	112°	33°	35	150	[110-150]
úrsidas	23 dic	17 dic - 26 dic	217°	76°	33	10	[10-50]

Datos obtenidos de ***https://www.imo.net/files/meteor-shower/cal2027.pdf***



Lluvia de meteoros de las perseidas. Cada meteoro es un pequeño fragmento del cometa 109P/Swift-Tuttle, que pasa cerca del Sol cada 135 años. NASA/ Preston Dyches.



CAPÍTULO 7

Estrellas y galaxias





Imagen de la galaxia espiral barrada NGC 1300, tomada por el Telescopio Espacial Hubble. NASA / ESA y el equipo Hubble Heritage (STScI / AURA)

Nuestro planeta orbita en torno al Sol, que es una más de los cientos de miles de millones de estrellas que tiene nuestra galaxia, la Vía Láctea. Y esta a su vez es una más de los al menos cientos de miles de millones de galaxias que tiene el universo. Esto nos asigna un lugar muy pequeño en el cosmos, pero enriquece enormemente nuestro cielo nocturno, convirtiéndolo en un gran espectáculo.

Las estrellas que podemos observar de noche forman parte de la Vía Láctea, y en ellas se percibe un amplio rango de propiedades. La mayoría de las estrellas tienen masas del orden de la del Sol o menores, y por ello constituyen el grueso de la masa estelar de la Galaxia. Pero aquellas que tienen una masa mayor (hasta unas 120 veces la masa del Sol) tienen también una luminosidad mucho más alta, y generan el grueso de la luminosidad estelar del disco galáctico. Desde la Tierra, las estrellas más brillantes que veamos en el cielo se deberán o bien a que tienen una luminosidad muy alta, por ser estrellas masivas, o a que son estrellas muy cercanas a nosotros. Las características físicas de la estrella también se reflejan en su color: las estrellas más calientes, que alcanzan temperaturas de más de 30 000 K, tienen un brillo azulado, mientras que aquellas con temperaturas más bajas, del orden de los 2000-3000 K, tendrán un color rojizo. Esto a su vez puede relacionarse con la edad, ya que las estrellas pierden temperatura y tienen colores más rojizos al final de su vida, aunque hay estrellas, como las enanas rojas, que debido a su baja masa ya presentan ese color. Ejemplo de esto pueden ser el cúmulo de las Pléyades, con un intenso brillo azulado y una edad de apenas unos 100 millones de años, y Betelgeuse, en Orión, una supergigante roja que se halla ya en las etapas finales de su vida.

Otro rasgo destacado observacionalmente es que muchas estrellas no están aisladas, sino que forman sistemas dobles, triples o incluso con un mayor número de componentes. Observacionalmente es importante diferenciar entre los sistemas binarios (o triples, o cuádruples) en los que la vinculación es física, porque las estrellas están ligadas gravitacionalmente y orbitando en torno a un centro de masas común, y las dobles ópticas, que pueden aparecer muy cercanas en nuestro campo de visión pero que están en realidad a una amplia distancia una de la otra, y no están ligadas por la gravedad. El único sistema binario visible a simple vista es el de Mizar y Alcor, en la Osa Mayor (que a su vez son cada una de ellas otro sistema binario). Para discernir los demás es necesario el uso de telescopio, o

incluso la aplicación de técnicas no visuales, como en el caso de las binarias eclipsantes, las astrométricas o las espectroscópicas. También son objetos de gran interés las estrellas variables, en las que su brillo cambia en escalas de tiempo humanas, y por tanto de forma apreciable con un telescopio. Los motivos para que esto se produzca son diversos, y en función de ello tenemos las variables eruptivas, pulsantes, rotantes, cataclísmicas, eclipsantes y de rayos X.

Muchas civilizaciones a lo largo de la historia han buscado dibujos y patrones formados por las estrellas del cielo nocturno, otorgándoles significado e incluyéndolos en sus leyendas y mitologías. A día de hoy sabemos que estos asterismos, o las áreas del cielo definidas por las constelaciones, no tienen significado físico, ya que estas estrellas no están realmente ligadas entre sí (salvo en casos de cúmulos, como el de las Pléyades). Aún así siguen usándose como referencia y siendo algunos de los elementos más atractivos del cielo nocturno, por lo que las principales constelaciones se incluyen en este capítulo.

Nuestra galaxia, la Vía Láctea, es una galaxia espiral cuyo disco vemos en el cielo en forma de banda lechosa que lo atraviesa. Las manchas negras que se observan en esa banda se deben a la presencia de polvo en las nubes moleculares, en las que se están formando nuevas estrellas. El centro de la Galaxia se halla en la dirección de la constelación de Sagitario y sabemos que allí hay un agujero negro supermasivo, que llamamos Sgr A*, y que tiene una masa de unos cuatro millones de masas solares. Más allá de la Vía Láctea existen otros cientos de miles de millones de galaxias, algunas de las cuales son visibles en nuestro cielo en forma de manchas difusas. Apenas hace un siglo desde que, en torno a 1920, Edwin Hubble usó las cefeidas (y sus propiedades, descubiertas por Henrietta Swan Leavitt) para medir las distancias a estas nebulosas y determinar que eran entidades externas a la Vía Láctea, y con ello ampliar enormemente las dimensiones del espacio tal como lo conocíamos. Algunas de estas galaxias externas son discernibles a simple vista, como las Nubes de Magallanes, que son realmente dos galaxias enanas, o incluso la galaxia de Andrómeda, nuestra principal compañera en el Grupo Local de galaxias y el objeto más lejano que podemos ver con el ojo desnudo. La observación de otras galaxias más lejanas, denominados objetos de cielo profundo, requiere instrumentación más potente. Su estudio es uno de los campos más punteros de la astrofísica en la actualidad.

7.1. Constelaciones

Las constelaciones son áreas en que se divide la esfera celeste para localizar las estrellas y demás astros. A fin de evitar confusiones, la Unión Astronómica Internacional recomendó en 1928 utilizar 88 constelaciones definidas por unos límites bien establecidos. Estas son las que figuran en la tabla siguiente, en la que se indica su nombre latino, su abreviatura, su posición aproximada dada en ascensión recta (α) y declinación (δ), su área expresada en grados cuadrados, el número aproximado de estrellas más brillantes que la magnitud sexta (N*), que son 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.

Constelaciones

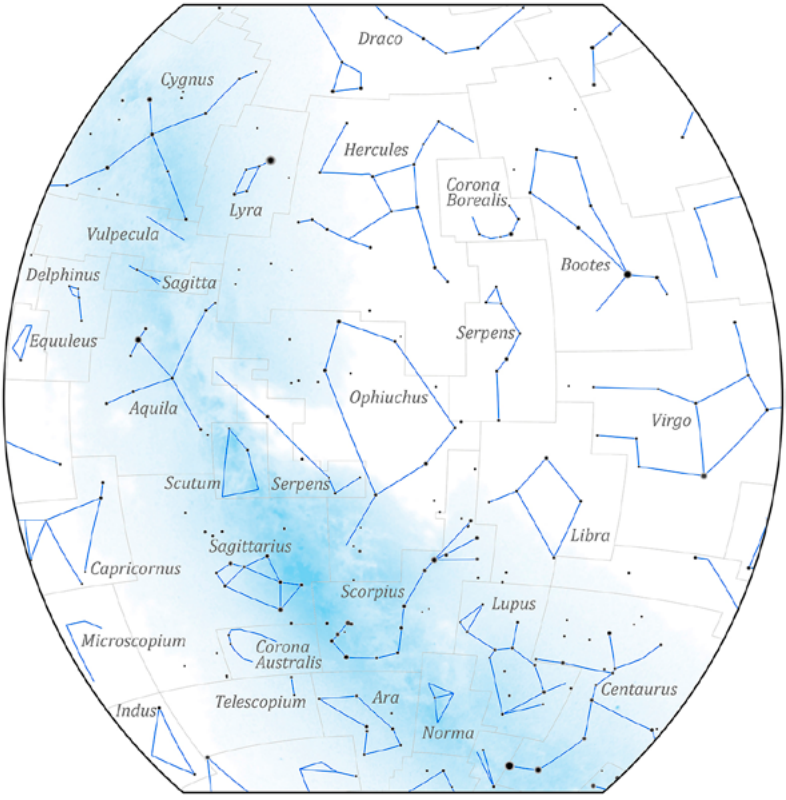
nombre latino	abr.	α (h)	δ (o)	área (o^2)	N*	traducción
Andromeda	And	1	40	722	100	Andrómeda
Antlia	Ant	10	−35	239	20	Máquina Neumática
Apus	Aps	16	−75	206	20	Ave del Paraíso
Aquarius	Aqr	23	−15	980	90	Acuario
Aquila	Aql	20	5	652	70	Águila
Ara	Ara	17	−55	237	30	Altar
Aries	Ari	3	20	441	50	Carnero
Auriga	Aur	6	40	657	90	Cochero (Auriga)
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 (Lebreles)
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

Constelaciones

nombre latino	abr.	α (h)	δ (o)	área (o^2)	N∗	traducción
Cetus	Cet	2	−10	1231	100	Ballena (Ceto)
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
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

Constelaciones

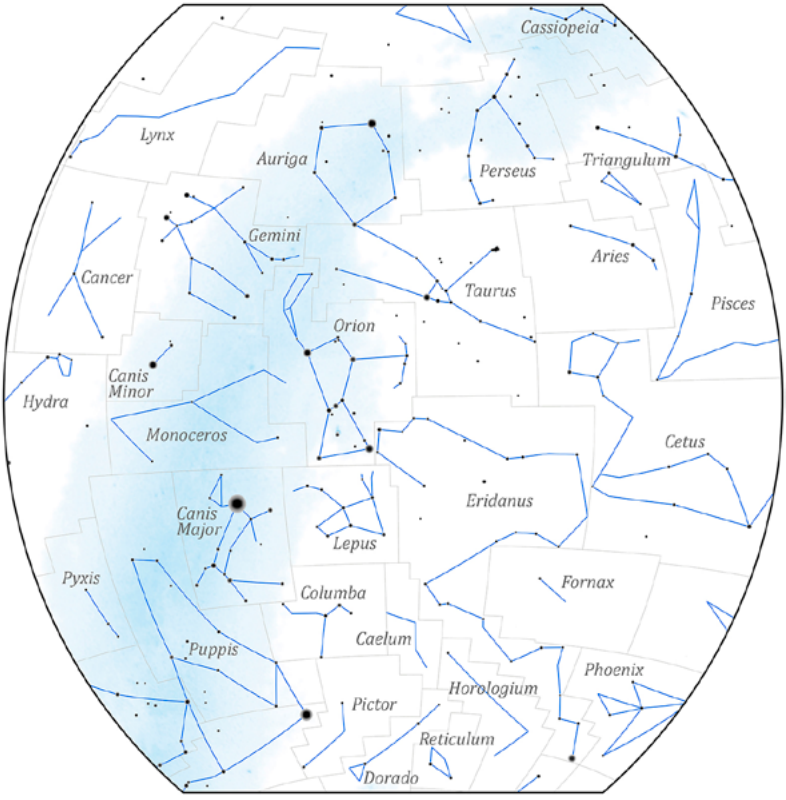
nombre latino	abr.	α (h)	δ (o)	área (o^2)	N∗	traducción
Monoceros	Mon	7	−5	482	85	Unicornio
Musca	Mus	12	−70	138	30	Mosca
Norma	Nor	16	−50	165	20	Escuadra
Octans	Oct	22	−85	291	35	Octante
Ophiuchus	Oph	17	0	948	100	Ofiuco
Orion	Ori	5	5	594	120	Orión
Pavo	Pav	20	−65	378	45	Pavo
Pegasus	Peg	22	20	1121	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



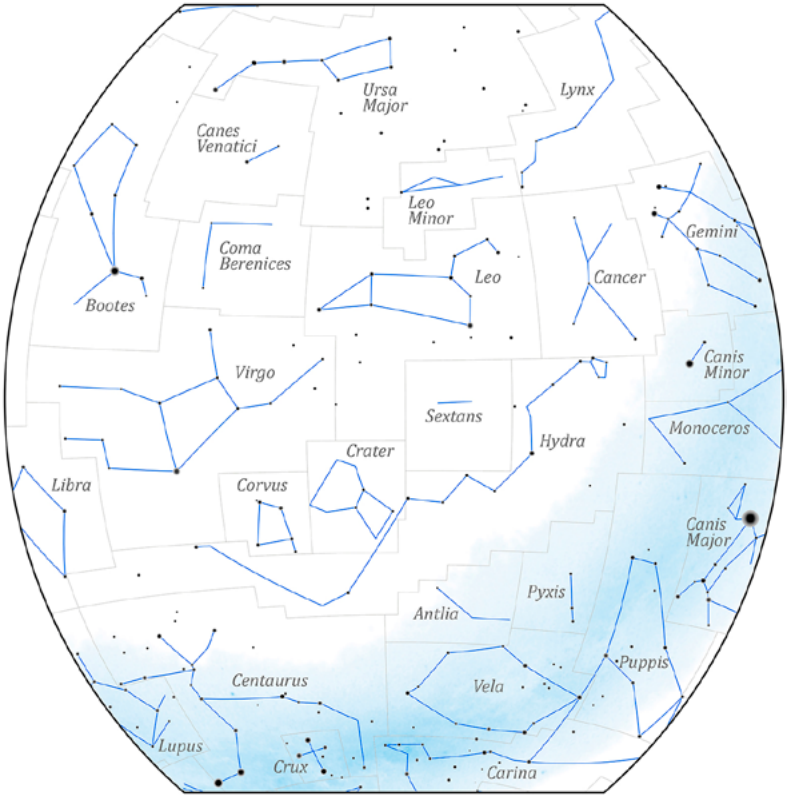
Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de – 65° y + 65°, y con ascensiones rectas desde 13 a 21 horas, que corresponden a los bordes derecho e izquierdo de la figura, respectivamente.



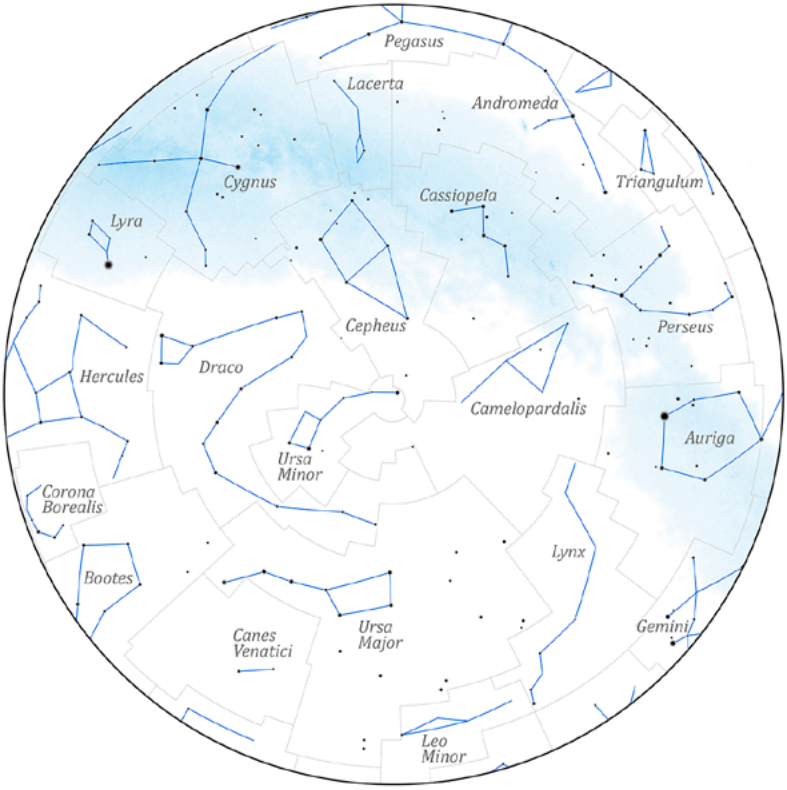
Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de -65° y $+65^{\circ}$, y con ascensiones rectas desde 19 a 3 horas, que corresponden a los bordes derecho e izquierdo de la figura, respectivamente.



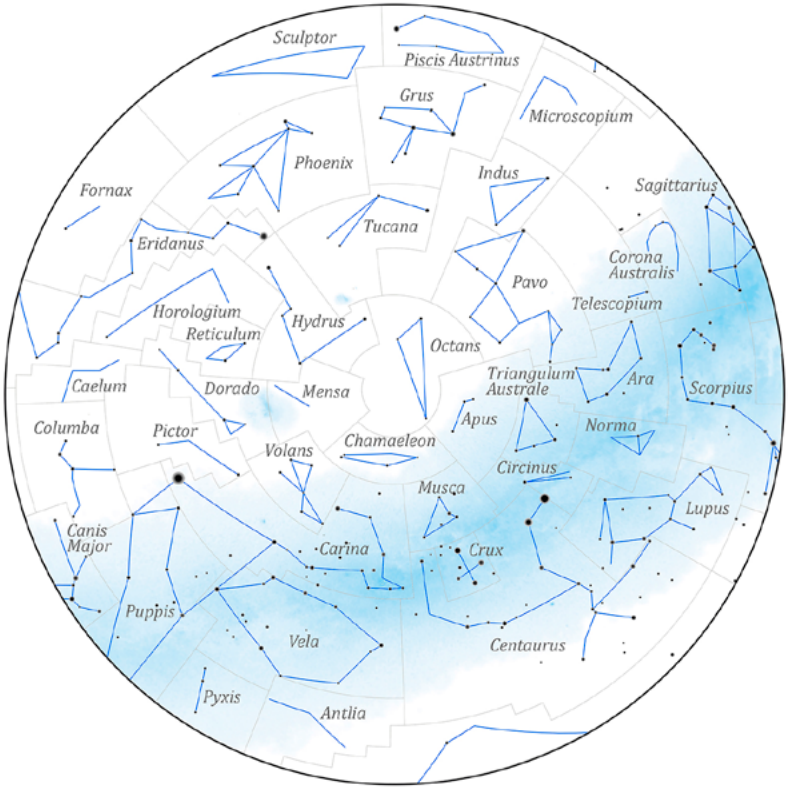
Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de – 65° y + 65°, y con ascensiones rectas desde 1 a 9 horas, que corresponden a los bordes derecho e izquierdo de la figura, respectivamente.



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



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



Esta proyección cubre las constelaciones con declinación inferior a –25°, que corresponde al borde externo de la figura. El origen de ascensión recta se encuentra en la parte superior de la figura.

7.2. 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 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", habiéndose 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.

En esta 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), las coordenadas ecuatoriales (ascensión recta α y declinación δ) y brillo (magn. V).

Estrellas con nombre propio

nombre	en constelación (Bayer)	α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} (^{o} $'$)	magn. V
Acamar	θ¹ Eridani	02 58 16	−40 18	3,24
Achernar	α Eridani	01 37 43	−57 14	0,45
Acrux	α¹ Crucis	12 26 36	−63 06	1,33
Adara	ε Canis Majoris	06 58 38	−28 58	1,50
Al Na'ir	α Gruis	22 08 14	−46 58	1,73
Albireo	β¹ Cygni	19 30 43	+27 58	3,05
Alcaid	η Ursae Majoris	13 47 32	+49 19	1,85
Alchiba	α Corvi	12 08 25	−24 44	4,02
Alcor	80 Ursae Majoris	13 25 14	+54 59	3,99
Alcíone	η Tauri	03 47 29	+24 06	2,85
Aldebarán	α Tauri	04 35 55	+16 31	0,87
Alderamín	α Cephei	21 18 35	+62 35	2,45
Alfard	α Hydrae	09 27 35	−08 40	1,97
Alfeca	α Coronae Borealis	15 34 41	+26 43	2,22
Alferatz	α Andromedae	00 08 23	+29 05	2,07
Algedi	α² Capricorni	20 18 03	−12 33	3,58
Algenib	γ Pegasi	00 13 14	+15 11	2,83
Algieba	γ¹ Leonis	10 19 58	+19 50	2,28

Estrellas con nombre propio

nombre	en constelación (Bayer)	α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} (^{o} $'$)	magn. V
Algol	β Persei	03 08 10	+40 57	2,09
Alhena	γ Geminorum	06 37 43	+16 24	1,93
Alioth	ε Ursae Majoris	12 54 02	+55 58	1,76
Almac	γ^1 Andromedae	02 03 54	+42 20	2,10
Alnilam	ε Orionis	05 36 13	−01 12	1,69
Altair	α Aquilae	19 50 47	+08 52	0,76
Ancaa	α Phoenicis	00 26 17	−42 18	2,40
Antares	α Scorpii	16 29 24	−26 26	1,06
Arneb	α Leporis	05 32 44	−17 49	2,58
Arturo	α Bootis	14 15 40	+19 11	−0,05
Atria	α Trianguli Australis	16 48 40	−69 02	1,91
Avior	ε Carinae	08 22 31	−59 31	1,86
Belátrix	γ Orionis	05 25 08	+06 21	1,64
Betelgeuse	α Orionis	05 55 10	+07 24	0,45
Canopo	α Carinae	06 23 57	−52 42	−0,62
Capela	α Aurigae	05 16 41	+46 00	0,08
Caf	β Cassiopeiae	00 09 11	+59 09	2,28
Cástor	α Geminorum	07 34 36	+31 53	1,58
Cor Caroli	α^2 Canum Venaticorum	12 56 02	+38 19	2,89
Cursa	β Eridani	05 07 51	−05 05	2,78
Deneb	α Cygni	20 41 26	+45 17	1,25
Denébola	β Leonis	11 49 04	+14 34	2,14
Difda	β Ceti	00 43 35	−17 59	2,04
Dubhe	α Ursae Majoris	11 03 44	+61 45	1,81
Elnath	β Tauri	05 26 18	+28 36	1,65
Etamín	γ Draconis	17 56 36	+51 29	2,24
Enif	ε Pegasi	21 44 11	+09 53	2,38
Espiga	α Virginis	13 25 12	−11 10	0,98
Fact	α Columbae	05 39 39	−34 04	2,65
Fecda	γ Ursae Majoris	11 53 50	+53 42	2,41
Fomalhaut	α Piscis Austrini	22 57 39	−29 37	1,17
Gacrux	γ Crucis	12 31 10	−57 07	1,59
Gienah	γ Corvi	12 15 48	−17 33	2,58
Graffias	β^1 Scorpii	16 05 26	−19 48	2,56
Hadar	β Centauri	14 03 49	−60 22	0,61
Hamal	α Arietis	02 07 10	+23 28	2,01
Izar	ε Bootis	14 44 59	+27 04	2,35
Kaus Australis	ε Sagittarii	18 24 10	−34 23	1,79
Kocab	β Ursae Minoris	14 50 42	+74 09	2,07
Markab	α Pegasi	23 04 46	+15 12	2,49
Megrez	δ Ursae Majoris	12 15 26	+57 02	3,32

Estrellas con nombre propio

nombre	en constelación (Bayer)	α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} (^{o} $'$)	magn. V
Menkalinan	β Aurigae	05 59 32	+44 57	1,90
Menkar	α Ceti	03 02 17	+04 05	2,54
Menkent	θ Centauri	14 06 41	−36 22	2,06
Merak	β Ursae Majoris	11 01 51	+56 23	2,34
Miaplacidus	β Carinae	09 13 12	−69 43	1,67
Mimosa	β Crucis	12 47 43	−59 41	1,25
Mintaka	δ Orionis	05 32 00	−00 18	2,25
Mira	*o* Ceti	02 19 21	−02 59	6,47
Mirach	β Andromedae	01 09 44	+35 37	2,07
Mirfak	α Persei	03 24 19	+49 52	1,79
Mirzam	β Canis Majoris	06 22 42	−17 57	1,98
Mizar	ζ Ursae Majoris	13 23 56	+54 56	2,23
Nunki	σ Sagittarii	18 55 16	−26 18	2,05
Pavo Real	α Pavonis	20 25 39	−56 44	1,94
Polar	α Ursae Minoris	02 31 49	+89 16	1,97
Pólux	β Geminorum	07 45 19	+28 02	1,16
Proción	α Canis Minoris	07 39 18	+05 14	0,40
Ras Algethi	α^1 Herculis	17 14 39	+14 23	3,48
Ras Alhague	α Ophiuchi	17 34 56	+12 34	2,08
Rastaban	β Draconis	17 30 26	+52 18	2,79
Régulo	α Leonis	10 08 22	+11 58	1,36
Rígel	β Orionis	05 14 32	−08 12	0,18
Rigil Kentaurus	α^1 Centauri	14 39 37	−60 50	-0,01
Rucbat	α Sagittarii	19 23 53	−40 37	3,96
Sabik	η Ophiuchi	17 10 23	−15 43	2,43
Sadalmelik	α Aquarii	22 05 47	−00 19	2,95
Sadalsuud	β Aquarii	21 31 34	−05 34	2,90
Scheat	β Pegasi	23 03 47	+28 05	2,44
Schedar	α Cassiopeiae	00 40 31	+56 32	2,24
Shaula	λ Scorpii	17 33 37	−37 06	1,62
Sheratan	β Arietis	01 54 38	+20 48	2,64
Sirio	α Canis Majoris	06 45 09	−16 43	−1,44
Suhail	λ Velorum	09 08 00	−43 26	2,23
Thuban	α Draconis	14 04 23	+64 23	3,67
Unukalhai	α Serpentis	15 44 16	+06 26	2,63
Vega	α Lyrae	18 36 56	+38 47	0,03
Vindemiatrix	ε Virginis	13 02 11	+10 58	2,85
Wezen	δ Canis Majoris	07 08 23	−26 24	1,83
Zavijava	β Virginis	11 50 42	+01 46	3,59
Zuben el Chamali	β Librae	15 17 00	−09 23	2,61
Zuben el Genubi	α^2 Librae	14 50 53	−16 03	2,75

La siguiente tabla contiene los nombres y posiciones de las nueve estrellas más brillantes del cúmulo abierto de las Pléyades. Varias de estas estrellas son binarias. Mérope está rodeada por la nebulosa de reflexión NGC 1435.

Las Pléyades

nombre	designación Flamsteed	α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} (^{o} $'$ $''$)	magn. V
Alcíone	25 η Tauri	3 47 29	24 06 18	2,87
Estérope	21 Tauri	3 45 54	24 33 16	5,76
Atlas	27 Tauri	3 49 10	24 03 12	3,62
Celeno	16 Tauri	3 44 48	24 17 22	5,45
Electra	17 Tauri	3 44 53	24 06 48	3,70
Maya	20 Tauri	3 45 50	24 22 04	3,87
Mérope	23 Tauri	3 46 20	23 56 54	4,16
Pléyone	28 Tauri	3 49 11	24 08 12	5,05
Táigete	19 Tauri	3 45 13	24 28 02	4,29

En el siguiente apartado se dan los nombres propios para las estrellas más brillantes o más conocidas de algunas constelaciones. En alguno de los casos se da más de un nombre, por ejemplo: β Centauri figura como Hadar y Agena.

Estrellas con nombre propio ordenadas por constelación

- Andromeda: α Alferatz β Mirach γ^1 Almac
- Aquarius: α Sadalmelik β Sadalsuud γ Sadachbia δ Skat
- Aquila: α Altair β Alshain γ Tarazed
- Aries: α Hamal β Sheratan γ^2 Mesartim
- Auriga: α Capela, Cabra β Menkalinan
- Bootes: α Arturo β Nekkar γ Seginus ε Izar η Mufrid μ^1 Alkalurops
- Canes Venatici: α^2 Cor Caroli β Chara
- Canis Major: α Sirio β Mirzam δ Wezen ε Adara η Aludra
- Canis Minor: α Proción β Gomeisa
- Capricornus: α^2 Algiedi, Algedi β Dabih γ Nashira
- Carina: α Canopo β Miaplacidus ε Avior ι Aspidiske
- Cassiopeia: α Schedar β Caf δ Rucba
- Centaurus: α^1 Rigil Kentaurus β Hadar, Agena θ Menkent

- Cepheus: α Alderamín β Alfirc γ Errai
- Cetus: α Menkar β Difda, Deneb Kaitos *o* Mira
- Columba: α Fact β Wazn
- Corona Borealis: α Alfeca, Gemma β Nusakan
- Corvus: α Alchiba γ Gienah δ Algorab
- Crux: α^1 Acrux β Becrux, Mimosa γ Gacrux
- Cygnus: α Deneb β^1 Albireo γ Sadr
- Draco: α Thuban β Rastaban γ Etamín δ Altais
- Eridanus: α Achernar β Cursa γ Zaurak η Azha θ^1 Acamar
- Gemini: α Cástor β Pólux γ Alhena δ Wasat ε Mebsuta
- Grus: α Al Na'ir
- Hercules: α^1 Ras Algethi β Kornephoros
- Hydra: α Alfard, Cor Hydrae
- Leo: α Régulo β Denébola γ^1 Algieba δ Zosma ζ Adhafera
- Lepus: α Arneb β Nihal
- Libra: α^2 Zuben el Genubi β Zuben el Chamali γ Zuben el Hakrabi
- Lyra: α Vega β Sheliak γ Sulafat
- Ophiucus: α Ras Alhague β Cebalrai δ Yed Prior η Sabik
- Orion: α Betelgeuse β Rigel γ Belátrix δ Mintaka ε Alnilam ζ Alnitak κ Saif λ Meissa
- Pegasus: α Markab β Scheat γ Algenib ε Enif ζ Homam
- Perseus: α Mirfak β Algol ζ Atik
- Phoenix: α Ancaa
- Piscis Austrinus: α Fomalhaut
- Sagittarius: α Rucbat β Arkab γ^2 Alnasl δ Kaus Media ε Kaus Australis ζ Ascella λ Kaus Borealis σ Nunki
- Scorpius: α Antares β^1 Graffias λ Shaula ν Lesath
- Serpens: α Unukalhai θ^1 Alya
- Taurus: α Aldebarán β Elnath η Alcíone 17 Electra 19 Táigete 20 Maya 21 Estérope 23 Mérope 27 Atlas 28 Pléyone
- Triangulum Australe: α Atria
- Ursa Major: α Dubhe β Merak γ Fecda, Phad δ Megrez ε Alioth ζ Mizar η Alcaid ι Talita 80 Alcor
- Ursa Minor: α Polar β Kocab γ Fercad δ Yildun
- Vela: λ Suhail
- Virgo: α Espiga β Zavijava γ Porrima ε Vindemiatrix

7.3. Estrellas más cercanas

La estrella más cercana al Sol es Próxima Centauri, que se encuentra a 1,30 párseces (4,2 años luz) de distancia. En la tabla siguiente figuran las estrellas conocidas más cercanas de 5 pc (unos 16 años luz). Cuando se trata de una estrella doble o múltiple solo se ha hecho constar la estrella más brillante.

Entre las estrellas más cercanas se encuentran algunas de las más brillantes, como Sirio (α CMa), Rigil Kentaurus (α Cen), Proción (α CMi) y Altair (α Aql), que se encuentra a 5,1 pc. También pueden encontrarse en esta tabla algunas de las estrellas con mayor movimiento propio; entre ellas las conocidas como la estrella de Barnard y la estrella de Kapteyn.

En la tabla se indica la estrella con sus coordenadas ecuatoriales (ascensión recta α y declinación δ), su brillo (magn. V), su magnitud absoluta, el tipo espectral y su distancia en párseces.

Estrellas más cercanas

nombre	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} (^{o} $'$)	magn. V	magn. absol.	tipo espec.	dist. (pc)
Sol			−26,75	4,85	G2V	
Próxima Centau.	14 29,7	−62 41	11,01	15,49	M5.5Ve	1,3
α Cen A (Rigil K.)	14 39,6	−60 50	−0,01	4,38	G2V	1,3
e. de Barnard	17 57,8	+04 42	9,54	13,22	M3.8V	1,8
Wolf 359	10 56,5	+07 01	13,53	16,64	M5.8Ve	2,4
Lalande 21185	11 03,3	+35 58	7,50	10,46	M2.1Ve	2,5
L726–8	01 39,0	−17 57	12,52	15,40	M5.6Ve	2,7
α CMa (Sirio)	06 45,1	−16 43	−1,44	1,47	A1Vm	2,7
Ross 154	18 49,8	−23 50	10,45	13,11	M3.6Ve	2,9
Ross 248	23 41,9	+44 10	12,29	14,81	M4.9Ve	3,1
ε Eri	03 32,9	−09 28	3,73	6,14	K2Ve	3,3
Ross 128	11 47,7	+00 48	11,10	13,47	M4.1V	3,4
L789–6	22 38,6	−15 17	12,18	14,52	$M5^+Ve$	3,4
61 Cyg	21 06,9	+38 45	5,22	7,56	K3.5Ve	3,4
ε Ind	22 03,4	−56 47	4,68	6,95	K3Ve	3,5
α CMi (Proción)	07 39,3	+05 14	0,40	2,66	F5IV-V	3,5
BD+43°44	00 18,4	+44 01	8,08	10,30	M1.3Ve	3,6
BD+59°1915	18 42,8	+59 38	8,90	11,11	M3.0V	3,6
G51–15	08 29,8	+26 47	14,81	17,01	M6.6V	3,6
τ Cet	01 44,1	−15 56	3,50	5,69	G8V	3,6
CD−36°15693	23 05,9	−35 51	7,35	9,53	M1.3Ve	3,7

Estrellas más cercanas

nombre	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} (^{o} $'$)	magn. V	magn. absol.	tipo espec.	dist. (pc)
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

7.4. 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 con mayor movimiento propio

nombre	const.	α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} (^{o} $'$ $''$)	mag. V	$\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ ($''$/año)	
estrella de Barnard	Oph	17 57 48,5	+04 41 36	9,54	−0,80	10,33
estrella de Kapteyn	Pic	05 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	00 05 24,4	−37 21 26	8,56	5,63	−2,34
61 Cygni A	Cyg	21 06 54,6	+38 44 45	5,20	4,16	3,26
61 Cygni B	Cyg	21 06 55,3	+38 44 31	6,05	4,11	3,14
Lalande 21185	UMa	11 03 20,2	+35 58 11	7,49	−0,58	−4,77
ε Indi	Ind	22 03 21,6	−56 47 10	4,69	3,96	−2,54
BD+44°2051	UMa	11 05 28,6	+43 31 36	8,82	−4,41	0,94
σ² Eridani A	Eri	04 15 16,3	−07 39 10	4,43	−2,24	−3,42
Próxima Centauri	Cen	14 29 42,9	−62 40 46	11,01	−3,78	0,77
μ Cassiopeiae	Cas	01 08 16,4	+54 55 13	5,17	3,42	−1,60
BD+5°1668	CMi	07 27 24,5	+05 13 32	9,84	0,57	−3,69
α Centauri B	Cen	14 39 35,1	−60 50 14	1,35	−3,60	0,95
α Centauri A	Cen	14 39 36,5	−60 50 02	−0,01	−3,68	0,48
Gliese 579.2B	Lib	15 10 12,9	−16 27 46	9,44	−1,00	−3,54
Gliese 579.2A	Lib	15 10 13,0	−16 22 44	9,07	−1,00	−3,54
Lacaille 8760	Mic	21 17 15,3	−38 52 03	6,69	−3,26	−1,15
86 G Eridani	Eri	03 19 55,7	−43 04 11	4,26	3,04	0,73

7.5. Estrellas brillantes

En la siguiente tabla figuran las 20 estrellas que aparecen como más brillantes en el cielo para un observador situado en el sistema solar. Este brillo se expresa en magnitudes y viene dado en la columna *V* , indicandose con un asterisco aquellas estrellas que son variables. En el caso de tratarse de una estrella doble, la letra A tras su nombre indica que se refiere a la componente más brillante, mientras que A+B indica que se refiere a la luminosidad conjunta. En la siguiente columna de la tabla figura la *magnitud absoluta*, lo que da idea del brillo intrínseco de la estrella independientemente de su cercanía o lejanía al observador. La magnitud absoluta se define como la magnitud aparente de la estrella si se encontrara a una distancia de 10 pc (32,6 años luz). Comparando las dos columnas vemos que la estrella que nos parece la más brillante (Sirio) tiene un brillo intrínseco unas 12 000 veces menor que una estrella aparentemente menos brillante, como es Deneb.

El brillo de un astro (estrella, planeta, nebulosa, etc.) produce una impresión más o menos intensa, sobre un ojo o un detector, que se mide mediante la *magnitud*. Esta se relaciona con el brillo de manera logarítmica, pues aproximadamente así responde el ojo humano. Por razones históricas, la magnitud es menor a mayor brillo. El origen de la escala de magnitudes se ha fijado a partir de unas estrellas de referencia situadas en la dirección del polo norte celeste. En esta escala, la brillante estrella α Lyr (Vega) tiene una magnitud (visual) de 0,03. Astros más brillantes (como Sirio, el Sol, la Luna o Júpiter) tienen magnitud negativa.

Para pasar de diferencia de magnitudes a razón de brillos se puede utilizar la tabla que figura en la página 482.

Las 20 estrellas más brillantes

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

La siguiente tabla contiene las 172 estrellas conocidas más brillantes que $V = 3$, 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. 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 = (*día juliano* – 2 451 545)/365 250.

La columna etiquetada π corresponde a la paralaje ecuatorial, su inverso da la distancia expresada en pársecs. 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 brillantes

nombre	α_{2000}			δ_{2000}			$\mu_\alpha \cos\delta$,	μ_δ	π	V	B–V	tipo
	(^{h}	^{m}	^{s})	(^{o}	$'$	$''$)	($''$/milenio)		($''$)			esp.
α And	00	08	23,3	+29	05	26	136	−163	0,034	2,07	−0,04	A0p
β Cas	00	09	10,7	+59	08	59	523	−180	0,060	2,28	0,38	F5
γ Peg	00	13	14,2	+15	11	01	5	−8	0,010	2,83	−0,19	B2
β Hyi	00	25	45,1	−77	15	15	2220	324	0,134	2,82	0,62	G0
α Phe	00	26	17,0	−42	18	22	233	−354	0,042	2,40	1,08	K0
α Cas	00	40	30,5	+56	32	14	50	−32	0,014	2,24	1,17	K0
β Cet	00	43	35,4	−17	59	12	233	33	0,034	2,04	1,02	K0
γ Cas	00	56	42,5	+60	43	00	26	−4	0,005	2,15	−0,05	B0p
β And	01	09	43,9	+35	37	14	176	−112	0,016	2,07	1,58	M0
δ Cas	01	25	49,0	+60	14	07	297	−49	0,033	2,66	0,16	A5
α Eri	01	37	42,9	−57	14	12	88	−40	0,023	0,45	−0,16	B5
β Ari	01	54	38,4	+20	48	29	96	−109	0,055	2,64	0,17	A5
α Hyi	01	58	46,2	−61	34	11	263	27	0,046	2,86	0,29	F0
γ¹ And	02	03	54,0	+42	19	47	43	−51	0,009	2,10	1,37	K0
α Ari	02	07	10,4	+23	27	45	191	−146	0,049	2,01	1,15	K2
α UMi	02	31	49,1	+89	15	51	44	−12	0,008	1,97	0,64	F8
θ Eri	02	58	15,7	−40	18	17	−54	26	0,020	2,88	0,13	A2
α Cet	03	02	16,8	+04	05	23	−12	−79	0,015	2,54	1,63	M0
γ Per	03	04	47,8	+53	30	23	1	−4	0,013	2,91	0,72	F5,A3
β Per	03	08	10,1	+40	57	20	2	−1	0,035	2,09	0,00	B8
α Per	03	24	19,4	+49	51	40	24	−26	0,006	1,79	0,48	F5

Estrellas brillantes

nombre	α_{2000}			δ_{2000}			$\mu_\alpha \cos\delta$,	μ_δ	π	V	B–V	tipo
	(^{h}	^{m}	^{s})	(^{o}	$'$	$''$)	($''$/milenio)		($''$)			esp.
η Tau	03	47	29,1	+24	06	18	19	−43	0,009	2,85	−0,09	B5p
ζ Per	03	54	07,9	+31	53	01	4	−9	0,003	2,84	0,27	B1
ε Per	03	57	51,2	+40	00	37	13	−24	0,006	2,90	−0,20	B1
γ Eri	03	58	01,8	−13	30	31	61	−111	0,015	2,97	1,59	K5
α Tau	04	35	55,2	+16	30	33	63	−189	0,050	0,87	1,54	K5
ι Aur	04	56	59,6	+33	09	58	4	−19	0,006	2,69	1,49	K2
β Eri	05	07	51,0	−05	05	11	−83	−75	0,037	2,78	0,16	A3
β Ori	05	14	32,3	−08	12	06	2	−1	0,004	0,18	−0,03	B8p
α Aur	05	16	41,4	+45	59	53	76	−427	0,077	0,08	0,80	G0
γ Ori	05	25	07,9	+06	20	59	−9	−13	0,013	1,64	−0,22	B2
β Tau	05	26	17,5	+28	36	27	23	−174	0,025	1,65	−0,13	B8
β Lep	05	28	14,7	−20	45	34	−5	−86	0,020	2,81	0,81	G0
δ Ori	05	32	00,4	−00	17	57	2	1	0,004	2,25	−0,17	B0
α Lep	05	32	43,8	−17	49	20	3	2	0,003	2,58	0,21	F0
ι Ori	05	35	26,0	−05	54	36	2	−1	0,002	2,75	−0,21	Oe5
ε Ori	05	36	12,8	−01	12	07	1	−1	0,002	1,69	−0,18	B0
ζ Tau	05	37	38,7	+21	08	33	2	−18	0,008	2,97	−0,15	B3p
α Col	05	39	38,9	−34	04	27	0	−24	0,012	2,65	−0,12	B5p
ζ Ori	05	40	45,5	−01	56	33	4	3	0,004	1,74	−0,20	B0
κ Ori	05	47	45,4	−09	40	11	2	−1	0,005	2,07	−0,17	B0
α Ori	05	55	10,3	+07	24	25	27	11	0,008	0,45	1,50	M0
β Aur	05	59	31,7	+44	56	51	−56	−1	0,040	1,90	0,08	A0p
θ Aur	05	59	43,3	+37	12	45	42	−74	0,019	2,65	−0,08	A0
β CMa	06	22	42,0	−17	57	21	−3	0	0,007	1,98	−0,24	B1
μ Gem	06	22	57,6	+22	30	49	57	−109	0,014	2,87	1,62	M0
α Car	06	23	57,1	−52	41	44	20	24	0,010	−0,62	0,16	F0
γ Gem	06	37	42,7	+16	23	57	−2	−67	0,031	1,93	0,00	A0
α CMa	06	45	08,9	−16	42	58	−546	−1223	0,379	−1,44	0,01	A0
τ Pup	06	49	56,2	−50	36	52	34	−66	0,018	2,94	1,21	K0
ε CMa	06	58	37,5	−28	58	20	3	2	0.008	1.50	−0.21	B1
δ CMa	07	08	23,5	−26	23	36	−3	3	0,002	1,83	0,67	F8p
π Pup	07	17	08,6	−37	05	51	−11	7	0,003	2,71	1,62	K5
η CMa	07	24	05,7	−29	18	11	−4	7	0,001	2,45	−0,08	B5p
β CMi	07	27	09,0	+08	17	22	−50	−38	0,019	2,89	−0,10	B8
α Gem	07	34	35,9	+31	53	18	−206	−148	0,063	1,58	0,03	A0,A0
α CMi	07	39	18,1	+05	13	30	−717	−1035	0,286	0,40	0,43	F5
β Gem	07	45	19,0	+28	01	34	−626	−46	0,097	1,16	0,99	K0
ζ Pup	08	03	35,1	−40	00	12	−31	17	0,002	2,21	−0,27	O3

Estrellas brillantes

nombre	α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} (^{o} $'$ $''$)	$\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ ($''$/milenio)	π ($''$)	V	B–V	tipo esp.
ρ Pup	08 07 32,6	−24 18 15	−83 46	0,052	2,83	0,46	F5
γ Vel	08 09 32,0	−47 20 12	−6 10	0,004	1,75	−0,14	Oap
ε Car	08 22 30,8	−59 30 34	−25 23	0,005	1,86	1,20	K0,B
δ Vel	08 44 42,2	−54 42 32	29 −104	0,041	1,93	0,04	A0
λ Vel	09 07 59,8	−43 25 57	−23 14	0,006	2,23	1,66	K5
β Car	09 13 12,0	−69 43 02	−158 109	0,029	1,67	0,07	A0
ι Car	09 17 05,4	−59 16 31	−19 13	0,005	2,21	0,19	F0
κ Vel	09 22 06,8	−55 00 39	−11 11	0,006	2,47	−0,14	B3
α Hya	09 27 35,2	−08 39 31	−14 33	0,018	1,99	1,44	K2
ε Leo	09 45 51,1	+23 46 27	−46 −10	0,013	2,97	0,81	G0p
υ Car	09 47 06,1	−65 04 19	−12 5	0,002	2,92	0,27	F0
α Leo	10 08 22,3	+11 58 02	−249 5	0,042	1,36	−0,09	B8
γ Leo	10 19 58,4	+19 50 29	311 −153	0,026	2,01	1,13	K0,K0
θ Car	10 42 57,4	−64 23 40	−19 12	0,007	2,74	−0,22	B0
μ Vel	10 46 46,2	−49 25 13	63 −54	0,028	2,69	0,90	G5
β UMa	11 01 50,5	+56 22 57	82 34	0,041	2,34	0,03	A0
α UMa	11 03 43,7	+61 45 04	−136 −35	0,026	1,81	1,06	K0
δ Leo	11 14 06,5	+20 31 25	143 −130	0,057	2,56	0,13	A3
β Leo	11 49 03,6	+14 34 19	−499 −114	0,090	2,14	0,09	A2
γ UMa	11 53 49,8	+53 41 41	108 11	0,039	2,41	0,04	A0
δ Cen	12 08 21,5	−50 43 21	−48 −6	0,008	2,58	−0,13	B3p
δ Cru	12 15 08,7	−58 44 56	−37 −11	0,009	2,79	−0,19	B3
γ Crv	12 15 48,4	−17 32 31	−160 22	0,020	2,58	−0,11	B8
α Cru	12 26 35,9	−63 05 57	−35 −15	0.010	0.77	−0.24	B1,B3
δ Crv	12 29 51,9	−16 30 56	−210 −139	0,037	2,94	−0,01	A0
γ Cru	12 31 09,9	−57 06 48	28 −264	0,037	1,59	1,60	M3
β Crv	12 34 23,2	−23 23 48	1 −56	0,023	2,65	0,89	G5
α Mus	12 37 11,0	−69 08 08	−40 −12	0,011	2,69	−0,18	B3
γ Cen	12 41 31,0	−48 57 36	−187 −1	0,025	2,20	−0,02	A0
γ Vir	12 41 39,6	−01 26 58	−617 61	0,085	2,74	0,37	F0
β Cru	12 47 43,2	−59 41 19	−48 −13	0,009	1,25	−0,24	B1
ε UMa	12 54 01,7	+55 57 35	112 −9	0,040	1,76	−0,02	A0p
α^2 CVn	12 56 01,7	+38 19 06	−233 55	0,030	2,89	−0,12	A0p
ε Vir	13 02 10,6	+10 57 33	−275 20	0,032	2,85	0,93	K0
γ Hya	13 18 55,3	−23 10 18	68 −41	0,025	2,99	0,92	G5
ι Cen	13 20 35,8	−36 42 44	−341 −88	0,056	2,75	0,07	A2
ζ UMa	13 23 55,5	+54 55 31	121 −22	0,042	2,23	0,06	A2p
α Vir	13 25 11,6	−11 09 41	−43 −32	0,012	0,98	−0,23	B2

Estrellas brillantes

nombre	α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} (^{o} $'$ $''$)	$\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ ($''$/milenio)	π ($''$)	V	B–V	tipo esp.
ε Cen	13 39 53,2	−53 27 59	−15 −13	0,009	2,29	−0,17	B1
η UMa	13 47 32,4	+49 18 48	−121 −16	0,032	1,85	−0,10	B3
η Boo	13 54 41,1	+18 23 52	−61 −358	0,088	2,68	0,58	G0
ζ Cen	13 55 32,4	−47 17 18	−57 −45	0,008	2,55	−0,18	B2p
β Cen	14 03 49,4	−60 22 23	−34 −25	0,006	0,61	−0,23	B1
θ Cen	14 06 41,0	−36 22 12	−519 −518	0,054	2,06	1,01	K0
α Boo	14 15 39,7	+19 10 57	−1093 −1999	0,089	−0,05	1,24	K0
η Cen	14 35 30,4	−42 09 28	−35 −32	0,011	2,33	−0,16	B3p
α^2 Cen	14 39 35,1	−60 50 14	−3600 952	0,742	1,35	0,90	K5
α^1 Cen	14 39 36,5	−60 50 02	−3678 482	0,742	−0,01	0,71	G0
α Lup	14 41 55,8	−47 23 18	−21 −24	0,006	2,30	−0,15	B2
ε Boo	14 44 59,2	+27 04 27	−51 20	0,016	2,35	0,97	K0
β UMi	14 50 42,3	+74 09 20	−32 12	0,026	2,07	1,47	K5
α^2 Lib	14 50 52,7	−16 02 30	−106 −69	0,042	2,75	0,15	A3
β Lup	14 58 31,9	−43 08 02	−34 −38	0,006	2,68	−0,18	B2p
β Lib	15 17 00,4	−09 22 59	−96 −21	0,020	2,61	−0,07	B8
γ TrA	15 18 54,6	−68 40 46	−66 −32	0,018	2,87	0,01	A0
α CrB	15 34 41,3	+26 42 53	120 −89	0,044	2,22	0,03	A0
γ Lup	15 35 08,4	−41 10 00	−16 −26	0,006	2,80	−0,22	B3
α Ser	15 44 16,1	+06 25 32	135 44	0,045	2,63	1,17	K0
β TrA	15 55 08,5	−63 25 50	−188 −402	0,081	2,83	0,31	F0
π Sco	15 58 51,1	−26 06 51	−12 −26	0,007	2,89	−0,18	B2
δ Sco	16 00 20,0	−22 37 18	−9 −37	0,008	2,29	−0,12	B0
β^1 Sco	16 05 26,2	−19 48 20	−7 −25	0,006	2,56	−0,06	B1
δ Oph	16 14 20,7	−03 41 40	−46 −143	0,019	2,73	1,58	M0
σ Sco	16 21 11,3	−25 35 34	−10 −18	0,004	2,90	0,30	B1
η Dra	16 23 59,5	+61 30 51	−17 57	0,037	2,73	0,91	G5
α Sco	16 29 24,4	−26 25 55	−10 −23	0,005	1,06	1,87	M1,B3
β Her	16 30 13,2	+21 29 23	−98 −14	0,022	2,78	0,95	K0
τ Sco	16 35 53,0	−28 12 58	−9 −23	0,008	2,82	−0,21	B0
ζ Oph	16 37 09,5	−10 34 02	13 25	0,007	2,54	0,04	B0
ζ Her	16 41 17,2	+31 36 10	−463 345	0,093	2,81	0,65	G0
α TrA	16 48 39,9	−69 01 40	18 −33	0,008	1,91	1,45	K2
ε Sco	16 50 09,8	−34 17 36	−612 −256	0,050	2,29	1,14	K0
η Oph	17 10 22,7	−15 43 30	41 98	0,039	2,43	0,06	A2
α Her	17 14 38,9	+14 23 25	−7 33	0,009	2,78	1,16	M2,M2
β Ara	17 25 18,0	−55 31 48	−8 −25	0,005	2,84	1,48	K2
β Dra	17 30 26,0	+52 18 05	−16 12	0,009	2,79	0,95	G0

Estrellas brillantes

nombre	α_{2000}			δ_{2000}			$\mu_\alpha \cos\delta$,	μ_δ	π	V	B–V	tipo
	(^{h}	^{m}	^{s})	(^{o}	$'$	$''$)	($''$/milenio)		($''$)			esp.
ν Sco	17	30	45,8	−37	17	45	−4	−29	0,006	2,70	−0,18	B3
α Ara	17	31	50,5	−49	52	34	−31	−67	0,013	2,84	−0,14	B3p
λ Sco	17	33	36,5	−37	06	14	−9	−30	0,005	1,62	−0,23	B2
α Oph	17	34	56,1	+12	33	36	110	−223	0,070	2,08	0,16	A5
θ Sco	17	37	19,2	−42	59	52	6	−1	0,012	1,86	0,41	F0
κ Sco	17	42	29,3	−39	01	48	−6	−26	0,007	2,39	−0,17	B2
β Oph	17	43	28,4	+04	34	02	−41	159	0,040	2,76	1,17	K0
ι^1 Sco	17	47	35,1	−40	07	37	0	−6	0,002	2,99	0,51	F6
γ Dra	17	56	36,4	+51	29	20	−9	−23	0,022	2,24	1,52	K5
γ Sgr	18	05	48,5	−30	25	27	−56	−182	0,034	2,98	0,98	K0
δ Sgr	18	20	59,7	−29	49	41	30	−26	0,011	2,72	1,38	K0
ε Sgr	18	24	10,3	−34	23	05	−40	−124	0,023	1,79	−0,03	A0
λ Sgr	18	27	58,2	−25	25	18	−45	−186	0,042	2,82	1,02	K0
α Lyr	18	36	56,3	+38	47	01	201	287	0,129	0,03	0,00	A0
σ Sgr	18	55	15,9	−26	17	48	14	−53	0,015	2,05	−0,13	B3
ζ Sgr	19	02	36,7	−29	52	48	−14	4	0,037	2,60	0,06	A4
ζ Aql	19	05	24,6	+13	51	49	−7	−95	0,039	2,99	0,01	A0
π Sgr	19	09	45,8	−21	01	25	−1	−37	0,007	2,88	0,38	F2
δ Cyg	19	44	58,5	+45	07	51	43	48	0,019	2,86	0,00	A0
γ Aql	19	46	15,6	+10	36	48	16	−3	0,007	2,72	1,51	K2
α Aql	19	50	47,0	+08	52	06	537	386	0,195	0,76	0,22	A5
γ Cyg	20	22	13,7	+40	15	24	2	−1	0,002	2,23	0,67	F8p
α Pav	20	25	38,9	−56	44	06	8	−86	0,018	1,94	−0,12	B3
α Cyg	20	41	25,9	+45	16	49	2	2	0,001	1,25	0,09	A2p
ε Cyg	20	46	12,7	+33	58	13	356	330	0,045	2,48	1,02	K0
α Cep	21	18	34,8	+62	35	08	150	48	0,067	2,45	0,26	A5
β Aqr	21	31	33,5	−05	34	16	23	−7	0,005	2,90	0,83	G0
ε Peg	21	44	11,2	+09	52	30	30	1	0,005	2,38	1,52	K0
δ Cap	21	47	02,4	−16	07	38	263	−296	0,085	2,85	0,18	A5
α Aqr	22	05	47,0	−00	19	11	18	−10	0,004	2,95	0,97	G0
α Gru	22	08	14,0	−46	57	40	128	−148	0,032	1,73	−0,07	B5
α Tuc	22	18	30,1	−60	15	35	−71	−38	0,016	2,87	1,39	K2
β Gru	22	42	40,1	−46	53	05	136	−5	0,019	2,07	1,61	M3
η Peg	22	43	00,1	+30	13	17	13	−26	0,015	2,93	0,85	G0
α PsA	22	57	39,0	−29	37	20	329	−164	0,130	1,17	0,14	A3
β Peg	23	03	46,5	+28	04	58	188	138	0,016	2,44	1,65	M0
α Peg	23	04	45,7	+15	12	19	61	−43	0,023	2,49	0,00	A0

7.6. Estrellas dobles

Las estrellas dobles de la siguiente tabla han sido seleccionadas a partir del Washington Double Star Catalog:

http://www.astro.gsu.edu/wds/

Solo se consideran declinaciones mayores de – 48º. 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.

Estrellas dobles o múltiples

nombre	compo-nentes	α_{2000}	δ_{2000}	magnitudes		últ. obs.	A.P.	separ.	paral.
		(^{h} ^{m} ^{s})	(º ′ ″)	prim.	sec.	(año)	(º)	(″)	(″)
π And	AB	00 36 53	+33 43 53	4,36	7,08	2020	174	36,2	0,006
η Cas	AB	00 49 06	+57 48 06	3,52	7,36	2023	328	13,5	0,169
χ Cet		01 49 35	−10 41 35	4,69	6,81	2016	250	184,1	0,043
γ Ari	AB	01 53 32	+19 17 32	4,52	4,58	2024	1	7,3	0,020
λ Ari	AB	01 57 56	+23 35 56	4,80	6,65	2022	47	37,3	0,025
γ And	A,BC	02 03 54	+42 19 54	2,31	5,02	2024	63	9,5	0,008
ι Cas	AB	02 29 04	+67 24 04	4,66	6,92	2022	231	3,0	0,025
ω For		02 33 51	−28 13 51	4,95	7,71	2013	246	11,0	0,007
θ Eri		02 58 16	−40 18 16	3,20	4,12	2020	90	8,2	0,020
α For		03 12 05	−28 59 05	3,98	7,19	2017	301	5,4	0,071
HD 21291		03 29 04	+59 56 04	4,23	7,80	2021	162	2,3	0,001
η Tau	AB	03 47 29	+24 06 29	2,83	6,27	2016	291	117,6	0,008
f Eri	AB	03 48 36	−37 37 36	4,72	5,25	2020	216	8,2	0,020
32 Eri	AB	03 54 18	−02 57 18	4,80	5,89	2021	349	6,9	0,009
κ Tau	AB	04 25 22	+22 17 22	4,22	5,29	2016	174	339,4	0,021
θ Tau	AB	04 28 40	+15 52 40	3,41	3,94	2019	347	336,9	0,022
HD 28527	AB	04 30 34	+16 11 34	4,78	6,54	2014	131	250,3	0,022
83 Tau	AC	04 30 37	+13 43 37	4,75	6,09	2015	311	4,9	0,021
88 Tau	AB	04 35 39	+10 09 39	4,27	7,84	2017	300	69,2	0,020
σ Tau		04 39 17	+15 55 17	4,69	5,09	2014	194	444,0	0,018
τ Tau	AB	04 42 15	+22 57 15	4,24	7,02	2017	214	62,5	0,008
β Cam	AB	05 03 25	+60 26 25	4,12	7,44	2017	209	84,2	0,004
β Ori	A,BC	05 14 32	−08 12 32	0,30	6,80	2023	204	9,4	0,004
23 Ori		05 22 50	+03 32 50	4,95	6,76	2019	29	32,0	0,002
β Lep	AB	05 28 15	−20 45 15	2,90	7,50	2021	12	2,7	0,021
δ Ori	AC	05 32 00	−00 17 00	2,41	6,83	2023	0	51,8	--

Estrellas dobles o múltiples

nombre	compo-nentes	α_{2000}	δ_{2000}	magnitudes		últ. obs.	A.P.	separ.	paral.
		(^{h} ^{m} ^{s})	(° ′ ″)	prim.	sec.	(año)	(°)	(″)	(″)
HD 36960	AB	05 35 03	−06 00 03	4,70	5,51	2021	224	35,3	0,003
λ Ori	AB	05 35 08	+09 56 08	3,51	5,45	2024	51	3,1	0,003
ι Ori	AB	05 35 26	−05 54 26	2,77	7,73	2023	141	11,2	0,002
σ Ori	AB,D	05 38 45	−02 36 45	3,76	6,56	2021	84	13,5	0,003
σ Ori	AB,E	05 38 45	−02 36 45	3,76	6,34	2021	62	42,0	0,003
σ Ori	AB,F	05 38 45	−02 36 45	3,76	7,86	2016	324	208,0	0,003
ζ Ori	AB	05 40 46	−01 56 46	1,88	3,70	2022	167	2,5	0,004
[BCB89] IRS2		05 41 46	−01 54 46	4,60	7,10	1998	284	4,7	--
γ Lep	AB	05 44 28	−22 26 28	3,64	6,28	2019	349	95,5	0,112
θ Aur	AB	05 59 43	+37 12 43	2,60	7,20	2022	302	3,7	0,020
ζ CMa	AB	06 20 19	−30 03 19	2,96	7,81	2016	340	169,6	0,009
ε Mon	AB	06 23 46	+04 35 46	4,42	6,64	2021	29	12,1	0,024
β Mon	AB	06 28 49	−07 01 49	4,62	5,00	2022	132	7,3	0,005
β Mon	AC	06 28 49	−07 01 49	4,62	5,39	2022	127	9,5	0,005
15 Mon	AB	06 40 59	+09 53 59	4,66	7,79	2018	214	3,0	0,004
e Gem	AB	06 54 39	+13 10 39	4,75	7,80	2023	142	7,4	0,034
ε CMa		06 58 38	−28 58 38	1,50	7,50	2008	162	7,9	0,008
ζ Gem	AC	07 04 07	+20 34 07	4,05	7,66	2017	347	101,5	0,003
π Pup	AB	07 17 09	−37 05 09	2,89	7,94	2015	213	69,0	0,006
υ Pup	AB	07 18 18	−36 44 18	4,66	5,07	2011	102	241,6	0,003
η CMa		07 24 06	−29 18 06	2,45	6,77	2020	287	177,0	0,002
ρ Gem	AE	07 29 07	+31 47 07	4,16	7,82	2001	355	755,4	0,055
α Gem	AB	07 34 36	+31 53 36	1,93	2,97	2023	51	5,4	--
p Pup	AD	07 35 23	−28 22 23	4,62	7,88	1999	209	530,5	0,014
k Pup	AB	07 38 50	−26 48 50	4,40	4,62	2016	318	9,9	0,008
γ Vel	AB	08 09 32	−47 20 32	1,79	4,14	2017	221	41,2	0,003
γ Vel	AC	08 09 32	−47 20 32	1,79	7,26	2015	152	62,4	0,003
γ Vel	BC	08 09 29	−47 20 29	4,14	7,26	2015	113	60,9	0,003
ζ Cnc	AB,C	08 12 13	+17 38 13	4,92	5,85	2025	57	6,3	0,041
ι Cnc		08 46 42	+28 45 42	4,13	5,99	2022	308	30,5	0,009
ε Hya	AB,C	08 46 47	+06 25 47	3,49	6,66	2022	313	2,7	0,025
38 Lyn	AB	09 18 51	+36 48 51	3,92	6,09	2022	222	2,5	0,025
27 Hya	AB	09 20 29	−09 33 29	4,91	7,03	2015	211	229,1	0,015
τ Hya		09 29 09	−02 46 09	4,64	7,28	2016	4	65,7	0,055
ζ Leo	AB	10 16 41	+23 25 41	3,46	6,03	2016	337	335,4	0,014
γ Leo	AB	10 19 58	+19 50 58	2,37	3,64	2024	127	4,8	0,025
54 Leo		10 55 37	+24 44 37	4,48	6,30	2024	113	6,6	0,011
α UMa	AC	11 03 44	+61 45 44	2,02	7,19	2020	206	384,5	0,027

Estrellas dobles o múltiples

nombre	compo-nentes	α_{2000}	δ_{2000}	magnitudes		últ. obs.	A.P.	separ.	paral.
		(^{h} ^{m} ^{s})	(^{o} ′ ″)	prim.	sec.	(año)	(^{o})	(″)	(″)
χ Hya	AC	11 05 20	−27 17 20	4,96	6,10	1960	46	18,0	0,023
χ Hya	AD	11 05 20	−27 17 20	4,96	5,70	2015	88	507,3	0,023
ξ UMa	AB	11 18 11	+31 31 11	4,33	4,80	2025	135	2,7	--
55 UMa	AD	11 19 08	+38 11 08	4,77	7,25	2015	128	500,1	0,016
ι Leo	AB	11 23 55	+10 31 55	4,06	6,71	2024	89	2,3	0,042
γ Crt		11 24 53	−17 41 53	4,09	7,90	2017	92	4,4	0,038
γ Vir	AB	12 41 40	−01 26 40	3,48	3,53	2024	352	3,4	0,083
α CVn	AB	12 56 02	+38 19 02	2,85	5,52	2023	229	19,2	0,033
ζ UMa	AB	13 23 56	+54 55 56	2,23	3,88	2022	153	14,4	0,038
ζ UMa	AC	13 23 56	+54 55 56	2,23	4,01	2020	73	715,5	0,038
ζ UMa	AD	13 23 56	+54 55 56	2,23	7,62	2020	103	498,1	0,038
3 Cen		13 51 50	−32 59 50	4,50	5,97	2015	105	7,8	0,010
κ Boo	AB	14 13 29	+51 47 29	4,53	6,62	2023	236	13,7	0,020
ι Boo	AB	14 16 10	+51 22 10	4,76	7,39	2023	33	38,8	0,034
π Boo	AB	14 40 44	+16 25 44	4,88	5,79	2023	114	5,4	0,010
ε Boo	AB	14 44 59	+27 04 59	2,58	4,81	2024	347	2,9	0,015
α Lib	AB	14 50 53	−16 02 53	2,74	5,19	2016	314	230,8	0,043
ξ Boo	AB	14 51 23	+19 06 23	4,76	6,95	2023	292	5,0	0,149
δ Boo	AB	15 15 30	+33 18 30	3,56	7,89	2023	78	104,7	0,027
μ Lup	AC	15 18 32	−47 52 32	4,93	6,34	2019	128	23,1	0,010
μ Lup	BC	15 18 32	−47 52 32	4,99	6,34	2020	128	23,3	--
μ Boo	AB	15 24 29	+37 22 29	4,33	7,09	2023	170	109,2	0,027
δ Ser	AB	15 34 48	+10 32 48	4,17	5,16	2022	171	4,0	0,014
d Lup		15 35 53	−44 57 53	4,68	6,51	2016	12	2,1	0,008
7 CrB		15 39 23	+36 38 23	4,96	5,91	2024	306	6,3	0,006
η Lup	AB	16 00 07	−38 23 07	3,37	7,50	2020	19	14,8	0,008
ξ Sco	AC	16 04 22	−11 22 22	4,84	7,30	2023	42	8,0	--
ξ Sco	BC	16 04 22	−11 22 22	4,86	7,30	2023	45	7,1	0,036
β Sco	AC	16 05 26	−19 48 26	2,59	4,52	2021	19	13,7	--
β Sco	AD	16 05 26	−19 48 26	2,62	7,50	2016	30	519,2	--
ν Sco	AC	16 11 60	−19 27 60	4,35	6,60	2021	336	41,4	0,007
σ Ser		16 22 04	+01 01 04	4,09	7,82	2016	132	43,0	0,036
ε Nor		16 27 11	−47 33 11	4,51	6,12	2016	334	22,9	0,005
α Sco		16 29 24	−26 25 24	0,96	5,40	2019	277	2,7	0,006
μ Sco	AH	16 51 52	−38 02 52	2,97	3,51	2016	72	346,9	--
α Her	AB	17 14 39	+14 23 39	3,48	5,40	2025	101	4,9	0,009
ρ Her	AB	17 23 41	+37 08 41	4,50	5,40	2023	320	3,9	0,008
HD 158614	AD	17 30 24	−01 03 24	3,82	5,50	2002	317	16,9	0,061

Estrellas dobles o múltiples

nombre	compo-nentes	α_{2000}	δ_{2000}	magnitudes		últ. obs.	A.P.	separ.	paral.
		(^{h} ^{m} ^{s})	(° ′ ″)	prim.	sec.	(año)	(°)	(″)	(″)
ν Dra		17 32 16	+55 10 16	4,87	4,90	2023	308	62,2	0,033
θ Sco	AB	17 37 19	−42 59 19	1,97	5,36	1991	315	6,5	0,011
ψ Dra	AB	17 41 56	+72 08 56	4,60	5,59	2020	16	30,2	0,044
95 Her		18 01 30	+21 35 30	4,85	5,20	2025	256	6,4	0,008
70 Oph	AB	18 05 27	+02 30 27	4,22	6,17	2025	117	6,8	0,197
ε Lyr	AB,CD	18 44 20	+39 40 20	4,67	4,56	2021	172	209,4	0,021
ζ Lyr	AD	18 44 46	+37 36 46	4,34	5,62	2025	150	43,7	--
β Lyr	AB	18 50 05	+33 21 05	3,63	6,69	2025	148	45,6	0,004
θ Ser	AB	18 56 13	+04 12 13	4,59	4,93	2019	106	22,4	--
θ Ser	AC	18 56 13	+04 12 13	4,59	6,78	2007	58	421,0	--
θ Ser	BC	18 56 15	+04 12 15	4,93	6,78	2007	56	405,6	0,025
λ Aql	AB	19 06 15	−04 52 15	3,50	7,50	2009	30	12,5	0,026
β Sgr		19 22 38	−44 27 38	3,98	7,21	2015	76	28,3	0,008
α Vul		19 28 42	+24 39 42	4,61	5,93	2016	28	427,7	0,011
β Cyg	AB	19 30 43	+27 57 43	3,19	4,68	2024	54	34,7	--
δ Cyg	AB	19 44 58	+45 07 58	2,89	6,27	2022	214	2,8	0,021
ε Dra		19 48 10	+70 16 10	4,01	6,87	2025	20	3,2	0,021
HD 189340	AC	19 59 47	−09 57 47	4,40	7,83	2016	296	10,3	0,047
31 Cyg	AC	20 13 38	+46 44 38	3,93	6,97	2023	173	106,7	0,003
31 Cyg	AD	20 13 38	+46 44 38	3,93	4,83	2016	322	336,7	0,003
30 Cyg	DC	20 13 18	+46 48 18	4,83	6,97	2003	150	431,8	0,005
b03 Cyg	AB	20 14 32	+36 48 32	4,96	6,71	2016	155	215,3	0,025
α Cap	AE	20 18 03	−12 32 03	3,66	4,34	2016	290	381,2	0,030
β Cap	AB	20 21 01	−14 46 01	3,15	6,08	2016	266	205,2	0,008
ρ Cap	AD	20 28 52	−17 48 52	4,97	6,68	2011	150	258,7	0,033
γ Del	AB	20 46 39	+16 07 39	4,36	5,03	2025	265	8,7	0,028
γ Equ	AD	21 10 21	+10 07 21	4,70	6,06	2016	152	335,0	0,028
μ Cyg	AD	21 44 09	+28 44 09	4,75	6,94	2019	43	197,0	0,045
ξ Cep	AB	22 03 47	+64 37 47	4,45	6,40	2024	275	8,1	0,034
ζ Aqr	AB	22 28 50	−00 01 50	4,34	4,49	2024	154	2,3	0,035
δ Cep	AC	22 29 10	+58 24 10	4,21	6,11	2018	191	41,0	0,004
β PsA	AC	22 31 30	−32 20 30	4,28	7,12	2016	172	30,4	0,022
θ Gru	AC	23 06 53	−43 31 53	4,45	7,77	2002	292	158,9	0,025
o Cep	AB	23 18 37	+68 06 37	4,97	7,28	2022	223	3,4	0,016
V* AR Cas	AC	23 30 02	+58 32 02	4,87	7,23	2018	269	75,0	0,005
ι Phe	AC	23 35 05	−42 36 05	4,70	6,68	2010	212	294,1	0,012
HD 222226		23 38 56	−45 36 56	4,74	7,05	2010	122	804,4	0,015
σ Cas	AB	23 59 01	+55 45 01	4,99	7,24	2021	326	3,1	0,003

7.7. 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 γ Cassiopeiae.

Variables pulsantes

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

Variables rotantes

Se trata de estrellas en las que el brillo de su superficie no es uniforme, por lo que su variabilidad se aprecia al rotar el objeto. La no uniformidad de su superficie está ocasionada por la existencia de inhomogeneidades en su composición química o en su temperatura,

producidas por intensos campos magnéticos o por la presencia de una compañera muy cercana. De entre estos objetos merecen ser destacados los "púlsares", estrellas de neutrones en rápida rotación. También se incluyen los tipos α Canum Venaticorum y DY Draconis.

Variables cataclísmicas

Estrellas variables en las que tienen lugar enormes y rápidos aumentos de su luminosidad. Estos se producen por la aparición de repentinos procesos de combustión nuclear en su interior o por intercambio de material entre las estrellas de sistemas binarios próximos. Los primeros engloban las novas, supernovas y novas recurrentes; de entre los segundos destacaremos las de tipo U Geminorum, Z Andromedae y Z Camelopardalis.

Variables eclipsantes

Son sistemas binarios en los que las estrellas se eclipsan mutuamente de un modo alternativo, lo que produce las variaciones de luz observadas. Dependiendo de su proximidad, sus luminosidades y tamaños relativos, y de la orientación de la órbita, se obtienen distintos tipos de curvas de variación de luz. Atendiendo a este criterio, tradicionalmente se distingen tres tipos de estrellas variables eclipsantes: Algol, β Lyrae y W Ursae Majoris.

Variables emisoras de rayos X

Están constituidas por estrellas variables con intensa emisión de rayos X no incluidas en los tipos anteriores. En general se trata de sistemas binarios en los que una estrella, que es muy compacta (una enana blanca o incluso un agujero negro), atrapa el material que la estrella compañera pierde. En su caída sobre la estrella compacta, este material emite rayos X. Los que son capturados por la otra estrella dan lugar a la emision de radiación de muy alta temperatura de forma más o menos episódica. Entre las variables de rayos X se encuentra Vela X–1, cuya contrapartida óptica es HD 77581.

Finalmente, podemos encontrar en los catálogos otros tipos de estrellas variables. Se utilizan para clasificar estrellas mal estudidas o muy peculiares, y objetos erróneamente considerados estrellas variables: estrellas consideradas variables que en realidad no lo son y objetos variables que en realidad no son estrellas. Estos últimos incluyen los "cuásares" y los "blázares", que no son más que dos manifestaciones de un mismo fenómeno: la variabilidad de los núcleos activos de galaxias.

Efemérides β Lyrae, β Persei y estrellas Mira

La observación de estrellas variables se puede iniciar con las más brillantes de los distintos tipos. Entre las de corto periodo: Algol (β Per), β Lyr y RR Lyr. Los instantes de mínimo de las variables eclipsantes prototipo β Lyr y β Per pueden encontrarse en las siguientes tablas.

Mínimos de β Lyrae (Sheliak) en 2027

fecha y hora		fecha y hora		fecha y hora		fecha y hora	
Ene 9	10 h 18 m	Abr 10	00 h 49 m	Jul 9	15 h 20 m	Oct 8	06 h 00 m
Ene 22	08 h 57 m	Abr 22	23 h 27 m	Jul 22	13 h 59 m	Oct 21	04 h 40 m
Feb 4	07 h 36 m	May 5	22 h 06 m	Ago 4	12 h 39 m	Nov 3	03 h 20 m
Feb 17	06 h 15 m	May 18	20 h 44 m	Ago 17	11 h 19 m	Nov 16	02 h 01 m
Mar 2	04 h 54 m	May 31	19 h 23 m	Ago 30	09 h 59 m	Nov 29	00 h 41 m
Mar 15	03 h 32 m	Jun 13	18 h 02 m	Sep 12	08 h 39 m	Dic 11	23 h 21 m
Mar 28	02 h 11 m	Jun 26	16 h 41 m	Sep 25	07 h 19 m	Dic 24	22 h 01 m

Mínimos de β Persei (Algol) en 2027

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

Mínimos de β Persei (Algol) en 2027

fecha y hora		fecha y hora		fecha y hora		fecha y hora	
Mar 4	$17^h\ 12^m$	Jun 1	$14^h\ 35^m$	Sep 1	$08^h\ 33^m$	Dic 2	$02^h\ 34^m$
Mar 7	$14^h\ 01^m$	Jun 4	$11^h\ 24^m$	Sep 4	$05^h\ 22^m$	Dic 4	$23^h\ 24^m$
Mar 10	$10^h\ 50^m$	Jun 7	$08^h\ 13^m$	Sep 7	$02^h\ 10^m$	Dic 7	$20^h\ 13^m$
Mar 13	$07^h\ 40^m$	Jun 10	$05^h\ 02^m$	Sep 9	$22^h\ 59^m$	Dic 10	$17^h\ 02^m$
Mar 16	$04^h\ 29^m$	Jun 13	$01^h\ 50^m$	Sep 12	$19^h\ 47^m$	Dic 13	$13^h\ 51^m$
Mar 19	$01^h\ 18^m$	Jun 15	$22^h\ 39^m$	Sep 15	$16^h\ 36^m$	Dic 16	$10^h\ 40^m$
Mar 21	$22^h\ 07^m$	Jun 18	$19^h\ 28^m$	Sep 18	$13^h\ 25^m$	Dic 19	$07^h\ 29^m$
Mar 24	$18^h\ 57^m$	Jun 21	$16^h\ 17^m$	Sep 21	$10^h\ 13^m$	Dic 22	$04^h\ 18^m$
Mar 27	$15^h\ 46^m$	Jun 24	$13^h\ 06^m$	Sep 24	$07^h\ 02^m$	Dic 25	$01^h\ 08^m$
Mar 30	$12^h\ 35^m$	Jun 27	$09^h\ 54^m$	Sep 27	$03^h\ 51^m$	Dic 27	$21^h\ 57^m$
		Jun 30	$06^h\ 43^m$	Sep 30	$00^h\ 39^m$	Dic 30	$18^h\ 46^m$

Entre las de largo periodo se puede empezar por algunas de las estrellas Mira más brillantes, como son Mira (*o* Cet), R Leo y χ Cyg, cuyos instantes de máximo para este año vienen dados en la tabla siguiente.

Estrellas variables de largo periodo tipo Mira

nombre	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} (^{o} ′)	magnitud máx.	magnitud mín.	periodo (días)	fecha del máximo
R Vul	21 04	+23 49	7,0	14,3	136	Ene 29
V Oph	16 27	−12 26	7,3	11,6	297	Feb 03
T Her	18 09	+31 01	6,8	13,9	165	Feb 05
R Tri	02 37	+34 16	5,4	12,6	266	Feb 13
o Cet	02 19	−02 59	2,0	10,0	331	Feb 14
R Aql	19 06	+08 14	5,5	12,0	284	Feb 19
R Vir	12 38	+06 59	6,0	12,1	145	Feb 21
R Ser	15 51	+15 08	5,2	14,4	356	Mar 25
R Gem	07 07	+22 42	6,0	14,0	369	Abr 06
R Hya	13 30	−23 17	3,0	11,0	389	Abr 09
RT Cyg	19 44	+48 47	6,4	12,7	190	Abr 14
T UMa	12 36	+59 29	6,6	13,4	256	Abr 15
S Peg	23 21	+08 55	7,1	13,8	319	Abr 17
R Boo	14 37	+26 44	6,2	12,1	223	Abr 28
X Oph	18 38	+08 50	5,9	9,2	334	May 04
S CMi	07 33	+08 19	6,6	13,2	332	May 09
R Crv	12 20	−19 15	6,7	14,4	317	May 12
R UMa	10 45	+68 47	6,7	13,4	301	May 15

Estrellas variables de largo periodo tipo Mira

nombre	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} (^{o} $'$)	magnitud máx.	magnitud mín.	periodo (días)	fecha del máximo
V Cas	23 12	+59 42	6,9	13,4	228	May 16
R Dra	16 33	+66 45	6,7	13,0	245	May 20
T Hya	08 56	−09 08	6,7	13,2	289	Jun 06
R Cnc	08 17	+11 44	6,1	11,8	361	Jun 19
U Ori	05 56	+20 10	4,8	12,6	372	Jun 24
R LMi	09 46	+34 31	6,3	13,2	371	Jul 01
U Her	16 26	+18 54	6,5	13,4	406	Jul 01
S CrB	15 21	+31 22	5,8	14,1	360	Jul 03
S Her	16 52	+14 56	6,4	13,8	307	Jul 09
R And	00 24	+38 35	5,8	14,9	409	Jul 12
S UMa	12 44	+61 06	7,0	12,4	226	Jul 18
V Mon	06 23	−02 12	6,0	13,7	333	Jul 28
R Sgr	19 17	−19 18	6,7	12,8	268	Jul 31
U Cet	02 34	−13 09	6,8	13,4	234	Ago 01
V CrB	15 50	+39 34	6,9	12,6	357	Ago 01
S Vir	13 33	−07 12	6,3	13,2	377	Ago 16
R Leo	09 48	+11 26	4,4	11,3	312	Ago 21
R Peg	23 07	+10 33	6,9	13,8	378	Sep 02
R Cyg	19 37	+50 12	6,1	14,2	426	Oct 31
χ Cyg	19 51	+32 55	3,3	14,2	406	Nov 06
R Cas	23 58	+51 24	4,7	13,5	430	Nov 16
W Cet	00 02	−14 41	7,1	14,8	351	Nov 23
SS Vir	12 25	+00 48	6,0	9,6	354	Dic 03
W And	02 18	+44 18	6,7	14,6	395	Dic 11
R Aqr	23 44	−15 17	5,8	12,4	386	Dic 21
T Cep	21 10	+68 29	5,2	11,3	388	Dic 30

Estrellas variables de otros tipos

nombre	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} (^{o} $'$)	magnitud máx.	magnitud mín.	periodo (días)	tipo
TV Psc	00 28	+17 24	4,7	5,4	70	Semirregular
γ Cas	00 57	+60 43	1,6	3,0		γ Cassiopeiae
RX And	01 05	+41 18	10,3	13,6	14,1	Z Camelopardalis
ζ Phe	01 08	−55 15	3,9	4,4	1,670	Algol
UV Cet	01 39	−17 58	6,8	13,0		UV Ceti, “flare”
ρ Per	03 05	+38 50	3,3	4,4	50	Semirregular

Estrellas variables de otros tipos

nombre	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} (^{o} $'$)	magnitud máx.	magnitud mín.	periodo (días)	tipo
β Per	03 08	+40 57	2,1	3,4	2,867	Algol
GK Per	03 31	+43 54	0,2	14,0		Nova
BU Tau	03 49	+24 08	4,8	5,0		γ Cassiopeiae
λ Tau	04 01	+12 29	3,3	3,8	3,953	Algol
VW Hyi	04 09	−71 18	8,4	14,4	28	U Geminorum
T Tau	04 22	+19 32	8,4	13,5		T Tauri
RY Tau	04 22	+28 27	9,3	13,0		T Tauri
RV Tau	04 47	+26 11	9,8	13,3	78,7	RV Tauri
SU Aur	04 56	+30 34	9,3	11,8		T Tauri
ε Aur	05 02	+43 49	2,9	3,8	9890	Algol
ζ Aur	05 02	+41 05	3,7	4,0	972	Algol
UX Ori	05 05	−03 47	8,7	12,8		T Orionis
RX Lep	05 11	−11 51	5,0	7,0		Irregular
β Dor	05 34	−62 29	3,5	4,1	9,84	δ Cephei
T Ori	05 36	−05 29	9,5	12,6		T Orionis
α Ori	05 55	+07 24	0,4	1,3	2110	Semirregular
δ Pic	06 10	−54 58	4,7	4,9	1,673	β Lyrae
η Gem	06 15	+22 30	3,2	3,9	233	Semirregular
RT Aur	06 29	+30 30	5,0	5,8	3,728	δ Cephei
ζ Gem	07 04	+20 34	3,7	4,2	10,15	δ Cephei
EW CMa	07 14	−26 21	4,4	4,8		γ Cassiopeiae
L_2 Pup	07 14	−44 39	2,6	6,2	140	Semirregular
UW CMa	07 19	−24 34	4,8	5,3	4,393	β Lyrae
FW CMa	07 25	−16 12	5,0	5,5		γ Cassiopeiae
U Mon	07 31	−09 47	6,1	8,1	92,3	RV Tauri
U Gem	07 55	+22 00	8,2	14,9	103	U Geminorum
V Pup	07 58	−49 15	4,7	5,2	1,454	β Lyrae
MX Pup	08 14	−35 54	4,6	4,9		γ Cassiopeiae
Z Cam	08 26	+76 02	10,2	13,4	20,0	Z Camelopardalis
W UMa	09 44	+57 57	7,9	8,3	0,334	W UrsaeMajoris
ZZ Car	09 45	−62 30	3,3	4,2	35,5	δ Cephei
AD Leo	10 20	+19 52	9,4	10,4		UV Ceti
η Car	10 45	−59 41	−0,8	7,9		S Doradus
W Vir	13 26	−03 23	9,5	10,8	17,3	W Virginis
μ Cen	13 50	−42 28	2,9	3,5		γ Cassiopeiae
δ Lib	15 01	−08 31	4,9	5,9	2,327	Algol

Estrellas variables de otros tipos

nombre	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} (^{o} $'$)	magnitud máx.	magnitud mín.	periodo (días)	tipo
R CrB	15 49	+28 09	5,7	14,8		R Coronae Borealis
χ Oph	16 27	−18 27	4,2	5,0		γ Cassiopeiae
α Sco	16 29	−26 26	0,9	1,8	1730	Semirregular
AH Her	16 44	+25 15	10,6	13,9	19,6	Z Camelopardalis
μ^1 Sco	16 52	−38 03	2,8	3,1	1,44	β Lyrae
α Her	17 15	+14 23	3,0	4,0		Semirregular
u Her	17 17	+33 06	4,6	5,3	2,051	β Lyrae
X Sgr	17 48	−27 50	4,2	4,8	7,01	δ Cephei
W Sgr	18 05	−29 35	4,3	5,1	7,60	δ Cephei
δ Sct	18 42	−09 03	5,0	5,2	0,194	δ Scuti
R Sct	18 48	−05 42	4,5	8,2	140	RV Tauri
β Lyr	18 50	+33 22	3,3	4,3	12,936	β Lyrae
λ Pav	18 52	−62 11	3,4	4,3		γ Cassiopeiae
R Lyr	18 55	+43 57	3,9	5,0	46,0	Semirregular
κ Pav	18 57	−67 14	3,9	4,8	9,09	W Virginis
ε CrA	18 59	−37 06	4,7	5,0	0,591	W Ursae Majoris
TY CrA	19 02	−36 53	8,7	12,4		T Orionis
RY Sgr	19 17	−33 31	6,0	>15		R Coronae Borealis
RR Lyr	19 26	+42 47	7,1	8,1	0,567	RR Lyrae
η Aql	19 53	+01 00	3,5	4,4	7,177	δ Cephei
V695 Cyg	20 14	+46 44	3,8	3,9	3780	Algol
P Cyg	20 18	+38 02	3,0	6,0		S Doradus
δ Del	20 43	+15 04	4,4	4,5	0,158	δ Scuti
T Cyg	20 47	+34 22	5,0	5,5		Irregular
V832 Cyg	21 00	+47 31	4,5	4,9		γ Cassiopeiae
V Ind	21 12	−45 04	9,1	10,5	0,480	RR Lyrae
SS Cyg	21 43	+43 35	8,2	12,4	50,1	U Geminorum
μ Cep	21 44	+58 47	3,4	5,1	730	Semirregular
ε Oct	22 20	−80 26	5,0	5,4	55	Semirregular
δ Cep	22 29	+58 25	3,5	4,4	5,366	δ Cephei
RZ Cep	22 39	+64 51	9,2	9,8	0,309	RR Lyrae
β Gru	22 43	−46 53	2,0	2,3		Irregular
EW Lac	22 57	+48 41	5,0	5,3		γ Cassiopeiae
β Peg	23 04	+28 05	2,3	2,7		Irregular
λ And	23 38	+46 28	3,7	4,0	54,2	Semirregular
ρ Cas	23 54	+57 30	4,1	6,2	320	R Coronae Borealis

7.8. Estrella Polar

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

α UMi	
α_{2000}	$2^h\ 31^m\ 49^s{,}09456$
δ_{2000}	89° 15′ 50″,7923
$\mu_\alpha \cos\delta$	0,04448″ por año
μ_δ	−0,01185″ por año
π	0,008″
V	2,02
$B - V$	0,60
tipo espectral	F8

Consideraciones previas

Para realizar o reducir observaciones de la Polar conviene determinar los siguientes valores:

tiempo sidéreo local = tiempo sidéreo en Greenwich a 0^h TU
(ver *Tablas de tiempos* en la página 108)
+ 1,0027379 * Tiempo Universal
+ longitud λ del lugar (positiva al este)

ángulo horario de la Polar:

H = tiempo sidéreo local − asc. recta de la Polar (α)

distancia polar de la Polar: p

(ver tabla de *posición aparente de la Polar* en la página 362)

declinación de la Polar: $\delta = 90° - p$

El instante de culminación superior de la Polar por el meridiano de Greenwich en una fecha dada puede calcularse a partir del valor de la ascensión recta α dada en la tabla de la Polar, mediante:

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

donde TSG0 es el tiempo sidéreo en Greenwich a 0^h de TU (ver *Tablas de tiempos* en la página 108) y el tiempo *TU* resultante debe darse entre 0^h y 24^h.

Predicción de las coordenadas horizontales de la Polar

La altura h y el acimut a de la Polar en el día y hora considerados y en un lugar de latitud ϕ vienen dados por:

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

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

donde todos los ángulos (ϕ, p, H, h, a) deben ser expresados en grados y el acimut a se mide desde el norte positivamente hacia el este.

Determinación de la latitud

La medida de la altura h de la Polar sobre el horizonte permite determinar la latitud ϕ de un lugar, suponiendo que se conoce la longitud λ de este 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 esta 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 (ϕ, p, H, h) deben ser expresados en grados. Para nuestras latitudes, el último sumando es < 20″.

Determinación de la meridiana

La medida, sobre el horizonte, de la dirección de la Polar respecto del norte permite determinar la dirección de la meridiana. Procediendo como antes calculamos los ángulos H y p. Medimos la altura h de la Polar o la predecimos mediante la fórmula dada anteriormente.

El acimut de la Polar vendrá dado por:

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

midiéndose el acimut a desde el norte y positivo hacia el este. Si se desea referir el acimut al sur, súmese 180º al valor antes obtenido.

Coordenadas Hipparcos y otros parámetros

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

α UMi	
α_{2000}	$2^h31^m49^s{,}09456$ ICRS
δ_{2000}	89°15′50″,7923 ICRS
$\mu_\alpha \cos\delta$	0,04448″ por año
μ_δ	–0,01185″ por año
Velocidad radial	–17,4 km s^{-1}
π	0,00754″
Distancia	133 pc
V	2,005
$B–V$	0,586
M_V	–3,6
Tipo espectral (HIC)	F7 Ib-IIv C
Variabilidad	Cefeida clásica (δ Cephei)
Periodo	3,97 días
Variación en magnitud	< 0,05
Masa	~4,5 $\mathcal{M}_\odot$
Nombres alternativos	α UMi, SAO 308 PPM 431, FK5 907 HIP 11767, Tyc 4628-237-1 HD 8890, IRAS 01490+8901
Sistema estelar	Polar Aa, Polar Ab, Polar B

Posiciones aparentes de la Polar

En las siguientes tablas se da la ascensión recta (α) y la distancia polar (p) para cada fecha del año.

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

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

Posición aparente de la Polar en 2027
en su culminación superior en Greenwich

día	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio	
	α	p	α	p	α	p	α	p	α	p	α	p
	3^h07^m	36′	3^h06^m	36′	3^h06^m	37′	3^h05^m	37′	3^h05^m	37′	3^h06^m	37′
1	97ˢ,64	64″,5	106ˢ,27	59″,6	52ˢ,88	0″,4	67ˢ,72	6″,4	52ˢ,67	15″,2	11ˢ,76	24″,3
2	96ˢ,45	64″,3	104ˢ,51	59″,5	51ˢ,19	0″,5	66ˢ,48	6″,6	52ˢ,48	15″,5	13ˢ,08	24″,6
3	95ˢ,29	64″,0	102ˢ,65	59″,4	49ˢ,41	0″,6	65ˢ,22	6″,9	52ˢ,42	15″,9	14ˢ,57	24″,9
4	94ˢ,11	63″,8	100ˢ,68	59″,3	47ˢ,55	0″,6	63ˢ,98	7″,2	52ˢ,51	16″,3	16ˢ,17	25″,2
5	92ˢ,87	63″,6	98ˢ,60	59″,3	45ˢ,61	0″,8	62ˢ,83	7″,5	52ˢ,79	16″,6	17ˢ,80	25″,4
6	91ˢ,54	63″,3	96ˢ,42	59″,2	43ˢ,61	0″,9	61ˢ,82	7″,8	53ˢ,27	17″,0	19ˢ,36	25″,6
7	90ˢ,08	63″,1	94ˢ,19	59″,2	41ˢ,60	1″,0	60ˢ,98	8″,1	53ˢ,89	17″,3	20ˢ,77	25″,8
8	88ˢ,50	62″,8	91ˢ,93	59″,1	39ˢ,62	1″,2	60ˢ,32	8″,5	54ˢ,58	17″,6	22ˢ,04	26″,0
9	86ˢ,79	62″,6	89ˢ,70	59″,1	37ˢ,73	1″,4	59ˢ,84	8″,8	55ˢ,26	17″,9	23ˢ,18	26″,1
10	84ˢ,97	62″,4	87ˢ,56	59″,2	35ˢ,98	1″,6	59ˢ,46	9″,1	55ˢ,85	18″,1	24ˢ,28	26″,3
11	83ˢ,08	62″,1	85ˢ,54	59″,2	34ˢ,39	1″,8	59ˢ,13	9″,4	56ˢ,30	18″,4	25ˢ,42	26″,6
12	81ˢ,17	62″,0	83ˢ,67	59″,3	32ˢ,97	2″,0	58ˢ,75	9″,6	56ˢ,63	18″,6	26ˢ,67	26″,8
13	79ˢ,29	61″,8	81ˢ,94	59″,3	31ˢ,69	2″,3	58ˢ,27	9″,9	56ˢ,87	18″,9	28ˢ,06	27″,1
14	77ˢ,48	61″,7	80ˢ,32	59″,4	30ˢ,49	2″,5	57ˢ,67	10″,1	57ˢ,11	19″,2	29ˢ,60	27″,3
15	75ˢ,79	61″,5	78ˢ,75	59″,4	29ˢ,29	2″,6	56ˢ,95	10″,3	57ˢ,42	19″,5	31ˢ,28	27″,6
16	74ˢ,23	61″,4	77ˢ,15	59″,4	28ˢ,03	2″,8	56ˢ,17	10″,6	57ˢ,86	19″,8	33ˢ,06	27″,8
17	72ˢ,80	61″,3	75ˢ,42	59″,4	26ˢ,64	2″,9	55ˢ,40	10″,9	58ˢ,45	20″,2	34ˢ,88	28″,0
18	71ˢ,45	61″,2	73ˢ,54	59″,4	25ˢ,11	3″,1	54ˢ,73	11″,2	59ˢ,22	20″,5	36ˢ,70	28″,2
19	70ˢ,10	61″,0	71ˢ,47	59″,4	23ˢ,46	3″,2	54ˢ,21	11″,6	60ˢ,12	20″,8	38ˢ,48	28″,4
20	68ˢ,65	60″,8	69ˢ,29	59″,4	21ˢ,77	3″,4	53ˢ,87	11″,9	61ˢ,11	21″,1	40ˢ,18	28″,5
21	67ˢ,02	60″,6	67ˢ,08	59″,5	20ˢ,11	3″,7	53ˢ,69	12″,3	62ˢ,15	21″,4	41ˢ,80	28″,7
22	65ˢ,17	60″,4	64ˢ,92	59″,5	18ˢ,57	3″,9	53ˢ,64	12″,6	63ˢ,17	21″,7	43ˢ,34	28″,8
23	63ˢ,13	60″,2	62ˢ,90	59″,7	17ˢ,19	4″,2	53ˢ,66	12″,9	64ˢ,14	21″,9	44ˢ,81	28″,9
24	61ˢ,00	60″,1	61ˢ,03	59″,8	15ˢ,98	4″,5	53ˢ,71	13″,3	65ˢ,05	22″,2	46ˢ,26	29″,1
25	58ˢ,86	60″,0	59ˢ,29	59″,9	14ˢ,91	4″,8	53ˢ,73	13″,5	65ˢ,88	22″,4	47ˢ,72	29″,3
26	56ˢ,81	59″,9	57ˢ,66	60″,1	13ˢ,94	5″,0	53ˢ,69	13″,8	66ˢ,64	22″,6	49ˢ,22	29″,5
27	54ˢ,87	59″,9	56ˢ,08	60″,2	13ˢ,02	5″,3	53ˢ,58	14″,1	67ˢ,36	22″,9	50ˢ,83	29″,6
28	53ˢ,04	59″,8	54ˢ,49	60″,3	12ˢ,08	5″,5	53ˢ,40	14″,4	68ˢ,08	23″,2	52ˢ,57	29″,9
29	51ˢ,31	59″,8			11ˢ,10	5″,7	53ˢ,17	14″,6	68ˢ,83	23″,4	54ˢ,48	30″,1
30	49ˢ,64	59″,7			10ˢ,05	6″,0	52ˢ,91	14″,9	69ˢ,66	23″,7	56ˢ,55	30″,2
31	47ˢ,97	59″,7			8ˢ,92	6″,2			70ˢ,62	24″,0		

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

Posición aparente de la Polar en 2027
en su culminación superior en Greenwich

día	Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	α	p	α	p	α	p	α	p	α	p	α	p
	$3^h\,06^m$	$37'$	$3^h\,08^m$	$37'$	$3^h\,09^m$	$37'$	$3^h\,10^m$	$37'$	$3^h\,10^m$	$37'$	$3^h\,10^m$	$36'$
1	$58^s,76$	$30'',4$	$4^s,14$	$32'',1$	$11^s,30$	$29'',0$	$7^s,96$	$22'',2$	$47^s,26$	$12'',2$	$56^s,04$	$60'',9$
2	$61^s,03$	$30'',5$	$6^s,28$	$32'',0$	$13^s,17$	$28'',8$	$9^s,71$	$21'',9$	$48^s,29$	$11'',8$	$55^s,61$	$60'',6$
3	$63^s,27$	$30'',6$	$8^s,26$	$31'',9$	$15^s,16$	$28'',7$	$11^s,54$	$21'',7$	$49^s,20$	$11'',4$	$55^s,05$	$60'',2$
4	$65^s,39$	$30'',7$	$10^s,17$	$31'',9$	$17^s,30$	$28'',6$	$13^s,40$	$21'',4$	$49^s,97$	$11'',0$	$54^s,40$	$59'',8$
5	$67^s,35$	$30'',7$	$12^s,11$	$31'',8$	$19^s,55$	$28'',4$	$15^s,23$	$21'',1$	$50^s,59$	$10'',6$	$53^s,70$	$59'',5$
6	$69^s,14$	$30'',8$	$14^s,16$	$31'',8$	$21^s,86$	$28'',3$	$16^s,97$	$20'',8$	$51^s,07$	$10'',2$	$52^s,98$	$59'',2$
7	$70^s,83$	$30'',9$	$16^s,35$	$31'',8$	$24^s,17$	$28'',1$	$18^s,59$	$20'',4$	$51^s,44$	$9'',8$	$52^s,28$	$58'',9$
8	$72^s,51$	$31'',0$	$18^s,67$	$31'',8$	$26^s,44$	$27'',9$	$20^s,08$	$20'',1$	$51^s,74$	$9'',5$	$51^s,66$	$58'',6$
9	$74^s,28$	$31'',1$	$21^s,09$	$31'',8$	$28^s,63$	$27'',6$	$21^s,43$	$19'',7$	$52^s,26$	$8'',8$	$51^s,13$	$58'',3$
10	$76^s,17$	$31'',2$	$23^s,56$	$31'',8$	$30^s,70$	$27'',4$	$22^s,67$	$19'',4$	$52^s,58$	$8'',5$	$50^s,71$	$58'',0$
11	$78^s,20$	$31'',4$	$26^s,03$	$31'',7$	$32^s,65$	$27'',2$	$23^s,81$	$19'',1$	$52^s,98$	$8'',1$	$50^s,37$	$57'',7$
12	$80^s,37$	$31'',5$	$28^s,45$	$31'',6$	$34^s,49$	$26'',9$	$24^s,90$	$18'',8$	$53^s,48$	$7'',8$	$50^s,06$	$57'',4$
13	$82^s,63$	$31'',6$	$30^s,79$	$31'',5$	$36^s,23$	$26'',7$	$25^s,98$	$18'',5$	$54^s,09$	$7'',5$	$49^s,70$	$57'',0$
14	$84^s,94$	$31'',7$	$33^s,03$	$31'',4$	$37^s,89$	$26'',4$	$27^s,09$	$18'',2$	$54^s,75$	$7'',2$	$49^s,21$	$56'',7$
15	$87^s,25$	$31'',8$	$35^s,16$	$31'',3$	$39^s,53$	$26'',2$	$28^s,28$	$17'',9$	$55^s,40$	$6'',8$	$48^s,53$	$56'',3$
16	$89^s,52$	$31'',8$	$37^s,19$	$31'',1$	$41^s,19$	$26'',0$	$29^s,57$	$17'',6$	$55^s,96$	$6'',4$	$47^s,64$	$55'',9$
17	$91^s,70$	$31'',8$	$39^s,15$	$31'',0$	$42^s,91$	$25'',8$	$30^s,97$	$17'',3$	$56^s,37$	$6'',0$	$46^s,58$	$55'',6$
18	$93^s,80$	$31'',8$	$41^s,06$	$30'',9$	$44^s,72$	$25'',6$	$32^s,46$	$17'',0$	$56^s,58$	$5'',6$	$45^s,41$	$55'',3$
19	$95^s,80$	$31'',8$	$42^s,97$	$30'',8$	$46^s,65$	$25'',4$	$33^s,97$	$16'',7$	$56^s,60$	$5'',2$	$44^s,24$	$55'',0$
20	$97^s,72$	$31'',9$	$44^s,92$	$30'',7$	$48^s,68$	$25'',2$	$35^s,46$	$16'',4$	$56^s,47$	$4'',8$	$43^s,12$	$54'',7$
21	$99^s,58$	$31'',9$	$46^s,95$	$30'',7$	$50^s,79$	$25'',0$	$36^s,84$	$16'',0$	$56^s,28$	$4'',4$	$42^s,09$	$54'',5$
22	$101^s,43$	$31'',9$	$49^s,10$	$30'',6$	$52^s,93$	$24'',7$	$38^s,07$	$15'',6$	$56^s,08$	$4'',0$	$41^s,17$	$54'',2$
23	$103^s,30$	$32'',0$	$51^s,38$	$30'',5$	$55^s,04$	$24'',5$	$39^s,11$	$15'',2$	$55^s,96$	$3'',7$	$40^s,34$	$54'',0$
24	$105^s,24$	$32'',0$	$53^s,77$	$30'',4$	$57^s,03$	$24'',2$	$39^s,98$	$14'',8$	$55^s,94$	$3'',4$	$39^s,53$	$53'',7$
25	$107^s,29$	$32'',1$	$56^s,24$	$30'',3$	$58^s,87$	$23'',8$	$40^s,74$	$14'',4$	$56^s,02$	$3'',1$	$38^s,70$	$53'',4$
26	$109^s,47$	$32'',1$	$58^s,74$	$30'',2$	$60^s,52$	$23'',5$	$41^s,44$	$14'',1$	$56^s,16$	$2'',8$	$37^s,79$	$53'',1$
27	$111^s,80$	$32'',2$	$61^s,19$	$30'',0$	$62^s,03$	$23'',2$	$42^s,19$	$13'',8$	$56^s,32$	$2'',5$	$36^s,76$	$52'',8$
28	$114^s,25$	$32'',2$	$63^s,51$	$29'',8$	$63^s,44$	$22'',9$	$43^s,02$	$13'',5$	$56^s,44$	$2'',1$	$35^s,59$	$52'',5$
29	$116^s,79$	$32'',2$	$65^s,67$	$29'',6$	$64^s,85$	$22'',6$	$43^s,98$	$13'',2$	$56^s,45$	$1'',7$	$34^s,28$	$52'',2$
30	$119^s,34$	$32'',2$	$67^s,65$	$29'',4$	$66^s,34$	$22'',4$	$45^s,04$	$12'',9$	$56^s,32$	$1'',3$	$32^s,84$	$51'',9$
31	$121^s,82$	$32'',2$	$69^s,50$	$29'',1$			$46^s,16$	$12'',5$			$31^s,30$	$51'',7$

El día 8 de noviembre la Polar culmina dos veces en Greenwich, siendo las coordenadas en su segundo paso: $\alpha = 3^h10^m52^s,00$ y $p = 37'09'',1$.

7.9. La Vía Láctea

Características de la Vía Láctea

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

Características globales de la galaxia:

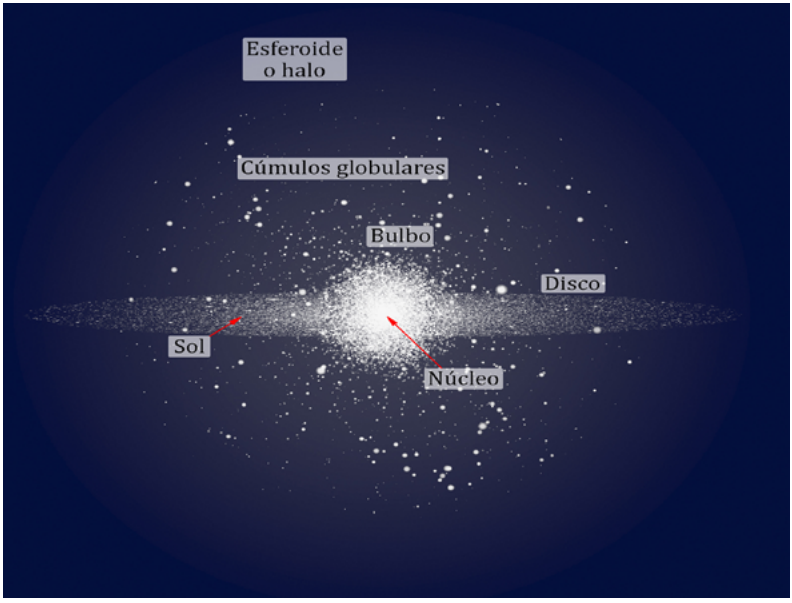
tipo morfológico	SBbc
masa incluyendo el halo de materia oscura	$\sim 10^{12}\ \mathcal{M}_\odot$
masa excluyendo el halo de materia oscura	$\sim 10^{11}\ \mathcal{M}_\odot$
diámetro del halo gaseoso	100 kpc
dirección del polo norte galáctico	$\alpha = 12^h51^m26^s$, $\delta = +27°07'42''$
velocidad respecto del fondo de microondas	$\sim$600 km s^{-1}
luminosidad en banda V	1,4 $10^{10}\ \mathcal{L}_\odot$
luminosidad en banda B	2,3 $10^{10}\ \mathcal{L}_\odot$
luminosidad infrarroja (4 – 100 μm)	1,2 $10^{10}\ \mathcal{L}_\odot$
luminosidad bolométrica	3,6 $10^{10}\ \mathcal{L}_\odot$
magnitud absoluta	– 20,9
módulo de distancia	14,51
número de estrellas	> 2 10^{11}
Núcleo:	
masa interior a 1 pc (3,26 años luz)	3 $10^6\ \mathcal{M}_\odot$
Bulbo:	
masa	$10^{10}\ \mathcal{M}_\odot$
diámetro	2 kpc
luminosidad en banda B	0,2 $10^{10}\ \mathcal{L}_\odot$
Disco:	
masa	6 $10^{10}\ \mathcal{M}_\odot$
diámetro	23–30 kpc
longitud de escala	3,5 kpc
luminosidad en banda V	1,2 $10^{10}\ \mathcal{L}_\odot$
ritmo de formación de estrellas	$\sim 3\ \mathcal{M}_\odot$ por año
masa de gas molecular	2,5 $10^9\ \mathcal{M}_\odot$
masa de gas atómico	3,0 $10^9\ \mathcal{M}_\odot$
periodo de rotación de la espiral	$\sim$ 50 10^6 años
periodo de rotación de la barra	$\sim$ 17 10^6 años

Esferoide o halo:

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

Características de la galaxia en las proximidades del Sol:

velocidad de traslación	$220\ \text{km s}^{-1}$
tiempo necesario para dar una vuelta	240 millones de años
dirección del centro galáctico (J2000)	$\alpha=17^h45^m37^s,\delta=-28^o56'10''$
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	$0{,}043\ \mathcal{M}_\odot\ \text{pc}^{-3}$
densidad total de materia	$0{,}097\ \mathcal{M}_\odot\ \text{pc}^{-3}$
brillo superficial	$15\ \mathcal{L}_\odot\ \text{pc}^{-2}$
metalicidad, Z	0,02
velocidad de escape	$\sim 550\ \text{km s}^{-1}$



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

Cúmulos estelares

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

- *cúmulos abiertos o galácticos:* se encuentran en el disco galáctico, contienen algunos centenares de estrellas en una distribución a menudo irregular, suelen ser jóvenes (< 10^8 años) y se estima que hay decenas de miles de ellos en la Vía Láctea.
- *cúmulos globulares:* se encuentran en el halo galáctico, contienen entre 10^5 y 10^7 estrellas en una distribución esférica, suelen ser muy viejos (~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 pársecs)	4	20
masa (en $\mathcal{M}_\odot$)	250	$6\ 10^5$
densidad central (en $\mathcal{M}_\odot$ pc^{-3})	~ 10^2	~ 10^4
velocidad de dispersión (en km s^{-1})	1	7
tiempo de vida/edad (en años)	$2\ 10^8$	10^{10}

Cúmulos globulares

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

M: catálogo de Messier; NGC: New General Catalogue

Cúmulos abiertos

M	NGC	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} (^{o} $'$)	magn. V_{total}	tamaño ($'$)	comentarios
	869	02 19,0	+57 10	5,3	30	h Per, junto a NGC884
34	1039	02 42,0	+42 47	5,2	35	en Perseus
	Perseo	03 22,0	+48 36	1,2	190	α Per, Melotte 20
45	Pléyades	03 47,1	+24 08	1,2	110	el mejor conocido
	Híades	04 20,0	+15 38	0,5	330	en Taurus
38	1912	05 28,6	+35 50	6,4	21	en Auriga
	1976/80	05 35,4	−05 23	2,5	50	*El Trapecio,* joven
36	1960	05 36,1	+34 08	6	12	en Auriga
	Berk 21	05 51,7	+21 47	1,1	6	en Taurus
37	2099	05 52,4	+32 32	5,6	23	en Auriga
35	2168	06 08,8	+24 21	5,1	28	en Gemini
	2232	06 26,5	−04 45	3,9	30	en Monoceros
	2244	06 32,4	+04 52	4,8	23	en neb. *Roseta*, joven
	2264	06 41,0	+09 53	3,9	20	S Mon
41	2287	06 47,1	−20 44	4,5	38	en Canis Major
50	2323	07 03,0	−08 21	5,9	16	en Monoceros
	2362	07 18,8	−24 56	4,1	8	τ CMa
47	2422	07 36,6	−14 30	4,4	30	en Puppis
46	2437	07 41,8	−14 49	6,1	27	en Puppis
	2451	07 45,4	−37 58	2,8	45	en Puppis
44	2632	08 40,1	+20 00	3,1	95	Praesepe, en Cancer
	IC2395	08 41,0	−48 11	4,6	7	en Vela
67	2682	08 50,5	+11 42	6,9	30	en Cancer
	Tr 16	10 45,2	−59 42	5	10	η Car y nebulosa
	Coma	12 25,1	+26 06	1,8	300	disperso, Melotte 111
	4755	12 53,6	−60 20	4,2	10	κ Cru, *El Joyero*
	6231	16 54,0	−41 48	2,6	14	supergig. O, WR; en Sco
6	6405	17 40,1	−32 13	4,2	14	en Scorpius
	IC4665	17 46,7	+05 44	4,2	40	en Ophiuchus
7	6475	17 53,9	−34 48	3,3	80	en Scorpius
23	6494	17 56,9	−19 01	5,5	27	en Scorpius
16	6611	18 18,9	−13 47	6	6	en Serpens, +nebulosa
	6633	18 27,6	+06 34	4,6	27	en Ophiucus
25	IC4725	18 31,7	−19 15	4,6	32	cefeida U Sgr
	IC4756	18 39,3	+05 27	4,6	50	en Serpens
11	6705	18 51,1	−06 17	5,8	13	muy rico, en Scutum
	Steph 1	18 53,5	+36 55	3,8	20	en Lyra
	Col 399	19 25,4	+20 11	3,6	60	en Vulpecula
	6819	19 41,3	+40 11	7,3	5	en Cygnus
	IC1396	21 38,9	+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 consituido por *rayos cósmicos* (partículas subatómicas de elevada energía) y *campos magnéticos.*

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

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 por reflexión brillantes

M	NGC	situación	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} ($^\circ$ $'$)	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, 2º al norte de β Eri	5 07	−3 21	alargada (8′), tiene unas diez estrellas embebidas
78	2068	en Orión	5 47	0 03	a 2,5º de ζ Ori, hacia Betelgeuse
	7023	en Cepheus	21 01	68 10	6º al NNO de α Cep
	7129	en Cepheus	21 41	66 06	4º al NNE de α Cep, incluye un pequeño cúmulo estelar

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

Nebulosas de emisión brillantes

M	NGC	nombre propio	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} (^{o} $'$)	comentario
42/43	1976/82	gran complejo de nebulosas en Orión	5 35	−5 20	brillantes, una nebulosa rodea θ Ori, incluye el joven cúmulo del *Trapecio*
	IC434		5 41	−2 24	débil neb., se extiende 1º al sur de θ Ori, incluye peq. neb. oscura de Cabeza de Caballo
	2237-9/46	*Roseta*	6 32	4 52	en Monoceros, débil pero extensa (use pocos aumentos)
20	6514	*Trífida*	18 03	−23 02	a 1,5º de la nebulosa *Laguna*, pueden usarse bastantes aumentos
8	6523	*Laguna*	18 04	−24 23	visible con pequeños telescopios, cúm. ab. NGC 6530 al este
17	6618	*Omega*	18 21	−16 11	parcialmente visible con buenos prismáticos, úsese pocos aumentos
16	6611	*Águila*	18 19	−13 47	a unos 2º de la neb. Omega, débil, incluye un cúmulo abierto

También son conocidas como *regiones HII*

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.

Nebulosas planetarias brillantes

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

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).

Restos de supernova brillantes

NGC	situación	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} (^{o} $'$)	comentario
1952(M1)	neb. *Cangrejo*, Taurus	5 34	22 01	1,3° al NO de ζ Tau, de 7′ x 5′, visible incluso con pequeños telescopios
IC443	en Gemini	6 17	22 47	1,5° al oeste de μ Gem
6992/60/79	neb. del *Velo*, en Cygnus	20 50	31 30	gran arco de unos 3° de diámetro, entre ε y ζ Cyg

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.

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. Estas 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 pársecs y una masa de hasta $10^6\ \mathcal{M}_\odot$ (el agujero negro central, más). 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 estas 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 solo 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

Épocas de observación

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

Primavera	α entre 9^h y 15^h
Verano	α entre 15^h y 21^h
Otoño	α entre 21^h y 3^h
Invierno	α entre 3^h y 9^h

Catálogo Messier de objetos difusos

El catálogo Messier es una lista de 110 objetos astronómicos difusos, que ahora sabemos que son de naturaleza muy variada.

Fue compilado por el astrónomo francés Charles Messier a finales del siglo XVIII desde París, por lo que cubre todo el hemisferio norte celeste y parcialmente el hemisferio sur. Gran observador de cometas (descubrió una veintena), Messier confeccionó su famosa lista de objetos difusos a fin de evitar confundirlos con ellos.

Los distintos tipos de objetos astronómicos vienen indicados con las siguientes iniciales:

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.

Catálogo de Messier de objetos difusos

M	NGC	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} (^{o} $'$)	magn.	tamaño ($'$)	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	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	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	12	c.a.	Aur
37	2099	5 52,4	+32 33	5,6	24	c.a.	Aur

Catálogo de Messier de objetos difusos

M	NGC	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} (^{o} $'$)	magn.	tamaño ($'$)	tipo	constelación
38	1912	5 28,7	+35 50	6,4	21	c.a.	Aur
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	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	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	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	3	c.a.	Aqr
74	628	1 36,7	+15 47	9,2	9	g.s.	Psc

Catálogo de Messier de objetos difusos

M	NGC	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} (^{o} $'$)	magn.	tamaño ($'$)	tipo	constelación
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
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	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	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	13	g.e.	And

7.10. Objetos extragalácticos

Galaxias

El *universo observable* tal como lo conocemos hoy está compuesto por *galaxias*, que en ocasiones se agrupan en *cúmulos* y estos, 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 comunmente nebulosas, entre ellas la de Andrómeda, eran realmente galaxias independientes de la Vía Láctea. Denominamos *galaxia* a un gran conjunto de estrellas y materia interestelar (nubes de gas y polvo), además de otros cuerpos menores (restos de estrellas, planetas), unido gravitatoriamente y percibido como una entidad separada, aunque no siempre independiente, en el espacio. Su centro de masas o *núcleo* galáctico es una región pequeña y compacta que contiene una gran densidad de estrellas y otros objetos. En ocasiones en él se encuentra un agujero negro supermasivo (con una masa entre 10^6 y 10^{10} $\mathcal{M}_\odot$), pudiendo emitirse desde sus inmediaciones 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, blázar, 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 típicamente unos miles de millones, mientras que las supergigantes pueden superar un billón), su tamaño (entre cientos y millones de años luz de diámetro), su luminosidad (entre 10^5 y 10^{14} $\mathcal{L}_\odot$) y su forma. Los tipos morfológicos principales se expresan, de manera simplificada, mediante:

E	elíptica (de E0 hasta E7)
Im, Irr	irregular
S	espiral (de 'a' a 'c') (SA, SAB, SB)
S0	lenticular (S0)
dSph	esferoidal enana
d	prefijo indicativo de galaxia enana
B	sufijo indicativo de presencia de una barra

Las galaxias se identifican por las coordenadas que dan su posición en el cielo. Catalogadas en los siglos XVIII y XIX junto con las nebulosas y cúmulos estelares, algunas aparecen en el pequeño catálogo de Ch. Messier (en él la galaxia de Andrómeda es Messier 31 o M31) y en el catálogo mucho más extenso de William, Caroline y John Herschel, que a finales del siglo XIX J.L.E. Dreyer plasmó en el Nuevo Catálogo General de Nebulosas y Cúmulos de Estrellas (la galaxia de Andrómeda es NGC 224). Otros catálogos muy utilizados en la denominación de galaxias son el Atlas de Galaxias Peculiares de H. Arp, en el que abundan galaxias en interacción (Arp 220, Arp 244) y alguna radiogalaxia (como Arp 153, también conocida como Centauro A o NGC 5128), el Catálogo General de Galaxias de Upspala (UGC) o el catálogo de galaxias enanas DDO. En los catálogos de radiofuentes publicados a partir del año 1950 también se encuentran galaxias (como 3C236) y cuásares (como 3C48 y 3C273). Los cúmulos de galaxias fueron catalogados inicialmente por G.O. Abell.

Se denomina *Grupo Local* a un grupo de varias decenas de galaxias que incluye, como miembros dominantes, la Vía Láctea y 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 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.

Galaxias del Grupo Local

nombre	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} (^{o} $'$)	mag. V	tamaño ($'$x$'$)	tipo	dist. (kpc)
Andrómeda, M31	00 42,7	+41 16	3,4	185x75	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	650x550	SB(s)m	48
Triángulo, M33	01 33,9	+30 39	5,7	67x42	SA(s)cd	810
M32, NGC 221	00 42,7	+40 52	8,1	11x7	E2	780
Peq. N. de Magallanes	00 52,7	−72 50	2,7	280x160	SB(s)m	61

Galaxias del Grupo Local

nombre	α_{2000} (h m)	δ_{2000} (° ′)	mag. V	tamaño (′x′)	tipo	dist. (kpc)
Andrómeda VIII	00 42,3	+40 37	9,1	45x10	dSph	720
IC 1613	01 05,1	+02 08	9,2	20x19	IAB(s)m	780
M110, NGC 205	00 41,3	+41 41	8,5	20x13	E5	780
NGC 3109	10 03,1	−26 09	10,4	16x3	Ir+	1200
IC 10	00 20,4	+59 18	10,3	7x6	KBm?	1100
NGC 147	00 33,2	+48 31	9,5	15x9	dE5	640
NGC 185	00 39,0	+84 20	9,2	15x13	dE3	620
NGC 6822, de Barnard	19 44,9	−14 49	9,3	16x14	IB(s)m	480
Andrómeda VI	23 51,7	+24 36	11,2	4x4	dSph	750
DDO 221, WLM	00 02,0	−15 28	10,9	12x4	IB(s)	910
Sextante A, UGCA 205	10 11,1	−04 43	11,9	6x5	Ir+	1400
Sextante B, UGC 5373	10 00,0	+05 20	11,8	5x4	Ir+	1300
Enana de Fornax	02 39,9	−34 32	8,1	12x10	dSph/E2	130
Leo I, DDO 74	10 08,5	+12 18	9,8	10x7	dE3	240
Andrómeda I	00 45,7	+38 00	13,2	3x3	dSph/E3	780
E. de Pegaso, DDO 216	23 28,6	+14 45	13,2	5x3	Im	810
Leo A, DDO 69	09 59,4	+30 45	12,9	5x3	IBm	670
Andrómeda II	01 16,4	+33 27	13,5	4x3	dSph/E0	780
Andrómeda III	00 35,4	+36 31	13,5	5x3	dSph/E2	780
Enana de Acuario	20 46,8	−12 51	13,9	2x1	Im	910
Enana de Fénix	01 51,1	−44 27	13,1	5x4	Irr	430
Enana de Máquina N.	10 04,1	−27 20	14,8	2x2	dSph/E3	1200
E. irregular de Sagitario	19 30,1	−17 42	15,5	3x2	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	51x31	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	41x26	dSph/E4	64
Enana del Tucán	22 41,7	−64 25	15,7	3x1	dSph/E5	860
Leo II	11 13,5	+22 10	12,6	12x11	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	24x16	dSph/E3	97

Galaxias con nombre propio

nombre	otros nombres	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} (^{o} ')
Acuario, Enana de		20 46,9	−12 51
Ambartsumian, Nudo de	NGC 3561, Arp 105	11 11,2	28 42
Andrómeda	M31, NGC 224	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	NGC 4038/39, 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	NGC 7252, 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, Ar p153	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

Galaxias con nombre propio

nombre	otros nombres	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} (^{o} ')
Gibson Reaves 8 (GR8)		12 58,7	14 13
Girasol	M63, NGC 5055	13 15,8	42 02
Gran Nube Magallanes		05 23,6	−69 45
Grulla, Cuarteto de la	NGC 7552/82/90/99	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	NGC 5216/18, 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	IC 708	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, NGC 4254	12 18,8	14 25
Molinete	M101, NGC 5457 ,Arp 26	14 03,3	54 22
Moneda de Plata	NGC 253, Escultor	00 47,6	−25 18
Ojo Negro	M64, NGC 4826	12 56,7	21 41
Ojos, Los	NGC 4435/8, Arp 120	12 27,7	13 03

Galaxias con nombre propio

nombre	otros nombres	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} (^{o} ')
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	NGC 4535	12 34,3	08 11
Perros de Caza (Remolino)	M51, NGC 5194, Arp 85	13 29,9	47 12
Perseo A	NGC 1275/6	03 19,8	41 31
Piscis, Enana de	LGS 3	00 03,8	21 54
Piscis, Nube de	NGC 379/80/82-85, 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	NGC 4676, IC 819/20, Arp 242	12 46,1	30 44
Reloj, Enana del	Espiral de Schuster	03 59,2	−45 52
Reinmuth 80	NGC 4517a	12 32,5	00 23
Retículo, Enana del	Sersic 040.03	04 36,2	−58 50
Rueda de Carro	Rueda de Zwicky	00 37,4	−33 44
Sagitario, Enana de		19 30,0	−17 41
Serpens, Enana de	Palomar 5	15 16,1	−00 08
Sextante A		10 11,0	−04 41
Sextante B		10 00,0	05 19
Sextante C		10 05,6	00 04
Seyfert, Sexteto de	NGC 6027, Sext. Serpens	15 59,2	20 46
Shapley-Ames 1		01 05,1	−06 13
Shapley-Ames 2	NGC 4507	12 35,1	−39 55
Shapley-Ames 3		12 49,4	−10 07
Shapley-Ames 4		12 55,2	00 07
Shapley-Ames 5		20 24,0	−44 00
Shapley-Ames 6		21 23,2	45 46
Signo de Exclamación		00 39,3	−43 06
Signo de Integral		07 11,4	71 50
Sombrero	M104, NGC 4594	12 39,9	−11 37
Stephan, Quinteto de	NGC 7317-20, Arp 319	22 36,0	33 58
Triángulo	Molinete, M33, NGC 598	01 33,9	30 39
Virgo A	M87, NGC 4486, Arp 152	12 30,8	12 23
Wild, Triplete de	Arp 248	11 46,8	−03 49
Wolf-Lundmark-Melotte		00 02,0	−15 28
Zwicky 2		11 58,4	38 03
Zwicky, Triplete de	Arp 103	11 58,4	38 03

Galaxias más brillantes

nombre NGC, otros	α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} (^{o} $'$)	mag. B_T	tamaño ($'$x$'$)	tipo	dist. (Mpc)
55	00 15 08	−39 13,2	8,2	25x3	Sc	3,1
205, M110	00 40 23	41 41,3	8,5	20x13	E5	0,9
221, M32	00 42 41	40 51,9	8,1	11x7	E2	0,9
224, M31	00 42 45	41 16,5	3,4	185x75	SA(s)b	0,9
247	00 47 10	−20 45,6	9,5	18x5	ScIII-IV	3,1
253	00 47 36	−25 17,4	8,1	22x6	Sc	4,2
P.N.Magall.	00 52 45	−72 49,7	2,7	280x160	SB(s)m	0,06
300	00 54 53	−37 41,2	8,7	20x10	ScIII	2,4
598, M33	01 33 53	30 39,2	5,7	67x42	SA(s)cd	0,9
628, M74	01 36 42	15 47,2	9,8	8x8	ScI	17
1068, M77	02 42 41	−00 00,9	9,6	3x2	SbII	25
1291	03 17 19	−41 06,5	9,4	5x2	SBa	15
1313	03 18 16	−66 29,9	9,4	5x3	SBcIII-IV	5,2
1316	03 22 42	−37 12,5	9,6	4x3	Sa(p)	30
G.N.Magall.	05 23 35	−69 45,4	0,1	650x550	SB(s)m	0,05
2403	07 36 54	65 35,9	8,9	16x10	ScIII	3,6
2903	09 32 10	21 29,9	9,5	11x5	ScI-III	9,4
3031, M81	09 55 34	69 04,1	7,9	16x10	SbI-II	3,6
3034, M82	09 55 54	69 40,7	9,3	7x2	Amorfa	3,6
3521	11 05 49	−00 02,0	9,6	7x2	SbII-III	13
3627, M66	11 20 15	12 59,1	9,7	8x3	SbII	12
4258, M106	12 18 57	47 18,4	8,9	20x6	SbII	10
4449	12 28 12	44 05,8	9,8	5x3	SmIV	5
4472, M49	12 29 47	07 59,8	9,3	5x4	E1/S0	22
4486, M87	12 30 50	12 23,6	9,6	3x3	E0	22
4594, M104	12 40 00	−11 37,4	9,3	7x2	Sa/b	17
4631	12 42 05	32 32,4	9,8	12x1	Sc	12
4649, M60	12 43 40	11 33,1	9,8	4x3	S0	22
4736, M94	12 50 54	41 07,1	8,9	5x4	Sab	6,9
4826, M64	12 56 45	21 41,0	9,4	8×4	SabII	7
4945	13 05 26	−49 28,0	9,6	12×2	Sc	7
5055, M63	13 15 50	42 01,7	9,3	8×3	SbcII-III	11
5128, CenA	13 25 29	−43 01,0	7,9	10×3	S0(p)	6,9
5194, M51	13 29 53	47 11,9	8,6	12×6	SbcI-II	11
5236, M83	13 37 00	−29 52,0	8,5	10×8	SBcII	6,9
5457, M101	14 03 13	54 21,0	8,2	22×22	ScI	7,6
6744	19 09 46	−63 51,3	9,2	9×9	SBcII	13
6822	19 44 57	−14 47,7	9,3	16×14	IB(s)m	0,6
6946	20 34 51	60 09,4	9,7	13×9	ScII	6,7
7793	23 57 49	−32 35,4	9,6	6×4	SdIV	4,2

1 Mpc = 10^6 pc = 3,26 10^6 años luz = 3,0857 10^{19} km = 3,0857 10^{22} m

Cuásares y otros objetos lejanos

Radiogalaxias

Galaxias con emisión radio muy intensa. Suelen ser galaxias elípticas gigantes o supergigantes en que el núcleo y una estructura en forma de dos extensos lóbulos contrapuestos son detectables en radio. Se trata de un tipo de *galaxias con núcleo activo*, llamadas así porque en ellas se libera una gran cantidad de energía (en radio, óptico y rayos X) en o cerca de su núcleo.

Virgo A	$12^h30{,}8^m$	12° 23'	asociada a la galaxia M87, la más brillante del cúmulo de Virgo, fue la primera radiofuente extragaláctica identificada.
Cygnus A	$19^h59{,}5^m$	40° 44'	es la más intensa, considerada como prototipo.
3C236	$10^h06{,}0^m$	34° 54'	la más extensa, con casi 5 Mpc de longitud.
Cent A	$13^h25{,}4^m$	−43° 02'	la más cercana, NGC 5128, Arp 135.

Cuásares

Son objetos extragalácticos de gran luminosidad ($M_B < -23$) y de apariencia estelar cuyo corrimiento al rojo es muy elevado, encontrándose entre los objetos más alejados observados. Los primeros fueron descubiertos como radiofuentes intensas. Se encuentran en el centro de galaxias masivas activas. Exploraciones en curso han permitido detectar más de 300 000 cuásares.

3C48	$1^h37{,}7^m$	33°10'	históricamente ligado al descubrimiento de los cuásares.
3C273	$12^h29{,}1^m$	2°03'	el más intenso en radio, históricamente ligado al descubrimiento de los cuásares.
0957+561	$10^h01{,}3^m$	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 fusión de un par de galaxias.

Mrk 231	$12^h56{,}2^m$	56°52'	una de las más luminosas en IR.
Arp 220	$15^h34{,}9^m$	23°30'	prototipo de galaxia IR ultraluminosa.
NGC 6240	$16^h53{,}0^m$	2°24'	prototipo de galaxia IR luminosa.

Cúmulos y supercúmulos de galaxias

Los *cúmulos de galaxias* son agrupaciones de centenares o miles de galaxias que, con un tamaño típico entre 2 y 10 megapársecs (1 Mpc = 3,26 millones de años luz), constituyen las mayores estructuras del universo ligadas gravitatoriamente. Además de las galaxias, observaciones con telescopios de rayos X han mostrado la presencia en ellos de grandes cantidades de gas intergaláctico, a temperaturas de decenas de millones de grados. Sin embargo la masa combinada de galaxias y gas caliente no es suficiente para mantener los cúmulos ligados, con galaxias moviéndose en ellos con velocidades de hasta 1000 km/s, por lo que se supone que la mayor parte de su masa total (típicamente entre 10^{13} y 10^{15} $\mathcal{M}_\odot$) está constituida por una materia oscura de naturaleza desconocida. Se conocen miles de cúmulos, entre los cuales destacan el 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 de Coma).

La última columna de la siguiente tabla indica el corrimiento hacia el rojo, z, definido como: $z = (\lambda_{observada} - \lambda_{emitida}) \,/\, \lambda_{emitida}$ siendo λ la longitud de onda.

Según este convenio, la velocidad de recesión viene dada por:

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

para valores de z pequeños ($z \ll 1$).

En radioastronomía el convenio para definir la velocidad de recesión es distinto, pues se da en términos de la frecuencia ν. Por ello la velocidad de recesión se relaciona con el corrimiento al rojo, z, mediante:

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

Cúmulos de galaxias

núm. Abell	nombre	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} (^{o} $'$)	diámetro (^{o})	z
262		01 52,8	+36 08	4	0,016
347		02 25,8	+41 52	14	0,018
426	Perseo	03 18,6	+41 30	14	0,018
	Erídano	03 28,0	−20 45	7	0,005
S 373	Fórnax (Horno Q.)	03 38,5	−35 27	0,1	0,005
548		05 47,0	−25 36		0,042
569		07 09,2	+48 37	1,3	0,020
779		09 19,8	+33 46	1,5	0,023
S 636	Antlia (Máq. Neumát.)	10 30,1	−35 19		0,009
1060	Hidra	10 36,9	−27 31		0,013
1228		11 21,5	+34 19	1,3	0,035
1367	Leo	11 44,5	+19 50	5	0,022
	Virgo	12 26,5	+12 43	10	0,004
3526	Centauro	12 48,9	−41 18	3	0,011
S 714		12 51,5	−26 27		0,011
1656	Coma (Cabellera de B.)	12 59,8	+27 58	5	0,023
3574		13 49,2	−30 17	1	0,016
2147		16 02,3	+15 53	2	0,035
2151	Hércules	16 05,2	+17 44	6	0,037
2152		16 05,4	+16 26	1	0,041
2162		16 12,5	+29 32	6	0,032
3627	Norma (la Regla)	16 15,5	−60 54	0,3	0,016
3656		20 00,5	−38 31		0,019
S 851		20 09,9	−48 23		0,010
2634		23 38,3	+27 01	6	0,031
2666		23 50,9	+27 08	0,8	0,027

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.

Supercúmulos de galaxias próximos

nombre	α_{2000} (^{h})	δ_{2000} ($^\circ$)	tamaño (Mpc)	z	comentarios
Laniakea	10,5	−46	135		Contiene los tres siguientes.
Virgo			33		Contiene el Grupo Local y el cúmulo de Virgo.
Hidra-Centauro	13,0	−32	45	0,014	El más cercano, contiene los cúmulos de Hidra (Abell 1060), Regla (3627) y Centauro (3526).
Pavo-Indio	20,6	−37	30	0,017	Pobre, contiene Abell 3656.
Perseo-Peces	02,5	+40	30	0,016	Contiene el cúmulo de Perseo (Abell 426).
Coma (Cab. de B.)	12,4	+24	30	0,021	Pequeño, contiene el cúmulo de Coma (Abell 1656) cuyo análisis reveló la existencia de la materia oscura y el del León (Abell 1367).
Fénix	00,9	−48	45	0,027	Pobre, en ocasiones se le llama también Escultor.
Ofiuco	17,2	−22	20	0,029	Situado al otro lado de la Vía Láctea.
Hércules (Norte)	16,4	+37	30	0,030	Dominado por el cúmulo Abell 2199, en ocasiones se le considera junto con Hércules (Sur).
Leo	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 extragalácticas

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

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

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

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

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

La distancia medida con una unidad que se expande con el universo se denomina *comóvil* y se representa mediante D_C o χ. En un universo plano se relaciona con las distancias anteriores según:

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

Tabla comparativa de distancias
a algunas galaxias, cuásares y cúmulos seleccionados

nombre (comentario)	distancia (Mpc) angular	comóvil	luminosa	z
Gran Nube 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)*	1080	1480	2020	0,367
J0313-1806 *(el cuásar más lejano conocido)*	1045	9030	78000	7,64
HD1 *(la galaxia más lejana conocida)*	719	10262	146437	13,27

1 Mpc = 10^6 párcec = 3,0857 10^{22} m

Los objetos más lejanos

En el catálogo del estudio SHALOS, basado en datos del telescopio espacial Herschel, de la Agencia Espacial Europea, figura el objeto J143740.9+021731. A este candidato a galaxia submilimétrica se le calcula un corrimiento al rojo de z = 33,8, lo que de confirmarse lo convertiría en el objeto más lejano observado hasta la fecha. Este desplazamiento al rojo se correspondería con una distancia comóvil de 11774 Mpc y una edad de 84 millones de años desde el Big Bang. En el estudio CEERS, que utiliza datos del Telescopio Espacial James Webb (JWST), se descubrió el objeto CEERS U-100588, al que se le estima z = 32, del que se obtendría una distancia comóvil de 11700 y una edad de 91 millones de años. A un z = 25,6 se situaría MIDIS-z25-3, descubierto en el programa MIDIS del JWST, que tendría una distancia comóvil de 11383 Mpc y una edad de 126 millones de años.

En julio de 2022 el programa de observación ERO del JWST descubrió la galaxia F200DB-045, con un corrimiento al rojo estimado de aproximadamente $z \sim 20$, distancia comóvil de unos 11000 Mpc y edad cósmica de unos 175 millones de años. Desde 2022 diferentes grupos de investigación han obtenido un buen número de candidatos con corrimientos al rojo estimados de aproximadamente $z \sim 16$, que corresponden con una distancia comóvil de unos 10600 Mpc y una edad cósmica de unos 248 millones de años después del Big Bang. Entre estos se encuentran GLIMPSE 70467, F200DB-175, S5-z17-1, F150DB-041, SMACS-z16a, F200DB-015, F200DB-181, F200DB-159 y GLIMPSE 72839.

Mientras se espera la confirmación de los anteriores descubrimientos, el objeto más lejano descubierto hasta el momento es la galaxia MoM-z14, descubierta por un equipo internacional a partir de datos del campo de observación COSMOS del JWST, y que presenta un corrimiento al rojo de z = 14,44. Esto se correspondería con una distancia comóvil de 10410 Mpc y una edad cósmica de 287 millones de años después del Big Bang. A esta le sigue JADES-GS-z14-0, cuyo corrimiento al rojo determinado espectroscópicamente ha dado como resultado z = 14,18, distancia comóvil de 10375 Mpc y edad cósmica de 294 millones de años después del Big Bang. El estudio fue publicado por un equipo internacional en 2024, utilizando datos del campo de observación más profundo del JWST, el JADES Origins Field.

También en el mismo campo de JADES encontramos JADES-GS-z14-1, JADES-GS-13-0 y JADES-GS-z12-0, con corrimientos al rojo de z = 13,90 (distancia comóvil 10336 Mpc y edad cósmica 303 millones de años), z = 13,20 (distancia comóvil 10235 Mpc y edad cósmica 325 millones de años) y z = 12,63 (distancia comóvil 10147 Mpc y edad cósmica 346 millones de años), respectivamente. A partir

de otros datos del JWST, se ha confirmado el descubrimiento de la galaxia PAN-z14-1, a z = 13,53, lo que da una distancia comóvil de 10284 Mpc y edad cósmica de 314 millones de años. Por otra parte, utilizando las observaciones UNCOVER, con datos del JWST y del telescopio espacial Hubble, se ha descubierto UNCOVER-z13, con z = 13,08, con una distancia comóvil correspondiente de 10217 Mpc y edad cósmica 330 millones de años.

Para calcular las distancia comóviles y edades se ha utilizado un valor de la constante de Hubble $H0$ = 69,6, para la densidad de materia de Ω_M = 0,286, y densidad de energía oscura de Ω_Λ = 0,714.

En la siguiente tabla se muestran algunos de los objetos astronómicos más lejanos descubiertos, indicando si la detección ha sido o no confirmada.

Nombre	Corrimiento al rojo (z)	Tipo	Estado
J143740.9+021731	33,8	Galaxia	Sin confirmar
CEERS U-100588	32,0	Galaxia	Sin confirmar
MIDIS-z25-3	25,6	Galaxia	Sin confirmar
F200DB-045	20,4	Galaxia	Sin confirmar
GLIMPSE 70467	16,4	Galaxia	Sin confirmar
F200DB-175	16,2	Galaxia	Sin confirmar
S5-z17-1	16,0	Galaxia	Sin confirmar
F150DB-041	16,0	Galaxia	Sin confirmar
SMACS-z16a	15,9	Galaxia	Sin confirmar
F200DB-015	15,8	Galaxia	Sin confirmar
F200DB-181	15,8	Galaxia	Sin confirmar
F200DB-159	15,8	Galaxia	Sin confirmar
GLIMPSE 72839	15,8	Galaxia	Sin confirmar
F200DB-086	15,4	Galaxia	Sin confirmar
SMACS-z16b	15,3	Galaxia	Sin confirmar
F150DB-048	15,0	Galaxia	Sin confirmar
F150DB-007	14,6	Galaxia	Sin confirmar
MoM-z14	14,44	Galaxia	Confirmada
JADES-GS-z14-0	14,18	Galaxia	Confirmada
JADES-GS-z14-1	13,90	Galaxia	Confirmada
PAN-z14-1	13,53	Galaxia	Confirmada
JADES-GS-z13-0	13,20	Galaxia	Confirmada
UNCOVER-z13	13,08	Galaxia	Confirmada
JADES-GS-z13-1	13,00	Galaxia	Confirmada

7.11. Moléculas en el espacio

La siguiente tabla está actualizada a octubre de 2026, con las especies moleculares de la base de datos de Colonia para espectroscopía molecular (CDMS):

https://cdms.astro.uni-koeln.de/classic/molecules

y de:

https://molecules-in.space

En ella hay alrededor de 350 moléculas, incluidas 6 detectadas tentativamente (se indica con un interrogante). De las numerosas variedades isotópicas detectadas solo se muestran los isotopólogos deuterados de las moléculas que solo contienen hidrógeno. Las moléculas entre corchetes son cíclicas.

Moléculas detectadas en el espacio

Moléculas con nitrógeno y oxígeno

NO	NO^+	HNO	N_2O
NCO	HNCO	HCNO	HOCN
HONO	H_2NCO^+	HCOCN	NH_2OH
NH_2CHO	$HOCH_2CN$	CH_3NCO	H_2NCONH_2
CH_3NHCHO	CH_3CONH_2	C_2H_5NCO	$HOCH_2CONH_2$
$CH_3OC(O)NH_2$	$HOCH_2CH_2NH_2$		

Moléculas con solo hidrógeno y carbono

C_2	CH	CH^+	C_3
C_2H	CH_2	$[C_3H]$	C_3H^+
C_3H	C_2H_2	CH_3	CH_3^+
C_4H	C_4H^-	C_3H_2	$[C_3H_2]$
C_5	CH_4	$C_2H_3^+$	C_5H
C_5H^+	CH_2CCH	H_2C_4	C_2H_4
HC_4H	$H_2C_3H^+$	$[C_3C_2H]$	C_6H
C_6H^-	$[C_3HCCH]$	H_2C_5	CH_3C_2H
CH_2CHCCH	HCCCHCCC	C_7H	C_6H_2
HC_6H	$HCCCH_2CCH$	CH_3C_4H	C_8H
C_8H^-	$H_2CCCHCCH$	CH_2CHCH_3	CH_3CH_2CCH
$[C_6H_4]$	$C_{10}H^-$	CH_3C_6H	$[C_5H_6]$
H_2CCCHC_4H	$(CH_3)_2CCH_2$	$[C_6H_6]$	$[C_5H_4CCH_2]$
$[1\text{-}C_5H_5CCH]$	$[2\text{-}C_5H_5CCH]$	$[C_6H_5CCH]$	$[C_9H_8]$
$[C_{11}H_8]$	$[C_{13}H_{10}]$		

Moléculas con nitrógeno, hidrógeno y/o carbono

CN	CN^-	NH	N_2
HCN	HNC	N_2H^+	NH_2
C_2N	C_3N	NH_3	HCCN
$HCNH^+$	H_2CN	C_3N^-	CNCN
HNCN	H_2NC	H_2CCN	HC_3N
H_2NCN	H_2CNH	NH_4^+	HNCNH
$NCCNH^+$	HC_3N^+	HNC_3	HCCNC
$HCCNCH^+$	H_2CNCN	H_2C_3N	CH_3CN
CH_3NC	HC_3NH^+	C_5N	HC_4N
H_2CCNH	C_5N^-	HNCHCN	HNC_5
HC_5N	HC_5N^+	CH_3NH_2	HCCCHNH
HC_4NC	HCCCHCN	CH_2C_3N	$CH_2(CN)_2$
NC_4NH^+	CH_2CHCN	$Z\text{-}(CH)_2(CN)_2$	H_2NCH_2CN
CH_3CHNH	$HCCCH_2CN$	HC_5NH^+	$C_2H_3NH_2$
CH_2CCHCN	CH_3C_3N	C_7N^-	HC_7N
HC_7N^+	CH_3CH_2CN	HCCCHCHCN	H_2CCHC_3N
CH_3C_5N	$C_2H_5NH_2$?	HC_7NH^+	$E\text{-}CH_3CHCHCN$
$Z\text{-}CH_3CHCHCN$	$CH_3C(CN)CH_2$	CH_2CHCH_2CN	H_2CCCHC_3N
HC_9N	$H_2C(CH)_3CN$?	CH_3C_7N ?	$[1\text{-}C_5H_5CN]$
$[2\text{-}C_5H_5CN]$	$n\text{-}C_3H_7CN$	$i\text{-}C_3H_7CN$	$HC_{11}N$
$[C_6H_5CN]$	$2\text{-}C_9H_7CN$	$1\text{-}C_{10}H_7CN$	$2\text{-}C_{10}H_7CN$
$3\text{-}C_{12}H_7CN$	$4\text{-}C_{12}H_7CN$	$1\text{-}C_{12}H_7CN$	$5\text{-}C_{12}H_7CN$
$1\text{-}C_{16}H_9CN$	$2\text{-}C_{16}H_9CN$	$4\text{-}C_{16}H_9CN$	$C_{24}H_{11}CN$

Moléculas con hidrógeno

H_2	HD	H_3^+	H_2D^+

Moléculas “metálicas”

AlF	CF^+	MgS	AlCl
AlO	NaS	CaS	HCl
KCl	NaCl	HF	FeO ?
TiO	HCl^+	FeC	TiO_2
FeCN	CaC_2	H_2Cl^+	CaNC
KCN	MgC_2	NaCN	MgCN
MgNC	AlNC	AlOH	HMgNC
MgC_2H	MgC_3N^+	MgC_3N	CH_3Cl
NaCCCN	$HMgC_3N$	MgC_4H^+	MgC_4H
MgC_5N^+	MgC_5N	MgC_6H^+	MgC_6H

Moléculas con azufre, silicio o fósforo

CP	SiP ?	SiC	NS
NS^+	PN	SO^+	SO
SiN	SiO	SiS	CS
SiH ?	PO	PO^+	SH^+
SH	HS_2	SO_2	$[SiC_2]$
C_2S	HCS^+	HCS	H_2S
OCS	HSO	Si_2C	SiCN
SiNC	HCP	CCP	NCS
HSC	HCNS	$HOCS^+$	HNSO
HNCS	SiC_3	H_2CS	HSCN
$[SiC_3]$	PH_3	HCCS	$HCCS^+$
C_3S	HC_3S^+	H_2C_2S	C_4S
NC_3S	HC_3S	HCOSH	C_4Si
SiH_4	HCSCN	$[H_2C_3S]$	SiC_5
SiH_3CN	C_5S	H_2C_3S	CH_3SH
HCCCHS	HC_4S	NCCHCS	CH_3CHS
SiC_6	CH_2CHCHS	CH_3SiH_3	$(CH_3)_2S$
CH_3CH_2SH	[2,5-C_6H_6S]		

Moléculas con oxígeno, hidrógeno y/o carbono

CO	CO^+	OH	OH^+
O_2	C_2O	HCO	HCO^+
HOC^+	H_2O	H_2O^+	CO_2
HO_2	HCCO	H_2CO	H_3O^+
HOOH	C_3O	$HOCO^+$	HCCCO
HCOOH	H_2C_2O	H_2COH^+	CH_3O
HC_3O^+	CH_3CO^+	C_5O	HOCOOH
CH_3OH	HCCCHO	$[H_2C_3O]$	H_2C_3O
CH_3CHO	$[C_2H_4O]$	H_2CCHOH	HC_5O
CH_3CHCO	CH_3COOH	CH_2OHCHO	CH_2CHCHO
$(CHOH)_2$	$HCOOCH_3$	HC_7O	HOCHCHCHO
CH_3CH_2OH	$(CH_3)_2O$	$(CH_3)_2CO$	$(CH_2OH)_2$
CH_3CH_2CHO	CH_3CHCH_2O	CH_3OCH_2OH	C_2H_5OCHO
CH_3OCOCH_3	CH_3COCH_2OH	$CH_3CH(OH)CHO$	CH_3OCH_2CHO
$C_2H_5OCH_3$	n-C_3H_7OH	i-C_3H_7OH	$CH_3OCH_2CH_2OH$
$C_4H_8O_4$ (eritrulosa)			

Fulerenos

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

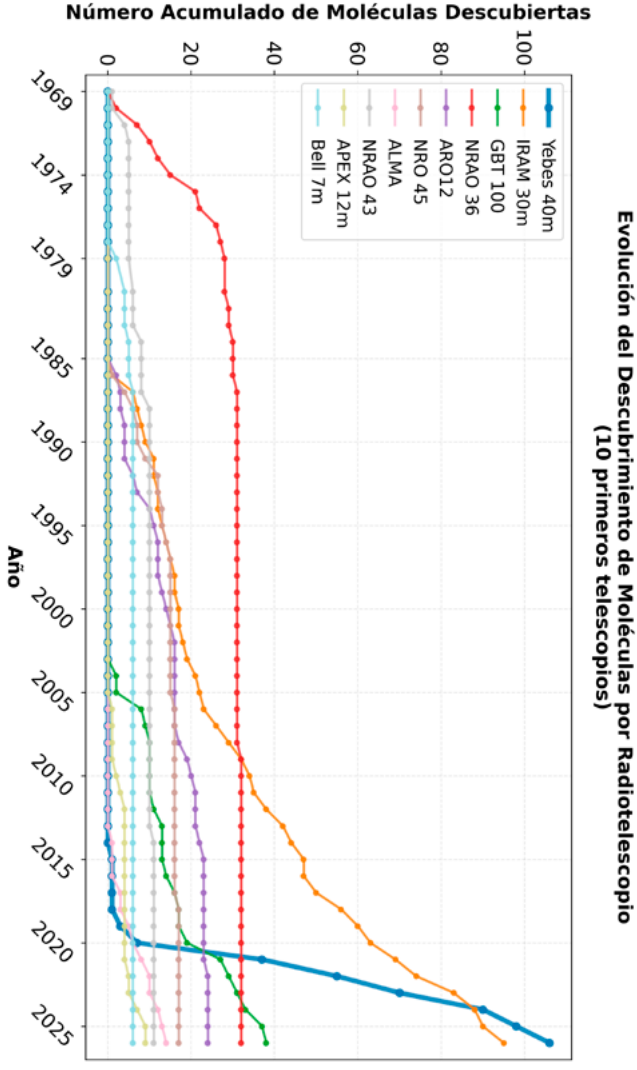
Otras moléculas

HeH^+	ArH^+



Eclipse de Sol del 12 de agosto de 2026 desde el Observatorio de Yebes (Guadalajara). Asier Castrillo

La siguiente figura representa el número acumulado de las moléculas detectadas en cada observatorio (indicado en diferentes colores), desde las primeras identificaciones de moléculas en el espacio en 1968. Los radiotelescopios que lideran actualmente la detección de nuevas moléculas son los de Yebes 40m (Guadalajara) e IRAM 30m (Sierra Nevada, Granada). Esta figura es una adaptación de la presentada en el artículo de B.A. McGuire (2022, ApJS, 259, 30).



En la siguiente tabla se muestran las moléculas que han sido detectadas por primera vez utilizando el radiotelescopio de 40 m de Yebes (Guadalajara).

Moléculas detectadas en el Observatorio de Yebes (Guadalajara)

Moléculas con solo hidrógeno y carbono

C_5H^+	CH_2CCH	$H_2C_3H^+$	$[C_3C_2H]$
H_2C_5	$[C_3HCCH]$	$HCCCHCCC$	CH_2CHCCH
$H_2CCCHCCH$	$HCCCH_2CCH$	CH_3CH_2CCH	$[C_6H_4]$
$[C_5H_6]$	H_2CCCHC_4H	$(CH_3)_2CCH_2$	$[C_5H_4CCH_2]$
$[1\text{-}C_5H_5CCH]$	$[2\text{-}C_5H_5CCH]$	C_6H_5CCH	$[C_9H_8]$
$[C_{11}H_8]$	$[C_{13}H_{10}]$		

Moléculas con oxígeno, hidrógeno y/o carbono

HC_3O^+	$HCCCO$	CH_3CO^+	$HOCOOH$
H_2C_3O	C_5O	$(CHOH)_2$	CH_3CHCO
$CH_3CH(OH)CHO$	CH_3OCH_2CHO	$n\text{-}C_3H_7OH$	$C_4H_8O_4$ (eritrulosa)

Moléculas con nitrógeno, hidrógeno y/o carbono

$HNCN$	HC_3N^+	$NCCNH^+$	H_2C_3N
$HCCNCH^+$	H_2CNCN	HC_4NC	$HCCCHCN$
CH_2C_3N	NC_4NH^+	$CH_2(CN)_2$	HC_5N^+
HNC_5	C_7N^-	$HCCCH_2CN$	HC_5NH^+
$C_2H_3NH_2$	$Z\text{-}(CH)_2(CN)_2$	HC_7N^+	$C_2H_5NH_2$?
HC_7NH^+	CH_2CHCH_2CN	$CH_3C(CN)CH_2$	$E\text{-}CH_3CHCHCN$
$Z\text{-}CH_3CHCHCN$	$3\text{-}C_{12}H_7CN$	$4\text{-}C_{12}H_7CN$	$1\text{-}C_{12}H_7CN$
$5\text{-}C_{12}H_7CN$			

Moléculas con azufre, silicio o fósforo

PO^+	NCS	HSO	$HCNS$
$HOCS^+$	$HNSO$	$HCCS$	SiC_3
$HCCS^+$	C_4S	$HCOSH$	$HCSCN$
HC_3S^+	NC_3S	H_2C_2S	HC_3S
H_2C_3S	$HCCCHS$	HC_4S	$NCCHCS$
SiC_5	CH_3CHS	SiC_6	CH_2CHCHS
$(CH_3)_2S$	$[2,5\text{-}C_6H_6S]$		

Moléculas con nitrógeno y oxígeno

C_2H_5NCO	$HOCH_2CONH_2$	$HOCH_2CH_2NH_2$

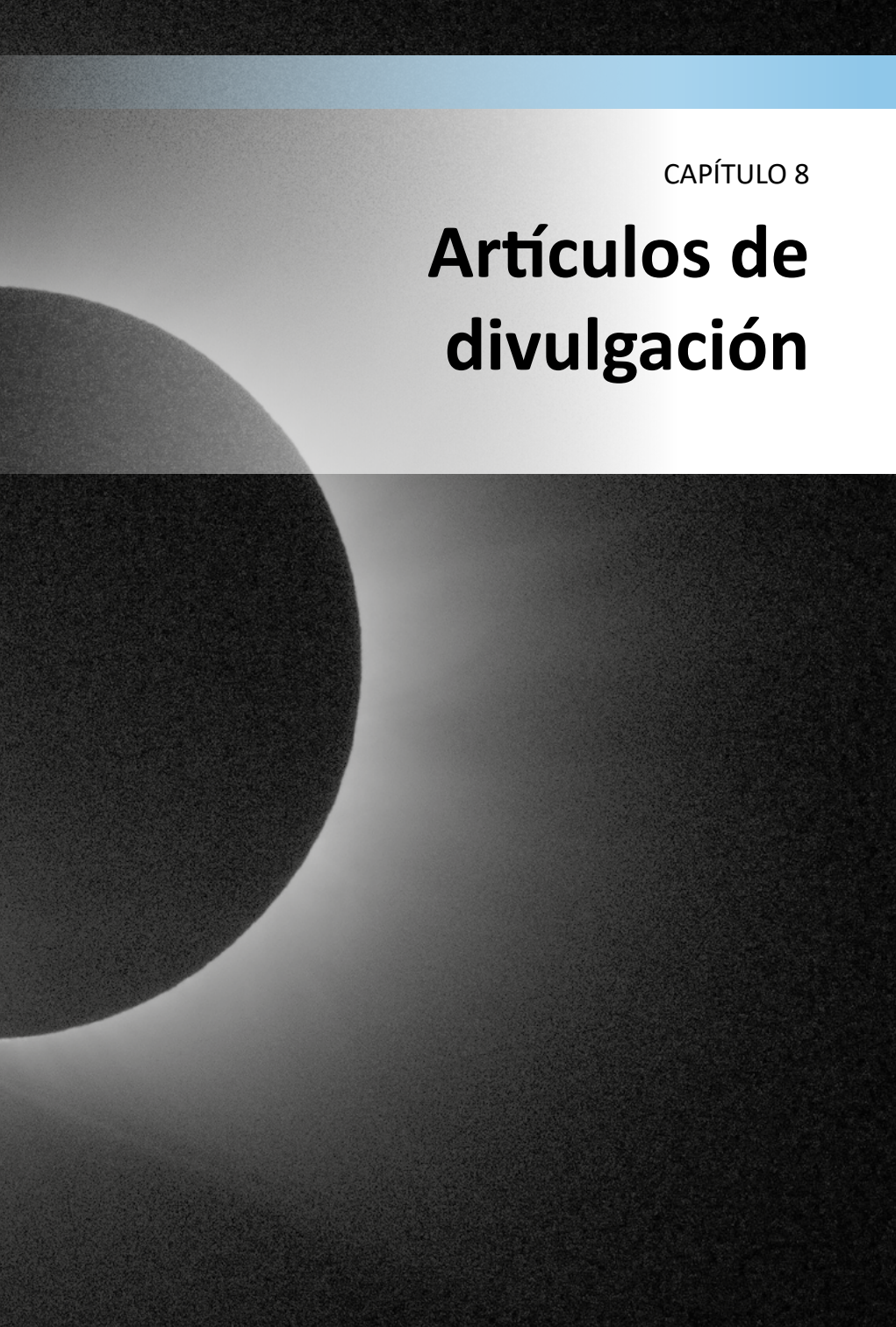
Moléculas “metálicas”

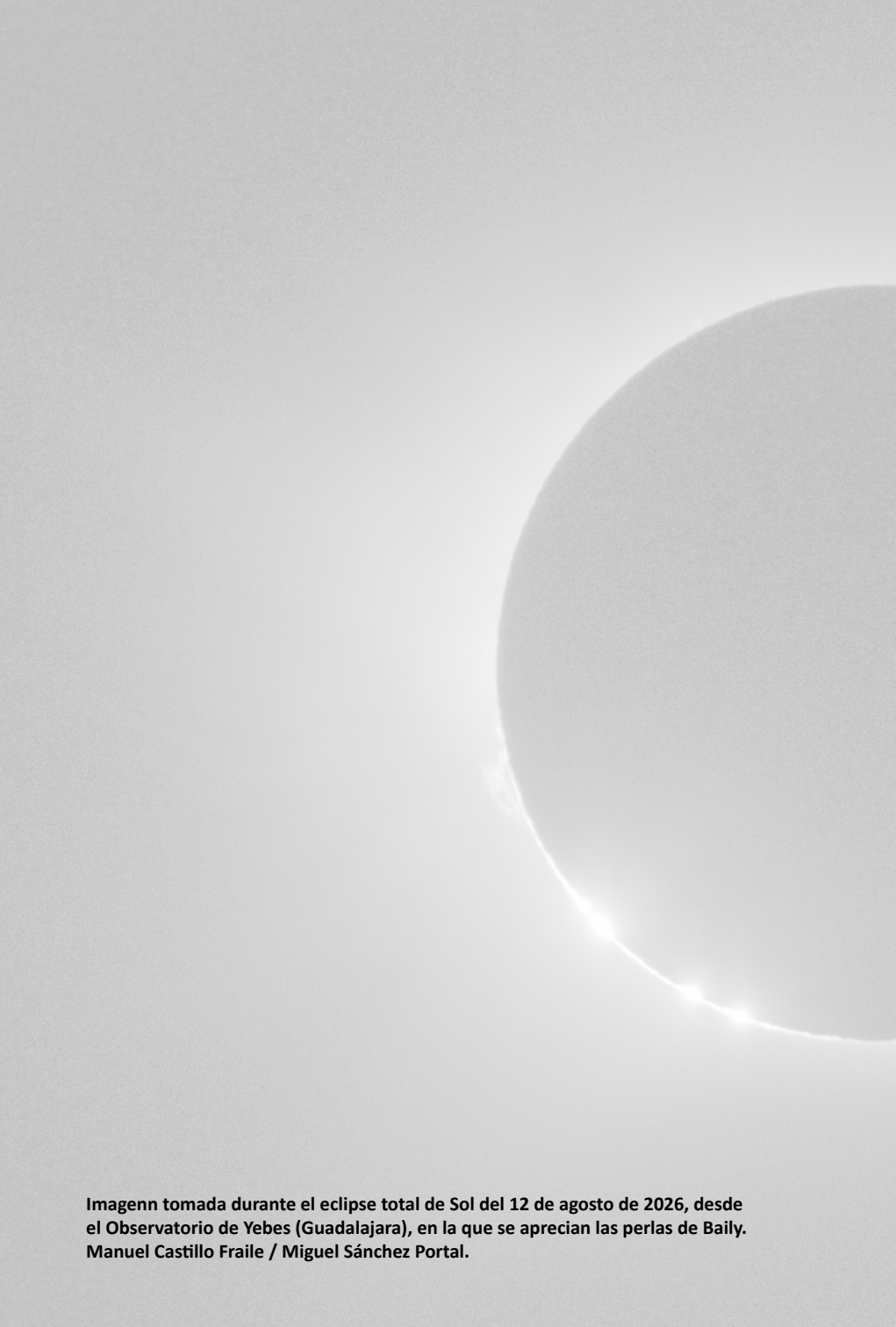
MgS	NaS	MgC_2	CaC_2
MgC_3N	MgC_3N^+	$NaCCCN$	MgC_4H
MgC_4H^+	$HMgC_3N$	MgC_5N^+	MgC_5N
MgC_6H^+	MgC_6H		



CAPÍTULO 8

Artículos de divulgación





Imagenn tomada durante el eclipse total de Sol del 12 de agosto de 2026, desde el Observatorio de Yebes (Guadalajara), en la que se aprecian las perlas de Baily. Manuel Castillo Fraile / Miguel Sánchez Portal.

Así se vivió el eclipse del 12 de agosto de 2026

Rafael Bachiller

Astrónomo, director del Observatorio Astronómico Nacional y presidente de la Comisión Científica y de Asesoramiento del Trío de Eclipses

El 12 de agosto de 2026 quedará como uno de esos días que todos los astrónomos nacionales recordaremos durante nuestras vidas. España vivió el primer eclipse total de Sol que atravesaba la Península Ibérica en más de un siglo y, durante unos minutos, millones de personas compartimos exactamente la misma experiencia: levantar la mirada hacia el mismo punto del cielo mientras todos quedábamos bajo la misma sombra. Se estima que varios millones de personas se desplazaron para contemplar la totalidad y que decenas de millones pudieron seguir el eclipse desde España en alguna de sus fases.



Preparativos en el Observatorio de Yebes para algunas observaciones del eclipse. | OY (IGN)

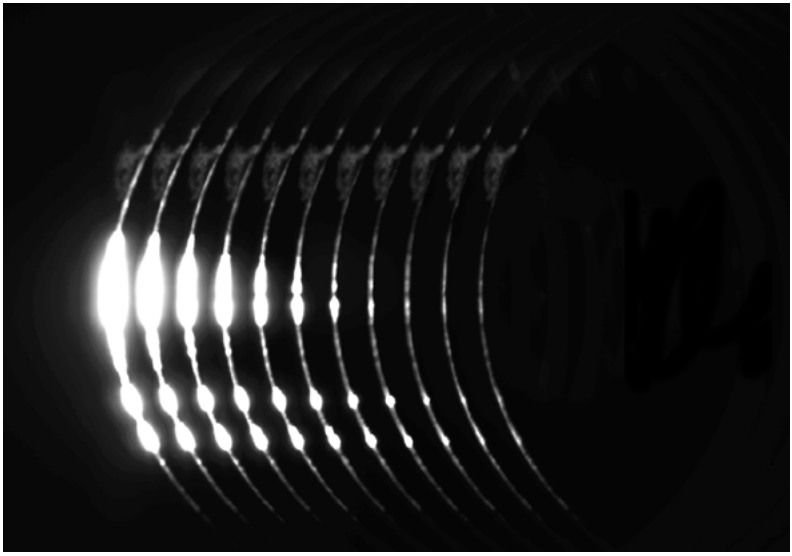
Tal y como describimos en el Anuario del año pasado, la sombra de la Luna entró en España por Galicia y Asturias, recorrió el norte y el este peninsular y terminó su recorrido en las Baleares apenas siete minutos después. En ese breve recorrido pasó por una franja de unos trescientos de kilómetros de anchura, atravesando 13 comunidades autónomas. En los lugares situados dentro de esa franja, la totalidad duró desde apenas unos segundos hasta un minuto y 45 segundos en los puntos más favorables. En el resto del país el eclipse fue parcial, pero también allí el fenómeno dejó imágenes memorables.

Al encontrarse España al final del recorrido de la sombra, el Sol estaba muy bajo sobre el horizonte. En concreto, en el momento de la totalidad, se encontraba a unos 12 grados de altura en A Coruña, apenas 8 grados en Burgos y solo unos 2 grados en Palma. Esto condicionó mucho la observación, pues obligaba a buscar horizontes occidentales completamente despejados. La baja elevación del eclipse ofrecía posibilidades fotográficas extraordinarias: colocar el Sol eclipsado junto a monumentos, paisajes y accidentes geográficos. Y, como era previsible, el fenómeno nos ha legado unas fotografías paisajísticas sensacionales.

Sin embargo, esta baja elevación no ofrecía la configuración más favorable para el estudio de las estructuras más tenues de la corona, pues la luz atravesaba una gran columna de aire atmosférico, con el consiguiente deterioro del contraste y de la calidad de las imágenes. Las observaciones de las estructuras más delicadas de la corona, de las protuberancias y de la cromosfera se veían así especialmente condicionadas por la calidad de la imagen.

Corona, protuberancias, filamentos

A pesar de las limitaciones impuestas por la baja elevación a la que se observó el eclipse, desde numerosas localizaciones (incluyendo globos y aviones) se obtuvieron innumerables imágenes de la totalidad de alta calidad. El eclipse ocurría en un momento en el que el Sol presentaba una actividad apreciable: se contabilizaron más de 60 manchas ese día. Y es que el último máximo de actividad solar (correspondiente al ciclo 25) había tenido lugar alrededor de julio del año 2025. Al estar el Sol en la fase descendente de su actividad, las manchas revelaban aún una intensa actividad magnética, aunque no extrema, que anticipaban que la corona debería tener una estructura compleja.



Secuencia de las perlas de Baily observadas desde el Observatorio de Yebes | OY/OAN (IGN)/Asier Castrillo

Y eso es lo que se vio: en las fotografías del eclipse, la corona se observa como una estructura asimétrica y compleja, con filamentos y haces de luz que se prolongan sobre distancias diferentes. Claramente esta parte exterior de la atmósfera solar no es homogénea, sino que está organizada por el campo magnético. La temperatura de este plasma es altísima (alcanza los millones de grados), pero su densidad es extremadamente baja (mucho menor que la de la atmósfera terrestre).

Los llamados “streamers” coronales, regiones donde la densidad es algo mayor, pueden extenderse millones de kilómetros hacia el espacio. Un aspecto especialmente interesante de este eclipse es que la corona observada se pudo comparar directamente con predicciones realizadas previamente de acuerdo con el estado del campo magnético solar. Instituciones como NASA y el IAC han publicado comparaciones entre las simulaciones realizadas antes del eclipse y las imágenes observadas. Esto permite comprobar hasta qué punto nuestros modelos actuales del campo magnético coronal reproducen la estructura real del plasma.

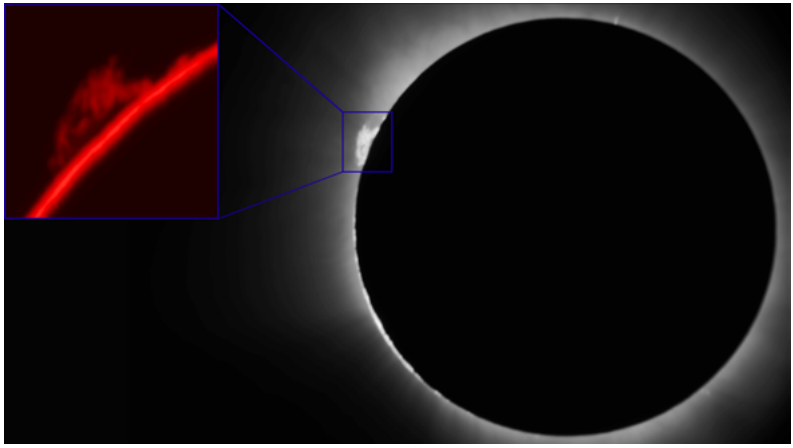


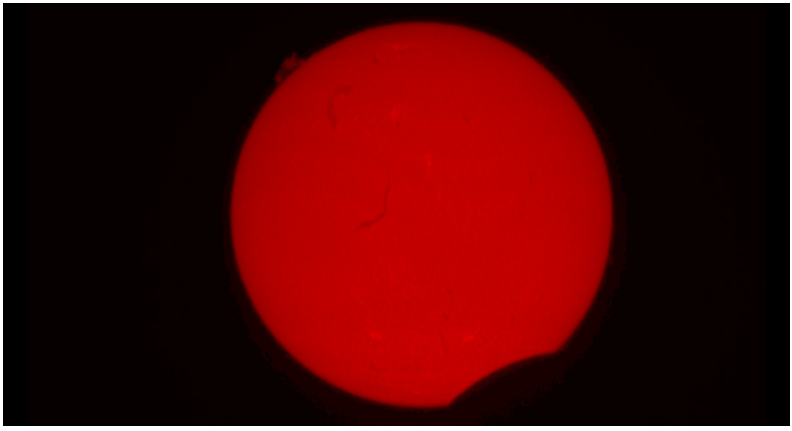
Imagen de la corona solar en luz blanca y ampliación de la protuberancia observada en la línea Hα. | OY/OAN (IGN)/Asier Castrillo

Una protuberancia rosada, muy llamativa, se vio tras el borde izquierdo lunar. De manera análoga a lo que sucede con la corona, esta protuberancia también contiene información importante sobre el campo magnético, la densidad, la temperatura y la dinámica del plasma solar. Esta gran protuberancia rosada está formada por plasma más frío y más denso que el gas coronal que lo rodea. De hecho, la protuberancia está anclada en la fotosfera y, desde ahí, puede formar gigantescos arcos. Su color rojizo es debido a la emisión del hidrógeno en la línea Hα, cerca de 656,3 nanómetros de longitud de onda.

Puede resultar sorprendente que esta protuberancia, típicamente a una temperatura de unos 10.000 grados, pueda mantenerse en el ambiente de la corona, cuya temperatura supera el millón de grados. La explicación está en el campo magnético. Las líneas magnéticas pueden formar una especie de estructura de confinamiento que mantiene el plasma denso separado de la corona extremadamente caliente que lo

rodea. La protuberancia, por tanto, representa un estado en el que el plasma está fuertemente controlado por la configuración magnética. Por eso las protuberancias son excelentes "trazadores" de la geometría del campo magnético solar.

Una protuberancia puede permanecer estable durante mucho tiempo o puede evolucionar hacia una erupción de protuberancia asociada, en determinadas circunstancias, a una eyección de masa coronal (CME). Para determinar si existía riesgo de erupción de la protuberancia vista en el eclipse habría que estudiar su evolución temporal y, sobre todo, la configuración magnética asociada. Una sola fotografía tan solo nos proporciona información geométrica instantánea. Pero uno de los grandes objetivos de la física solar es comprender qué hace que algunas configuraciones magnéticas permanezcan estables y otras sufran una pérdida repentina de equilibrio ocasionando grandes erupciones.

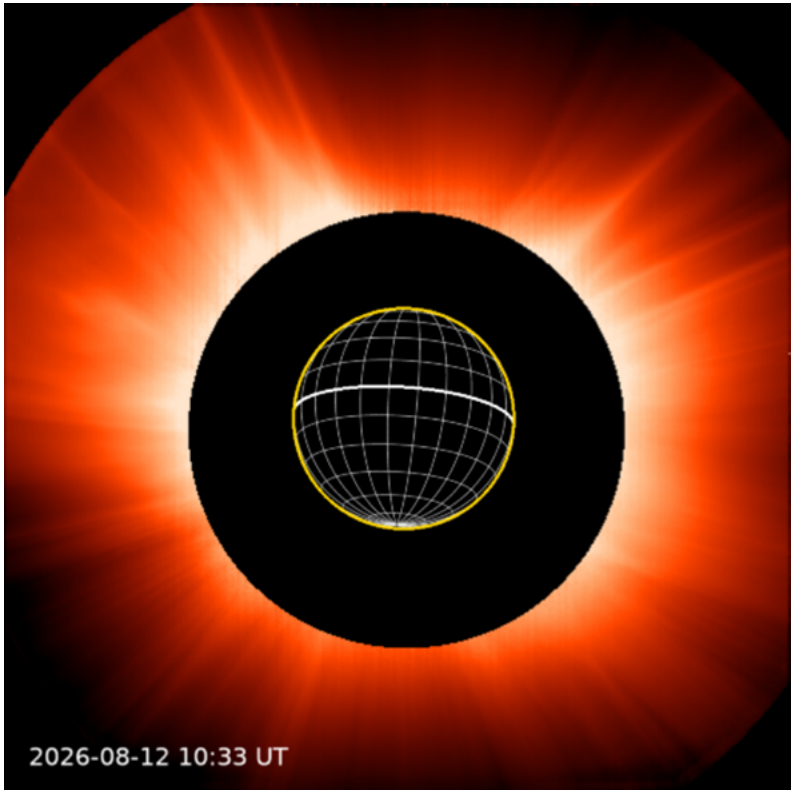


Una imagen del disco solar al principio del eclipse (en luz Hα) en la que pueden observarse manchas, filamentos y una gran protuberancia | OY/OAN (IGN)/ Asier Castrillo

Los filamentos son estructuras de plasma relativamente frío y denso suspendido sobre la superficie solar por campos magnéticos. En las imágenes tomada en Hα, aparecen como trazos más oscuros porque ese plasma absorbe parte de la radiación del hidrógeno procedente de la cromosfera que está detrás. En estas fotos se aprecia un filamento largo y sinuoso situado aproximadamente en la zona central, que se extiende verticalmente y presenta varias ramificaciones. Además, hay otras estructuras filamentosas más débiles repartidas por el disco. Es interesante destacar que

un filamento y una protuberancia son esencialmente el mismo tipo de estructura. La única diferencia es la perspectiva desde la que la vemos: cuando la estructura está proyectada sobre el disco solar la aparece oscura (es un filamento), pero cuando se recorta contra el espacio, más allá del borde del Sol, la vemos brillante y hablamos de protuberancia.

Tanto la corona como las protuberancias pueden observarse también desde satélites que, como Solar Orbiter y Proba-3, son capaces de simular eclipses artificiales utilizando coronógrafos. Uniendo todas estas imágenes, se espera poder construir una visión tridimensional de la corona en el momento del eclipse, lo que ayudará a comprender cómo se organiza realmente el campo magnético coronal y cómo ese campo controla la salida de material del Sol hacia el espacio.



La corona solar observada desde el satélite Solar Orbiter en el día del eclipse | ESA/NASA/Solar Orbiter

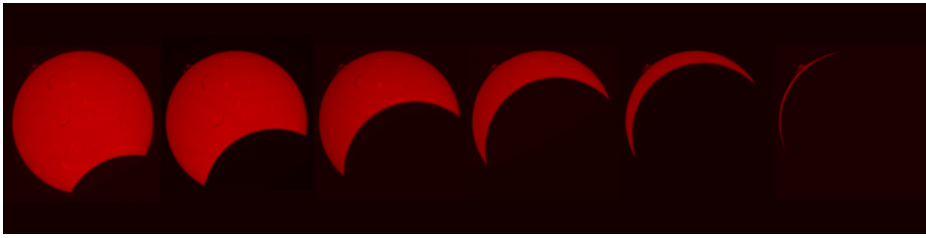
OAN y Yebes: corazón científico del eclipse

Durante los últimos dos años habíamos trabajado en el OAN para preparar el momento del eclipse. Yo tuve el privilegio de presidir la Comisión Científica y de Asesoramiento del Trío de Eclipses que la Comisión Nacional de Astronomía había formado en marzo de 2023 y, junto con varios astrónomos del OAN, habíamos desplegado una actividad muy intensa de divulgación con innumerables conferencias, cursos para profesores, fichas de actividades, dos libros y una página web que reúne múltiples recursos divulgativos y formativos junto con los detalles de los cálculos realizados en el Observatorio.

Este portal, https://eclipses.ign.es, pronto se convirtió en referencia obligada a nivel nacional e internacional. También incluye unos visualizadores, desarrollados en colaboración con el CNIG, que permiten simular la visibilidad desde cualquier punto de la geografía nacional: una herramienta sumamente valiosa. La página web oficial gubernamental, https://trioeclipses.es, enlaza con https://eclipses.ign.es para la obtención de las efemérides y la visualización. El visualizador del eclipse del 12 de agosto recibió un total de más de nueve millones de visitas entre enero y agosto de 2026 (1.397.251 visitas tan solo en el propio día del eclipse).



Composición del eclipse con el radiotelescopio de 40-m del Observatorio de Yebes | El Mundo/Carlos García Pozo

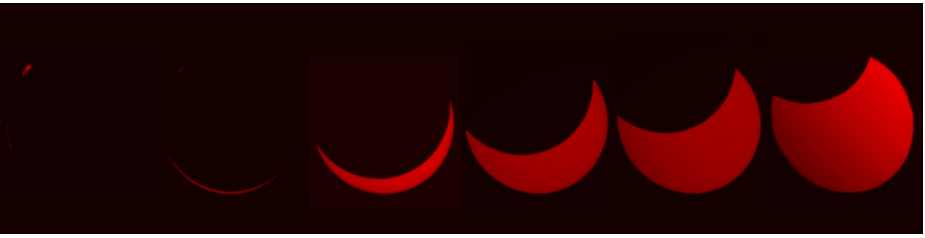


Secuencia del eclipse tomada en la línea espectral Hα desde el Observatorio de Yebes. | OY/OAN (IGN)/Asier Castrillo

Llegó el día, y todo aquello que había sido planificación, reuniones, cálculos, recomendaciones, entrevistas y preparativos se redujo a unos breves instantes. Nuestro personal tuvo la ocasión de vivir la totalidad desde el Observatorio de Yebes, en Guadalajara, que había sido elegido por el Gobierno como sede oficial del seguimiento institucional del eclipse.

Yebes se convirtió aquel día en un pequeño centro de operaciones de la astronomía española. Allí nos reunimos científicos, representantes de las instituciones – incluyendo cuatro ministros-, medios de comunicación nacionales e internacionales y los astronautas de la Agencia Espacial Europea Pablo Álvarez y Sara García, entre otros invitados. En total unas 500 personas. El director del Observatorio, Pablo de Vicente, y el Subdirector General de Astronomía y Geodesia del IGN, José Antonio López Fernández, junto con el equipo del Observatorio se habían volcado en la organización del evento. La coordinación corrió a cargo del IGN junto al Ministerio de Ciencia y a la Fundación Española de la Ciencia y la Tecnología (FECYT). A lo largo de la jornada, representantes del Ministerio de Ciencia, la directora general del IGN, el subdirector general, los directores del Observatorio de Yebes y del Observatorio Astronómico Nacional, y varios científicos atendieron a numerosos medios de comunicación para explicar la importancia de la ciencia y el papel del Observatorio de Yebes en la astronomía nacional e internacional, así como los preparativos previos al evento.

Un objetivo principal era retransmitir el fenómeno utilizando los telescopios del Observatorio, tanto en luz blanca como en Hα. La primera permitió observar las manchas solares durante la fase parcial y la corona durante la totalidad; la segunda mostró la protuberancia y los filamentos de otras protuberancias recortadas sobre el disco solar. Varios colegas nacionales e internacionales instalaron además sus propios telescopios en la terraza de uno de los edificios para seguir y grabar el fenómeno. Las condiciones atmosféricas fueron muy favorables, con cielos totalmente despejados y poca calima, lo que permitió una visualización óptima del eclipse, cercano al horizonte.



Llegado el momento de la totalidad ocurrió algo curioso: autoridades, periodistas, científicos y visitantes dejamos de hablar y de explicar y nos limitamos a observar el eclipse, con el paisaje de la Alcarria de fondo. Yo había dicho antes del eclipse que quería hacer algo muy sencillo: dejar durante unos instantes la ciencia, los móviles y las pantallas a un lado y disfrutar del espectáculo. Y eso es, en buena medida, lo que hicimos muchos. La totalidad tuvo la capacidad extraordinaria de poner en segundo plano todo lo demás. Durante unos instantes, incluso para los astrónomos más experimentados, la experiencia recuperó algo de aquella sorpresa primordial que debieron sentir nuestros antepasados cuando el Sol desaparecía en pleno día.

Yebes no fue, sin embargo, un lugar aislado. El mismo espectáculo estaba sucediendo simultáneamente a lo largo de cientos de kilómetros, y cada territorio lo vivió a su manera.

Galicia: una batalla contra la meteorología

La sombra lunar llegó primero a la costa norte de A Coruña y Asturias, y el eclipse total comenzó allí alrededor de las 20:26. En A Coruña, la totalidad duró algo más de un minuto, con el Sol todavía a unos 12 grados sobre el horizonte. Galicia ofreció una de las grandes paradojas del eclipse: precisamente una de las regiones mejor situadas para contemplarlo tuvo que enfrentarse a su tradicional y más temido enemigo: las nubes.

En Caión, en A Laracha, miles de personas esperaban el eclipse. Las nubes amenazaron desde primera hora y, aunque el cielo llegó a despejarse al mediodía, volvió a cubrirse durante la tarde. Según relató El País, algunos observadores repetían, con creciente desesperación, “no se ve nada” mientras miraban hacia el Sol con sus gafas.

Pero la meteorología fue extraordinariamente local. Mientras en A Coruña muchos tuvieron dificultades, en otros lugares de Galicia el

cielo se abrió. En la ría de Arousa, por ejemplo, numerosos observadores pudieron disfrutar de una totalidad limpia. La lección fue clara: incluso dentro de una misma comunidad autónoma, las condiciones podían cambiar radicalmente en pocos kilómetros. Numerosos ciudadanos de Galicia y Asturias decidieron viajar a la provincia de León donde la meteorología fue muy favorable.



La corona solar captada por un equipo de la ESA desde León | ESA/CESAR

Asturias: el eclipse entre el mar de nubes

En Asturias se encontraban algunos de los lugares con mayor duración de la totalidad de toda España. Navia, Coaña, Tapia de Casariego o Tineo llegaron a superar el minuto y cuarenta segundos. Desgraciadamente, en algunas zonas costeras las nubes y la bruma ocultaron buena parte del espectáculo. En las playas de Gijón (donde tanto se habían preparado), por ejemplo, la totalidad quedó en gran medida detrás de las nubes y la frustración de los asistentes dio lugar también a alguna de las anécdotas más humanas del día. Alguien resumió con humor la situación diciendo que el próximo eclipse total en Asturias habría que verlo "en otro sitio".

Algunos optaron por ganar altura y situarse por encima del mar de nubes: hubo buenas condiciones en zonas altas de Asturias, especialmente hacia Cangas de Onís y el interior montañoso. Desde los refugios de montaña de Jou de los Cabrones y Collado Jermoso se obtuvieron imágenes de muy buena calidad.

Cantabria: una cuestión de kilómetros

Cantabria vivió uno de los contrastes más llamativos. En la bahía de Santander hubo zonas cubiertas por las nubes, mientras que en otros puntos de la costa, especialmente hacia el este, el cielo estuvo mucho más despejado. Testimonios de observadores en Castro Urdiales y Laredo describieron una totalidad perfectamente visible.

En Santander la totalidad duró algo más de un minuto y el eclipse se convirtió también en una experiencia ambiental. Los testigos relatan cómo durante esos instantes el paisaje perdió su iluminación habitual y adquirió un aspecto irreal.

País Vasco: la sorpresa de un cielo despejado

El País Vasco tuvo, en general, bastante fortuna meteorológica. Desde Bilbao y Vitoria-Gasteiz se recibieron numerosos testimonios de cielos despejados y una totalidad perfectamente visible. En Bilbao, la totalidad fue especialmente llamativa porque el Sol estaba muy bajo y la duración era relativamente breve. Algunos observadores que inicialmente esperaban "un día nublado un poco más oscuro" descubrieron que la experiencia era completamente diferente. La aparición repentina de la corona y la transformación del cielo resultaron mucho más impresionantes de lo que esperaban.

En Vitoria, el eclipse pudo contemplarse también desde espacios urbanos y humedales. Una vez más, la experiencia no necesitaba grandes infraestructuras: bastaba un horizonte despejado y un lugar desde el que mirar.

Navarra: el eclipse convertido en acontecimiento ciudadano

Navarra había preparado el eclipse de una manera especialmente organizada. El proyecto Eklipse, impulsado por el Gobierno de Navarra junto con NICDO y el Planetario de Pamplona, estableció una red de puntos oficiales y hasta nueve líneas de autobús para facilitar los desplazamientos.

La totalidad atravesó la comunidad de oeste a sureste y alcanzó especialmente bien la Ribera. En Tudela, por ejemplo, duró alrededor de 80 segundos. La ciudad había acondicionado su recinto ferial como punto oficial de observación y había previsto actividades divulgativas y medidas de seguridad.

Así, Navarra convirtió el eclipse en algo más que una observación astronómica: fue también una experiencia colectiva cuidadosamente preparada. Y ese es precisamente uno de los aspectos más interesantes de los eclipses totales: la astronomía puede convertirse en un acontecimiento capaz de movilizar a toda una sociedad.



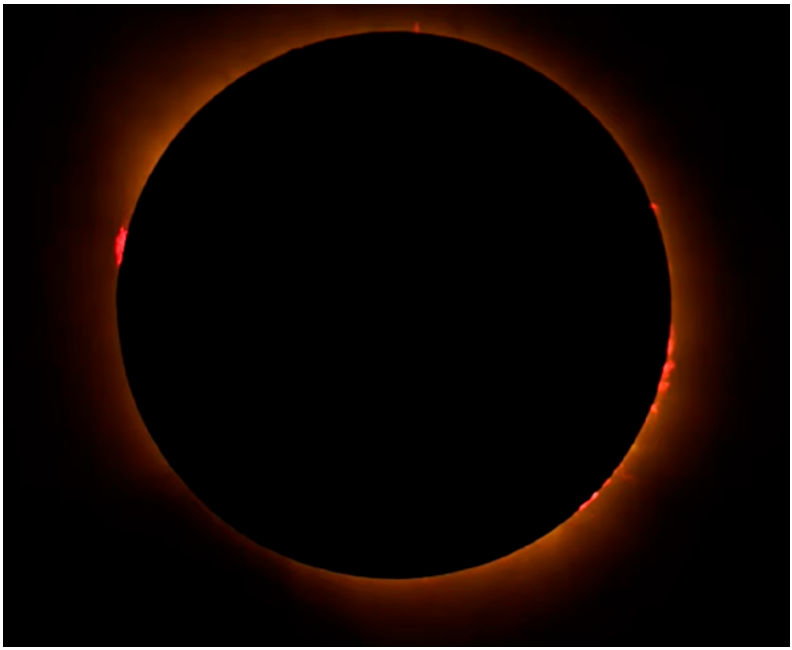
El momento de la totalidad observado por multitud de personas desde el Puente de Piedra de Logroño. | Larioja.com/Miguel Peche

La Rioja: el eclipse sobre el valle del Ebro

En La Rioja, la totalidad atravesó buena parte del territorio, especialmente el valle del Ebro. El Gobierno regional había insistido en la conveniencia de evitar desplazamientos innecesarios y de buscar lugares próximos y seguros, precisamente para reducir la presión sobre las carreteras. Logroño disfrutó de algo más de un minuto de totalidad. La imagen de la ciudad oscurecida al atardecer, con la Luna cubriendo el Sol y el horizonte occidental adquiriendo tonalidades crepusculares, fue una de las muchas versiones urbanas del eclipse que, en otros puntos, se vivió entre montañas, playas o campos.

Castilla y León: gran anfitriona del eclipse

Probablemente ninguna otra comunidad tuvo una relación tan intensa con el eclipse como Castilla y León. La franja de totalidad atravesó buena parte de su territorio y numerosos pueblos de la llamada España vaciada se convirtieron por unas horas en auténticos centros internacionales de observación.



El momento de la totalidad captado desde Palencia | Alejandro Sánchez de Miguel/IAA/UCM/Stars4All

Castilla y León tuvo también una importante dimensión científica. En Palencia se puso en marcha el proyecto NATE (North African Telescope Eclipse), una campaña liderada por el Instituto de Astrofísica de Canarias que utilizó el eclipse de 2026 para ensayar y preparar el experimento que se desarrollará en Marruecos durante el eclipse de 2027 (que tendrá lugar a mayor elevación sobre el horizonte y con una totalidad más larga). Equipos formados por investigadores, estudiantes y voluntarios utilizaron telescopios para estudiar la corona solar y poner a prueba los instrumentos y procedimientos que volverán a utilizarse el próximo año. En León, además, la ESA tuvo una presencia destacada y desarrolló actividades vinculadas a la observación del eclipse.

Tanto en Benavente como en Toro se reunieron miles de personas. Llegaron visitantes de otras partes de España y también numerosos extranjeros con sus telescopios y equipos fotográficos. En Castrillo de la Reina, en Burgos, un pueblo que en invierno apenas supera el centenar de habitantes, la población temporal llegó a multiplicarse. La charanga recorrió las calles antes del eclipse y unas mil personas se reunieron para vivir una noche muy particular en pleno atardecer.

Y en el valle de Sabero, en León, la experiencia volvió a demostrar algo que quizá sea una de las grandes herencias de este eclipse: lugares que normalmente aparecen muy poco en el mapa de la actualidad nacional se convirtieron durante unas horas en protagonistas.



La corona solar vista desde Benavente adquirió una tonalidad rojiza probablemente por la presencia de polvo y humo en la atmósfera | APOD/Rui Santos (Living Impressions)

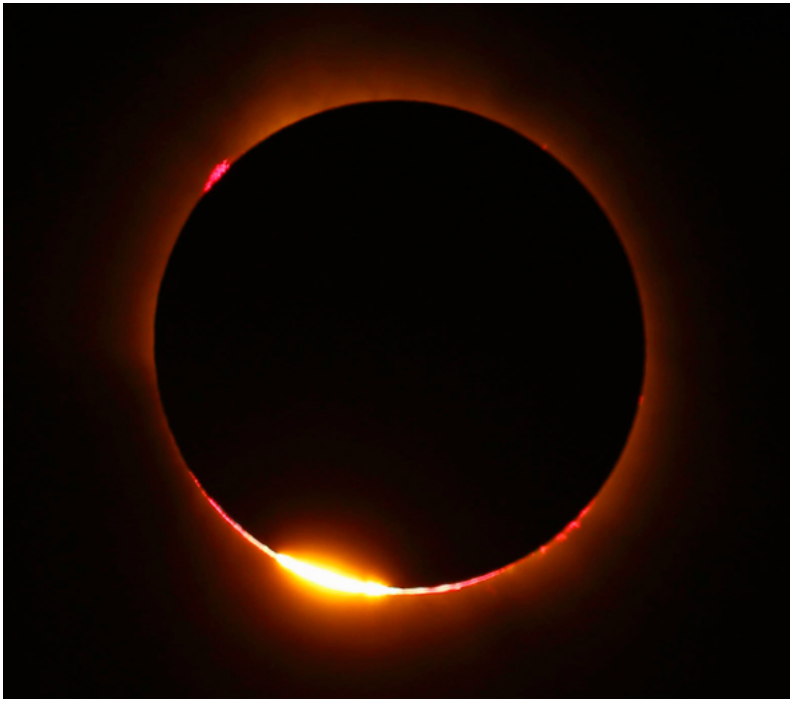
Castilla-La Mancha: Yebes y mucho más

En Castilla-La Mancha, el protagonismo científico correspondió especialmente al Observatorio de Yebes, en Guadalajara, que, como ya se ha dicho, fue elegido por el Gobierno como centro oficial de seguimiento del eclipse. Allí se desplegaron varios instrumentos para

observar el fenómeno y se realizó una retransmisión de alcance internacional. Se utilizaron dos telescopios solares para retransmitir las observaciones tanto en luz blanca como en la línea Hα. Yebes fue así mucho más que un lugar privilegiado para contemplar la totalidad: durante esos instantes se convirtió en uno de los centros desde los que España observó, registró y transmitió el eclipse al mundo.

En Guadalajara, además de Yebes, localidades como Trijueque, Sigüenza, Atienza, Azuqueca y Alovera, reunieron a miles de observadores, y en la capital se organizó un punto de observación multitudinario. Varios emplazamientos en la provincia de Cuenca y el Cerro Calderico de Consuegra, en Toledo, fueron otros lugares especialmente escogidos para el evento.

Para mí, contemplar desde Yebes cómo la sombra avanzaba sobre el territorio tenía algo especialmente emocionante. Durante años habíamos hablado de la franja de totalidad como unas líneas sobre un mapa. El 12 de agosto esas líneas dejaron de ser abstractas: se convirtieron en una experiencia real que atravesaba el paisaje y reunía a personas que, durante unos instantes, estábamos mirando exactamente el mismo fenómeno.



El anillo de diamantes captado desde Cañaveras (Cuenca) | Paul Reed

Madrid: en el borde de la totalidad

Madrid ofrece uno de los contrastes más interesantes. La capital quedó fuera de la franja de totalidad, aunque el eclipse alcanzó una ocultación superior al 99 %. En cambio, una amplia zona del norte de la Comunidad de Madrid sí quedó bajo la totalidad.

En el Cerro del Tío Pío y en el Parque Juan Carlos I, miles de madrileños se concentraron para contemplarlo. Pero la corona solar no apareció: faltó ese pequeño porcentaje que separaba un eclipse parcial de uno total. Después, cuando el Sol volvió a emerger, un niño resumió perfectamente lo que había vivido: "Es como un amanecer con el Sol en el aire". Una frase infantil que, probablemente, describe mejor que muchas explicaciones científicas la extrañeza de aquel momento.



El madrileño cerro del Tío Pío fue uno de los lugares elegidos para observar el eclipse donde se congregaron numerosos ciudadanos. | El Mundo/AFP

Buitrago del Lozoya fue uno de los grandes puntos de encuentro de la Comunidad de Madrid para observar la totalidad: en el área recreativa de Riosequillo, el Festival del Eclipse congregó a miles de personas -con un aforo previsto de 3.000- que pudieron combinar actividades divulgativas y observación astronómica. La gran afluencia convirtió además al municipio en uno de los centros del dispositivo de emergencias de la Sierra Norte, aunque la jornada transcurrió finalmente sin incidencias graves.

Buitrago formaba parte de la red de 64 puntos de observación oficiales distribuidos por 61 municipios. Uno de ellos, el previsto en Tres Cantos, fue cancelado por el Ayuntamiento por el riesgo extremo de incendios.

Aragón: de Zaragoza a Javalambre

Aragón fue otro de los grandes escenarios del eclipse. Zaragoza vivió una gran concentración de público, con el Puente de Piedra como uno de los lugares más emblemáticos. A pesar del intenso calor, miles de personas se reunieron junto al Ebro para esperar la totalidad, entre aplausos y gritos cuando finalmente llegó la oscuridad. En el Planetario de Aragón en Cuarte (Huesca) se concentraron más de un millar de ciudadanos que disfrutaron, además del eclipse, de un programa divulgativo.



El eclipse y la Basílica del Pilar se reflejan sobre el Ebro. Los ciudadanos se concentraron sobre los puentes del gran río. | APOD/ Ruiyu Zhang

Pero el gran protagonista científico de Aragón fue Teruel. El Observatorio Astrofísico de Javalambre fue uno de los escenarios científicos más destacados. La ESA instaló allí parte de su dispositivo de observación y retransmisión internacional, mientras distintos equipos llevaron a cabo experimentos durante el eclipse. La elección de Javalambre no fue casual: el observatorio se sumó así a la red de centros repartidos por España que aprovecharon la excepcionalidad del fenómeno para obtener datos científicos y, al mismo tiempo, acercar la astronomía al gran público. En el entorno de Javalambre y del centro divulgativo Galáctica se reunieron investigadores, aficionados y visitantes internacionales que incluyeron al premio Nobel Alain Aspect.

Aragón mostró así las dos caras del eclipse: la gran experiencia popular en una ciudad como Zaragoza y la observación científica y divulgativa en un territorio de excelentes condiciones astronómicas.

Cataluña: familias, viajes y respuesta fisiológica

En Cataluña, la totalidad atravesó principalmente las provincias de Lleida y Tarragona, mientras que la ciudad de Barcelona quedó fuera de la franja. En Móra la Nova, en Tarragona, numerosas personas se concentraron para contemplar el eclipse. Y hubo también historias personales. Según relata El País, una familia catalana, dispersa entre Cardedeu, otros municipios y Praga, decidió reunirse a última hora para vivir juntos el acontecimiento. Al no encontrar alojamiento, hicieron el viaje de ida y vuelta en el mismo día. Es una pequeña historia que resume bien el carácter del fenómeno. Este eclipse fue una excusa para reunir familias, amigos y comunidades enteras alrededor de algo que sucede muy lejos de nosotros y, al mismo tiempo, nos concierne a todos.

Además, Cataluña aportó una perspectiva científica muy diferente. El proyecto SOLARIS, impulsado por la Generalitat con la participación del Vall d'Hebron Institut de Recerca y el Institut d'Estudis Espacials de Catalunya, recogió datos para estudiar, por primera vez con una amplia muestra de participantes, la respuesta fisiológica de las personas ante un eclipse total. Mediante relojes inteligentes y otros dispositivos portátiles se recogieron de forma anónima datos como la frecuencia cardíaca y la respiración durante los días anteriores y posteriores al fenómeno. La pregunta era tan sencilla como fascinante: ¿puede un acontecimiento capaz de provocar una emoción tan intensa dejar una huella medible en nuestro organismo?

Comunidad Valenciana: cerca del horizonte

En la Comunidad Valenciana la totalidad llegó ya muy cerca del final de su recorrido por España. En Valencia el Sol estaba a apenas unos cuatro grados sobre el horizonte y la totalidad fue, por ello, especialmente difícil de contemplar desde las calles de la ciudad. Algunas terrazas y azoteas llegaron incluso a alquilarse por precios extraordinarios.

Castellón tuvo mejores condiciones. Allí el eclipse fue recibido con enorme entusiasmo y numerosas personas buscaron lugares abiertos para contemplarlo (por ejemplo, en la playa del Grao). También hubo momentos de suspense: algunos observadores contaron que una nube amenazó con arruinar la totalidad pocos minutos antes, aunque finalmente pudieron disfrutarla.



Así se vivió la totalidad desde la playa de Castellón de la Plana. | El Mundo/EFE/ Andreu Esteban

Baleares: el último lugar de España bajo la sombra

Finalmente, la sombra lunar alcanzó las Baleares. Palma experimentó la totalidad con el Sol a solo unos dos grados y medio de altura, una circunstancia que hacía imprescindible un horizonte completamente despejado. La totalidad duró alrededor de un minuto y medio. Formentera fue el último territorio español en abandonar la sombra. Allí la totalidad llegó ya cuando el Sol estaba prácticamente rozando

el horizonte. El lugar elegido para observarla tenía, además, una curiosa conexión literaria: cerca del Faro de la Mola se encuentra un monumento dedicado a Julio Verne, cuya obra *Héctor Servadac* contiene referencias a eclipses y a los cálculos astronómicos.

En las islas la totalidad fue especialmente delicada: un árbol, una casa o una pequeña elevación del terreno podían ocultar el Sol en el instante decisivo. Los puntos de observación orientados hacia el mar fueron los más privilegiados.

Más proyectos científicos

La red científica del eclipse fue más extensa que los escenarios que hemos descrito. Hubo equipos observacionales coordinados que midieron la luminosidad, la temperatura y la humedad. La iniciativa Dynamic Eclipse Broadcast coordinó observaciones telescópicas para obtener imágenes de la corona solar, mientras que proyectos como ECOECLIPSE estudiaron mediante registros acústicos la respuesta de aves y murciélagos ante el súbito oscurecimiento. Se utilizaron dispositivos LightSound, capaces de transformar las variaciones de intensidad de la luz solar en sonido, para hacer accesible el fenómeno a personas con discapacidad visual.



La NASA utilizó un avión WB-57 volando a unos 15.000 metros de altura para observar el eclipse. | NASA

También hubo globos del proyecto de ciencia ciudadana Misión Globo Sonda, coordinado por varias asociaciones astronómicas españolas, que observaron el fenómeno desde la alta atmósfera, a unos 30 kilómetros de altura, y permitieron estudiar simultáneamente la respuesta de la atmósfera al rápido descenso de la radiación solar; además de las cámaras, las cargas incluían sensores meteorológicos,

contador de muones, contador Geiger, magnetómetro y sensor ultravioleta. Paralelamente, mediante el proyecto *Nationwide Eclipse Ballooning Project*, apoyado por la NASA, tres equipos estadounidenses desplegaron en España seis globos científicos equipados con cámaras de 360° e instrumentos para medir el ozono.



La totalidad también se captó a gran altitud desde un avión C-295 del Cuerpo Aéreo Irlandés que voló hacia el oeste sobre el Atlántico para observar el fenómeno. | ESA/R. Moorkens O'Reilly

La observación desde el aire ofreció otra perspectiva privilegiada del eclipse. Además de permitir contemplar la totalidad por encima de las nubes y con un horizonte despejado, seguir desde el aire la trayectoria del eclipse permite disponer de más tiempo para observar el fenómeno. La NASA desplegó uno de sus aviones WB-57 y el Cuerpo Aéreo Irlandés un C-295 que siguieron la sombra de la Luna, a gran altitud, para prolongar el tiempo disponible para el estudio de la corona solar y observar regiones de su atmósfera difícilmente accesibles desde tierra. También un Airbus de Iberia siguió la trayectoria del eclipse, permitiendo a pasajeros y especialistas contemplar la totalidad desde una perspectiva excepcional y disfrutar de una visión privilegiada de la sombra lunar y del oscurecimiento del paisaje. Desde el aire, el eclipse adquiría así una dimensión muy diferente: durante unos instantes, los aviones se convirtieron en auténticas plataformas de observación astronómica y, al mismo tiempo, en una manera de asegurar la experiencia de la totalidad frente a la incertidumbre meteorológica que condicionó algunas de las observaciones terrestres.

La NASA y el Exploratorium de San Francisco establecieron uno de sus puntos de observación y retransmisión internacional en Villalibado, un pequeño pueblo de la provincia de Burgos que había quedado prácticamente despoblado durante décadas y que posteriormente fue recuperado como enclave de turismo rural. Su posición dentro de la franja de totalidad, el horizonte despejado y sus buenas conexiones lo convertían en un lugar especialmente adecuado para la retransmisión internacional. Allí se desplegaron unos treinta científicos y técnicos, junto a varios telescopios con los que se obtuvieron imágenes destinadas a la cobertura mundial del fenómeno.

Como vemos, el 12 de agosto cada territorio y cada grupo de observadores encontró su propia manera de vivir el eclipse.

Un eclipse para recordar

Cuando se contempla el mapa del recorrido de la sombra resulta difícil hacerse una idea de lo extraordinario que fue aquel día. En poco más de siete minutos, la oscuridad recorrió España de un extremo al otro. A las 20:26 entraba por Galicia; alrededor de las 20:30 alcanzaba simultáneamente numerosos puntos del centro y del este; y a las 20:34 abandonaba Formentera para perderse definitivamente en el Mediterráneo.

Pero un eclipse no se mide solamente en segundos de totalidad y en el número de proyectos científicos. Se mide también por los miles de personas que viajaron, por los pueblos que se prepararon durante meses, por las familias que se reunieron, por los científicos que aprovechamos la ocasión para observar la corona solar y estudiar la respuesta de la atmósfera y de la fauna, por los fotógrafos que buscaron durante horas un horizonte limpio y por los niños que descubrieron, quizá por primera vez, que el cielo puede ofrecer algo mucho más extraordinario que cualquier pantalla.

Y se mide, también, por aquello que sucedió en Yebes y en tantos otros lugares: durante poco más de un minuto, personas muy diferentes dejaron de ser autoridades, científicos, periodistas, turistas o vecinos y se convirtieron simplemente en espectadores de un acontecimiento cósmico.

Quizá esa sea una de las mayores virtudes de los eclipses. Nos recuerdan que vivimos en un planeta que se mueve, que la Luna gira alrededor de nosotros y que la Tierra viaja alrededor de una estrella. Todo eso sucede puntual y constantemente, aunque normalmente no lo percibamos. Pero el 12 de agosto lo percibimos de una manera extraordinariamente intensa. Durante unos instantes, millones de personas en toda España levantamos la mirada hacia el mismo lugar del cielo. Y, por un momento, todos estuvimos bajo la misma sombra de la Luna.

Las estrellas dobles

Pedro Pablo Campo Díaz
Astrónomo del Observatorio Astronómico Nacional (IGN)

Resumen

Las estrellas dobles o binarias son pares de estrellas que están físicamente ligadas por su mutua atracción gravitatoria, de forma que ambas describen orbitas en torno a su centro de masas común. El estudio de este tipo de sistemas nos proporciona información astrofísica de gran importancia, como la masa de sus componentes. En este artículo se hará una revisión de la historia de la investigación sobre binarias, desde sus comienzos hasta los últimos desarrollos, y presentando también los nuevos avances en este campo de investigación.Espacial James Webb (JWST), serán capaces de allanar el camino hacia estos mundos habitables.

Introducción

En nuestro Sistema Solar tenemos una única estrella, el Sol, en torno al cual se mueven los planetas. Esta configuración de estrella central con planetas alrededor no es la única, existen muchos sistemas en los que podemos encontrar dos o más estrellas, moviéndose por efecto de su mutua atracción gravitatoria. A este tipo de sistemas se les llama múltiples, y entre ellos los más abundantes son los formados por dos componentes, llamados estrellas dobles o binarias. En una binaria, sus componentes van a girar en torno a su centro de masas común, describiendo lo que llamamos órbitas, y su determinación es vital para poder determinar las propiedades físicas y dinámicas de las estrellas.

Cuando tenemos dos cuerpos moviéndose en órbitas de ese tipo, lo que se conoce en mecánica celeste como el problema de dos cuerpos, podemos hacer una simple transformación matemática para fijar a uno de los cuerpos en el origen de coordenadas. De ese modo el otro cuerpo, en este nuevo sistema de referencia, describiría una órbita en torno al primero (figura 1). Esto no significa que físicamente el segundo cuerpo gire en torno al primero, ambos lo hacen en torno al centro de masas, es un "truco" para hacer los cálculos más sencillos, y que puede revertirse con la misma facilidad. Además, determinar la posición del centro de masas es muy difícil a priori, por lo que para observar un sistema de este tipo se suele fijar el detector en la posición del cuerpo más brillante y se mide la posición del otro con respecto a él. A esta órbita ficticia se le denomina órbita relativa, al cuerpo central primario y al otro cuerpo secundario. Tanto las órbitas verdaderas como la relativa son órbitas keplerianas, es decir que cumplen las tres leyes de Kepler. Son, por lo tanto, órbitas elípticas.

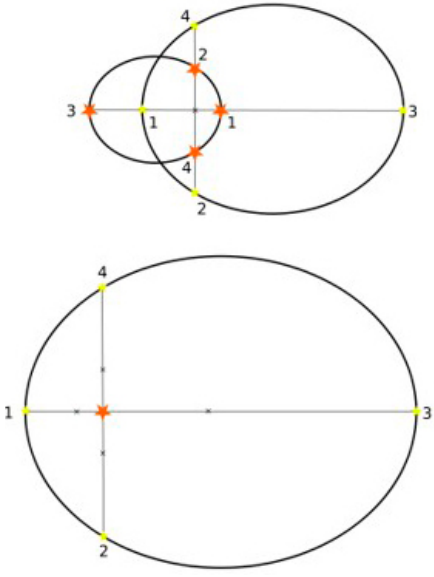


Figura 1: órbitas verdaderas (arriba) y relativa (abajo). Se marcan las posiciones que ocuparían los dos cuerpos en 4 instantes de tiempo. Imagen: elaboración propia

Para describir estas órbitas se utilizan lo que se llaman los elementos orbitales o elementos de Campbell (figura 2), que son:

- Periodo (P): el tiempo que lleva completar una órbita completa.
- Época de paso por el periastro (T): momento en el que los dos cuerpos pasan por su punto más próximo (periastro). Se suele dar el momento del último paso.
- Excentricidad (e): vale 0 para órbitas circulares y va creciendo a medida que aumenta la elipticidad de la órbita. Una órbita de excentricidad 1 se convierte en parabólica y se rompe el sistema.
- Semieje mayor (a): la distancia desde el centro de la elipse hasta uno de los dos puntos más alejados de él. Normalmente se tiene la separación angular, medida desde la Tierra. Para obtener la separación real es necesario conocer la distancia a la que se encuentra el sistema.
- Inclinación (I): inclinación del plano de la órbita con respecto a un plano de referencia, habitualmente el plano perpendicular a nuestra línea de visión.
- Ángulo del nodo (Ω): ángulo de posición del nodo ascendente con respecto a una dirección dada. El nodo ascendente es el punto de corte de la órbita con el plano de referencia en la dirección ascendente, que se toma por convención.
- Argumento del periastro (ω): ángulo entre el nodo ascendente y el periastro, medido sobre el plano orbital.

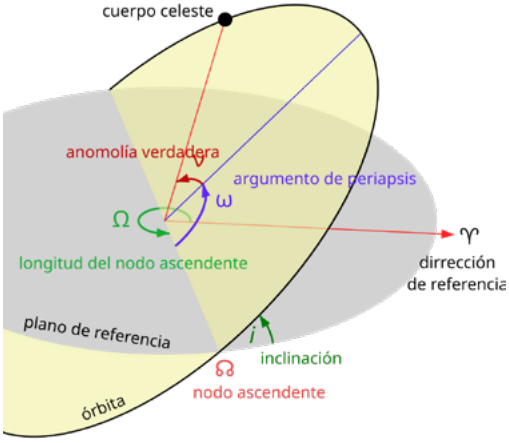


Figura 2: representación de los elementos angulares (inclinación, ángulo del nodo, argumento del periastro) de una órbita. Imagen: Lasunncty, Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0.

Los cuatro primeros elementos nos dan la forma de la órbita y como se mueve el cuerpo sobre ella, mientras que los tres últimos nos sitúan la órbita en el espacio. Con estos siete elementos podemos calcular la posición que van a ocupar los cuerpos en cualquier momento del tiempo. Además, gracias a ellos se pueden derivar propiedades físicas de las estrellas muy importantes, como puede ser la masa.

Las estrellas múltiples no son algo raro, sino que son relativamente abundantes en nuestra galaxia. Las diferentes investigaciones han encontrado que las estrellas más masivas aparecen en sistemas múltiples en un 70% de los casos, con la mitad de ellos compuestos de tres o más componentes. Las estrellas de masa cercana al Sol tendrían un porcentaje de multiplicidad de entre el 45% y el 65%, un tercio de los cuales tendrían más de dos componentes. El 25% de las estrellas de baja masa serían múltiples, siendo el 85% de ellas binarias

1. Desarrollo histórico

En 1609, Galileo Galilei tuvo conocimiento de un aparato que un óptico holandés, Hans Lippershey, había diseñado un año antes para observar objetos lejanos, el telescopio. Galileo en seguida se dio cuenta de su potencial para el estudio astronómico y, gracias a una descripción del invento de Lippershey, fue capaz de construir sus propios instrumentos (figura 3). Gracias a esto pudo observar los satélites de Júpiter, los cráteres de la Luna o la Vía Láctea, entre otras cosas. Este acontecimiento abrió las puertas a la observación y el estudio de objetos astronómicos que hasta entonces estaban vedados al ojo humano debido a su bajo brillo o a su tamaño aparente.

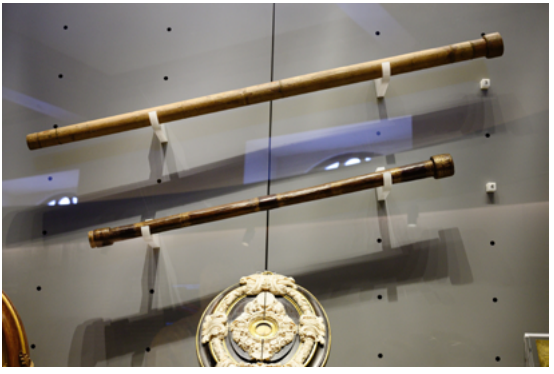


Figura 3: telescopios fabricados por Galileo Galilei, expuestos en el Museo Galileo de Florencia. Imagen: Zde, Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0.

Ya anteriormente se podían observar a simple vista algunas estrellas que parecían estar muy próximas entre sí en el cielo. Las más conocidas son Mizar y Alcor, dos estrellas situadas en la cola de la Osa Mayor, aunque hay otros casos, como Menkar y 96 Ceti, o Anser y 8 Vulpeculae. Al comenzar a utilizar el telescopio se pudo comprobar que esto no eran casos aislados, sino que aparecían con mucha frecuencia al observar las estrellas con telescopio. En 1650, Giovanni Riccioli pudo ver que, al observar Mizar con el telescopio, tenía una compañera aparte de Alcor (figura 4), aunque hay indicios de que ya había sido vista por Benedetto Castelli y Galileo Galilei en 1617. En 1619, Johann Baptiste Cysat observó el Trapecio, una agrupación de estrellas dentro de la Gran Nebulosa de Orión. El número de dichos descubrimientos fue creciendo en los siglos XVII y XVIII, lo que llevó a John Mitchell a postular en 1767 que no se trataba de alineaciones aleatorias, sino que pertenecían al mismo sistema.



Figura 4: Las dos componentes de Mizar (a la derecha de la imagen) con Alcor (a la izquierda). Imagen: Nikolay Nikolov, Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0.

Fue, sin embargo, otro gran astrónomo, William Herschel, quien pudo demostrar de forma fehaciente que estas estrellas formaban sistemas físicos. Curiosamente, Herschel estaba intentando observar otro fenómeno, la paralaje estelar, un reflejo del movimiento orbital de la Tierra alrededor del Sol. Si observamos una estrella desde la Tierra en un determinado momento, la veremos en una posición en el cielo. Si la volvemos a ver al cabo de unos días, debido a la traslación de nuestro planeta en torno al Sol, veremos que habrá cambiado ligeramente de posición, y si repetimos las mediciones a lo largo de un año, podremos comprobar que la estrella describirá una elipse sobre el fondo del cielo (ver figura 5). Dada la enorme lejanía a la que se encuentran las estrellas, esta elipse de paralaje tendrá un tamaño diminuto, y necesitaremos telescopios de gran potencia para poder apreciarla. La importancia de este fenómeno es que si somos capaces de medir las dimensiones de esta elipse podemos calcular la distancia a la que se encuentra la estrella de nosotros.

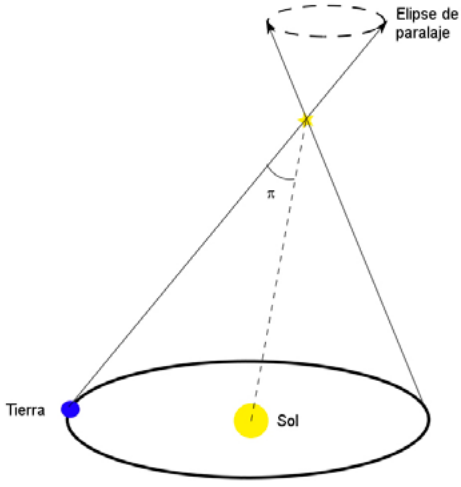


Figura 5: la elipse de paralaje. Imagen: elaboración propia.

Para poder detectar la paralaje, Herschel comenzó a observar algunas de estas estrellas que se veían cercanas entre sí. Su hipótesis era que la estrella más débil del par estaría mucho más alejada de nosotros que la más brillante, por lo que su elipse sería tan pequeña que no la podría observar con su telescopio, de forma que la estrella parecería estar fija en el cielo. La estrella más brillante describiría a lo largo del año su elipse en torno a su compañera, permitiéndole detectarla. Herschel realizó una serie de medidas en torno a 1780, pero fue incapaz de medir ninguna paralaje. Afortunadamente, gracias a una segunda serie de medidas hechas hacia 1801, pudo comprobar que algunas de estos pares de estrellas habían cambiado su posición relativa, aunque no como se esperaría por el movimiento paraláctico, lo que le llevó a concluir que se trataba de movimientos orbitales dentro del sistema. La primera paralaje fue determinada unas décadas después por Friedrich Bessel para la estrella 61 Cygni.

También en esa época se dio la explicación de otro fenómeno relacionado con el movimiento orbital de las binarias. La segunda estrella más brillante de la constelación de Perseo, Algol, exhibe cambios de brillo observables a simple vista a lo largo de pocos días. Para explicar esta variación John Goodricke propuso dos hipótesis en 1783, la presencia de manchas en la superficie de la estrella o el tránsito de un planeta por delante de la estrella. Sin embargo, el tamaño que debían tener las manchas o el planeta para explicar la disminución de brillo observada era tan grande que llevó a descartar estas hipótesis, pero a plantear otra similar: no se trataba de un planeta pasando por delante de la estrella, sino que era otra estrella que eclipsaba a la primera. De hecho, se pudo determinar una órbita preliminar de esta binaria antes de confirmar su existencia en 1889 mediante espectroscopía.

En el siglo XIX hay dos avances que afectan a la investigación en binarias de forma decisiva. En primer lugar, está la introducción del micrómetro filar en la observación de estrellas dobles por Friedrich Georg Wilhelm von Struve. Este aparato se acopla a un telescopio y permite medir la posición relativa de un objeto con respecto a otro que se encuentre en el campo de visión, fijando la posición de uno de los objetos y obteniendo el ángulo de posición del otro con respecto a una dirección dada y su separación angular (figura 6). Haciendo mediciones de este tipo en estrellas dobles se puede calcular su órbita relativa, como así hizo por primera vez Félix Savary en 1827. Con respecto a las observaciones de estrellas dobles, a William Herschell y Friedrich Struve les sucedieron sus hijos, John y Otto, respectivamente.

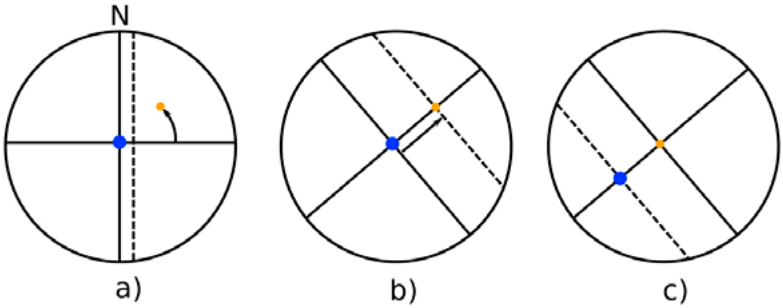


Figura 6: esquema del funcionamiento del micrómetro. El micrómetro se acopla a un telescopio y tiene un visor con tres hilos muy finos, dos fijos y uno móvil. Situando el cuerpo principal en el centro, podemos girar el visor hasta que el secundario esté sobre uno de los hilos (a). El micrómetro tiene una regleta que permite medir así el ángulo de posición. Moviendo ahora el hilo móvil se puede medir la separación (b). La medida se suele repetir ahora centrando en el secundario para comprobarla (c). Imagen: elaboración propia.

El segundo avance es el descubrimiento del efecto Doppler-Fizeau. Si observamos el espectro de una estrella, aparecerán una serie de líneas oscuras, que se corresponden con los elementos químicos y moléculas presentes en su atmósfera. Si la estrella se aleja de nosotros las ondas de luz se alargarán, desplazándose las líneas hacia la parte roja del espectro, mientras que si se acerca ocurrirá lo contrario y las líneas se moverán hacia el azul (figura 7). Cuanto mayor sea la velocidad a la que se acerque o se aleje la estrella, mayor será este desplazamiento, de forma que, si comparamos la posición de las líneas con los valores medidos en laboratorio para sus elementos correspondientes, podemos calcular dicha velocidad. Cuando tenemos una binaria, al movimiento propio de la estrella en la galaxia se superpondrá su movimiento orbital, de

forma que veremos dos juegos de líneas espectrales desplazándose alternativamente hacia el rojo y el azul. Así podemos medir la componente radial de la velocidad orbital de las estrellas. Fue Edward Charles Pickering quien pudo medir por primera vez en 1890 este efecto en Mizar.

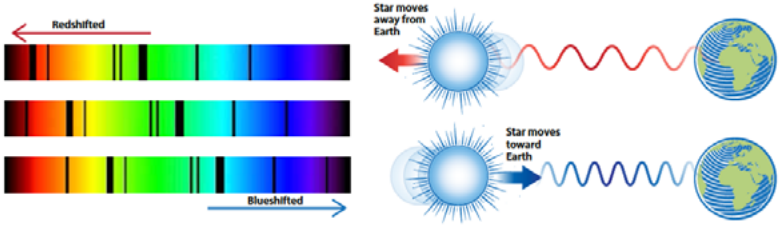


Figura 7: el efecto Doppler aplicado a las estrellas. Imagen: edufleek.

Los siguientes años vieron una gran cantidad de avances y descubrimientos en este ámbito, además de la elaboración de grandes catálogos, como el de Robert Grant Aitken, con unas 17000 estrellas. También se produce la introducción de las estrellas dobles en España, de la mano de Josep Comas Solà y Rafael Patxot i Jubert, quienes realizaron observaciones de estrellas dobles desde el Observatori Català y el Observatori Fabra. Sin embargo, fue Ramón María Aller Ulloa el que se puede considerar como el pionero en este campo de investigación, pues no sólo hizo una gran cantidad de observaciones de binarias desde Lalín y Santiago de Compostela, sino que también fue el primero en nuestro país en estudiarlas a fondo y calcular sus órbitas. La escuela que él creó continua sus trabajos desde el observatorio que lleva su nombre en la Universidade de Santiago de Compostela de la mano de José Ángel Docobo Durántez y sus discípulos. También en el Observatorio Astronómico Nacional se investiga sobre binarias, en este caso con componentes evolucionadas.

En el siglo XX la fotografía cobra importancia en el mundo de la astronomía, sin embargo, en el ámbito de las binarias no es especialmente relevante. Las emulsiones que se utilizaban para el revelado difuminaban la imagen, lo que hacía que sólo se pudiesen estudiar los sistemas con mayor separación. Esto cambió con la introducción de la fotografía digital, que permitía obtener imágenes de mayor resolución, limitadas solamente por la turbulencia atmosférica, el efecto conocido como seeing. A finales del siglo XX surgen las técnicas de alta resolución, que permiten mitigar en gran medida el seeing, llegando al límite de resolución del telescopio. Entre ellas destacan:

- Interferometría speckle: se basa en tomar un gran número de imágenes de muy corta exposición (del orden de 10 milisegundos) y combinarlas todas mediante análisis de Fourier. El resultado de la combinación elimina el seeing (figura 8).
- Óptica adaptativa: se utiliza en telescopios reflectores con espejos segmentados. Se utiliza una estrella de referencia o un puntero láser para ajustar la posición de los espejos y eliminar el efecto de la turbulencia.
- Lucky imaging: literalmente imagen afortunada, se toman un gran número de imágenes y se eligen las mejores en las que la atmósfera está más quieta.
- Interferometría de síntesis de apertura: se combina la señal de varios telescopios para generar una imagen de alta resolución que además elimina el efecto de la atmósfera.
- Telescopios espaciales: al encontrarse fuera de la atmósfera están libres del efecto de la turbulencia, y están limitados sólo por su apertura.

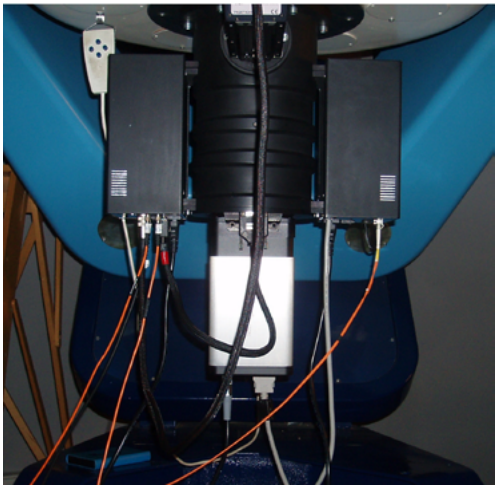


Figura 8: cámara de interferometría speckle del Observatorio Astronómico Ramón María Aller de la Universidade de Santiago de Compostela. Imagen: Observatorio Astronómico Ramón María Aller.

Además de todo esto, en la actualidad se combinan los datos obtenidos mediante estas técnicas con información adicional de otro tipo de observaciones, como las misiones Hipparcos y Gaia de la Agencia Europea del Espacio, para obtener mucha más información de las estrellas, y completar su caracterización y clasificación.

2. Tipos de estrellas dobles

Las binarias se clasifican de acuerdo con la técnica usada para su estudio. Así, tenemos tres grandes grupos: visuales, espectroscópicas y eclipsantes. Estos no son grupos estancos, hay sistemas que pertenecen a dos e incluso a las tres categorías.

Visuales: son aquellas en las que se pueden observar las dos componentes, sea directamente a través del telescopio, mediante fotografía o mediante técnicas de alta resolución. En este caso se pueden determinar los siete elementos orbitales midiendo la posición relativa de la secundaria con respecto a la primaria en varias fechas, y utilizando alguno de los métodos de cálculo de órbitas existentes. Si obtenemos la órbita visual de un sistema y conocemos la distancia a la que se encuentra, podemos calcular la separación real entre las componentes y, utilizando la tercera ley de Kepler, obtener la suma de sus masas. Es necesario para su estudio descartar los llamados pares ópticos, que son alineaciones aleatorias de estrellas que no están relacionadas entre sí, como es el caso de Menkar y 93 Ceti (figura 9). También hay algunos casos en los que la secundaria no se consigue observar debido a su bajo brillo, pero sí se puede medir el desplazamiento de la primaria en torno al centro de masas. En este caso se habla de binarias astrométricas.

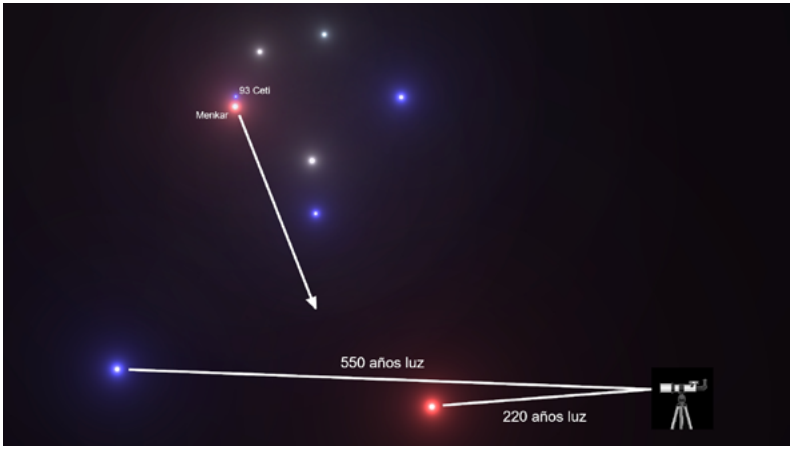


Figura 9: el par óptico formado por Menkar y 93 Ceti. Nótese que, aunque parecen estar muy próximas en el cielo, su separación real es mayor que la distancia de Menkar al Sistema Solar. Imagen: elaboración propia.

Espectroscópicas: se mide la componente radial de la velocidad del sistema a partir del desplazamiento doppler de sus líneas espectrales. Si ambas estrellas son lo suficientemente brillantes se observan dos juegos de líneas desplazándose alternativamente hacia el rojo y hacia el azul, y hablamos de una binaria espectroscópica de doble línea. Si una de las estrellas es mucho más débil, habitualmente sólo veremos las líneas correspondientes a la primaria, y se denomina binaria espectroscópica de línea simple. Midiendo velocidades radiales a lo largo del tiempo obtenemos lo que se llaman las curvas de velocidad radial (figura 10), que nos permiten calcular los elementos orbitales, salvo que no podemos derivar el semieje y la inclinación independientemente, sino que tenemos a · sen I, aunque el valor del semieje viene dado ya en unidades de distancia, y no en unidades angulares. También se pueden obtener el valor de funciones que dependen de las masas y la inclinación.

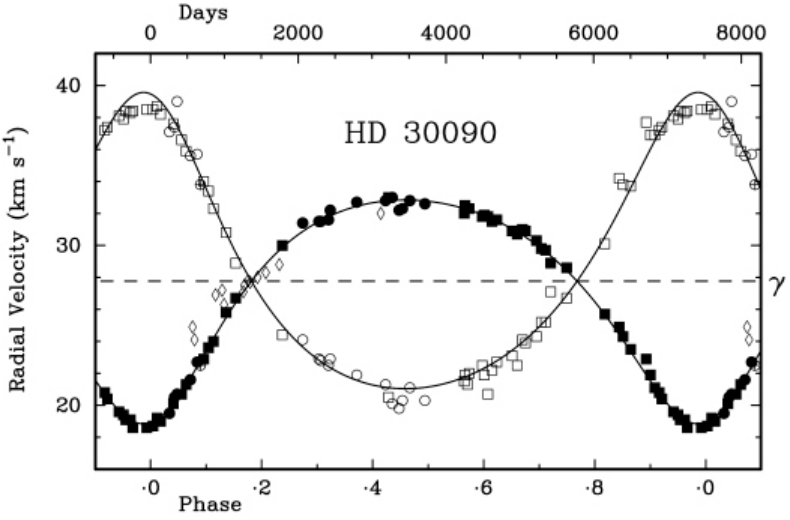


Figura 10: curvas de velocidad radial de la binaria espectroscópica de doble línea HD 30090. Imagen: R. F. Griffin.

Eclipsantes: cuando el plano orbital de la binaria es paralelo o prácticamente paralelo a nuestra línea de visión, las estrellas pueden pasar una por delante de la otra, produciéndose un eclipse. Estos eclipses se pueden medir como una disminución del brillo de la estrella que se va repitiendo periódicamente. Habitualmente se pueden observar dos series de eclipses, una con mayor disminución

de brillo, que ocurre cuando la estrella más débil eclipsa a la más brillante, y otra con un eclipse menos profundo, cuando la estrella eclipsada es la secundaria (figura 11). Mediante el cálculo de órbitas eclipsantes sólo se puede determinar el periodo, la excentricidad, la inclinación y el argumento del periastro, pero se pueden obtener otros parámetros extra como el cociente entre las luminosidades de las componentes, los cocientes entre los radios de las estrellas y el semieje mayor, la intensidad de la atracción gravitatoria en sus superficies, o su velocidad rotacional. Esto hace que este tipo de binarias sean especialmente interesantes.

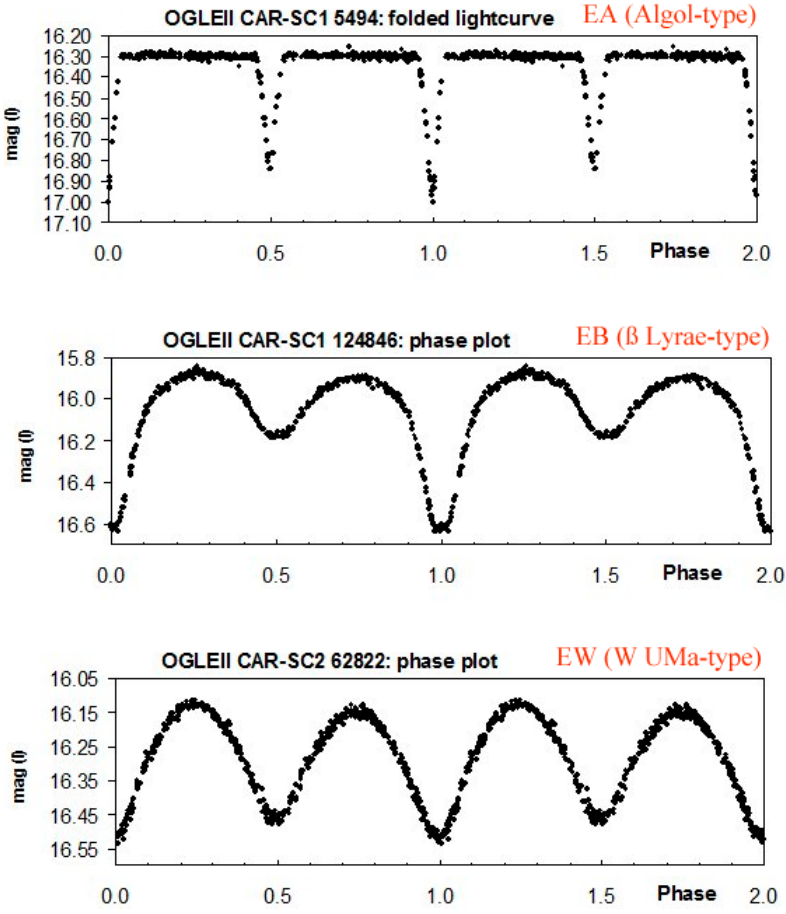


Figura 11: eclipses de tres estrellas. Imagen: S. Hümmerich, K. Bernhard, G. Srdoc.

Si se puede observar una binaria con varias técnicas podemos obtener más información sobre el sistema. Por ejemplo, si tenemos un sistema a la vez visual y espectroscópico, con la inclinación de la órbita visual se puede calcular el semieje lineal, en unidades de distancia, y con el semieje angular se puede determinar la distancia al Sistema Solar. Además, con la suma de las masas derivada de la órbita visual, la inclinación y la función de masas de la órbita espectroscópica, se pueden obtener las masas individuales de las componentes.

Las binarias que están más separadas entre sí son fáciles de observar como visuales, pero su velocidad orbital es menor, por lo que son más difíciles de ver como espectroscópicas. Además, los eclipses se producen con menor frecuencia. Las estrellas más próximas tienen una separación angular menor, así que son más difíciles de ver como visuales, pero su velocidad orbital es mayor y los eclipses más frecuentes. También cuanto menor es la inclinación del plano orbital con respecto a nuestra línea de visión mayor es la componente radial de la velocidad orbital, y más probable será que se produzcan eclipses. Visto esto, es fácil que un sistema se pueda observar a la vez como espectroscópica y eclipsante, aunque debido a la baja inclinación que requieren los eclipses la proporción sobre el total de binarias será muy baja. La introducción de técnicas de alta resolución para la observación de binarias cada vez más próximas, y el desarrollo de espectrógrafos más potentes, capaces de medir velocidades más pequeñas, ha hecho que cada vez haya más visuales-espectroscópicas, visuales-eclipsantes, e incluso estrellas pertenecientes a los tres tipos.

3. Sistemas múltiples

Cuando tenemos sistemas con tres o más componentes en principio ya no podemos utilizar el modelo de dos cuerpos para estudiarlo. Para poder determinar cómo se mueven las estrellas en el sistema es necesario resolver un problema de n cuerpos, siendo n el número de componentes. Esto no es sencillo, y requiere aplicar técnicas matemáticas avanzadas, bien para resolver las ecuaciones, o para obtener una aproximación a la solución.

Sin embargo, hay configuraciones de sistemas que facilitan su estudio. Cuando podemos dividir el sistema en subgrupos de forma que la distancia entre las componentes del subgrupo es mucho menor que la distancia a otros subgrupos, hablamos de sistemas jerárquicos. Por ejemplo, si tenemos una estrella triple con dos estrellas muy próximas entre sí y una mucho más separada, que formaría

una jerarquía 2+1. Otro ejemplo sería un sistema cuádruple con dos grupos muy separados entre sí, una jerarquía 2+2 (figura 12). Un caso real paradigmático es Cástor, la segunda estrella más brillante de la constelación de Géminis, un sistema séxtuple con jerarquía 2+2+2, es decir, tres grupos de dos estrellas muy separados entre sí.

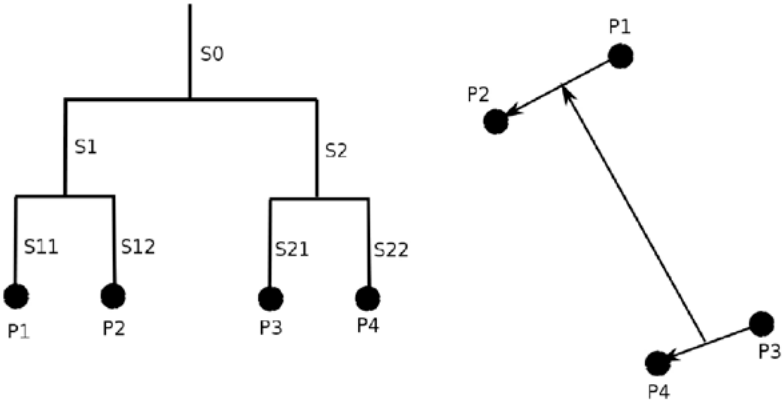


Figura 12: esquema de un sistema jerárquico con 2+2 componentes. Imagen: elaboración propia.

En el caso de sistemas jerárquicos, se puede utilizar la teoría de perturbaciones para formular el problema de n cuerpos de una forma más simple y que sea más fácil de resolver. Además, a corto plazo cada subsistema se puede tratar como un problema de dos cuerpos para determinar las propiedades físicas de las estrellas, aunque para su estudio a largo plazo es necesario considerar todo el sistema.

4. Nuevos avances en la investigación en binarias

En la actualidad, la investigación en binarias está muy viva y tiene sinergias con muchos otros campos. En lo que sigue se comentarán solamente algunos de ellos, con algunas referencias a artículos relevantes.

Por un lado, continúan los programas de observación de binarias mediante técnicas de alta resolución [1][2]. El objetivo es poder determinar sus órbitas y sus características astrofísicas [3], buscando en muchas ocasiones binarias que puedan ser observadas mediante varias técnicas [4][5] y también sistemas múltiples [6].

En 1989, la Agencia Espacial Europea (ESA) lanzó el telescopio espacial Hipparcos. Su misión era medir los datos astrométricos de un

gran número de estrellas. El catálogo resultante contenía la paralaje de más de cien mil estrellas. Estas paralajes han servido para complementar de forma excepcional la investigación en estrellas dobles. No sólo eso, sino que también Hipparcos fue capaz de detectar miles de nuevos sistemas múltiples. El éxito de esta misión llevó a la ESA a plantear su sucesora, Gaia (figura 13), que acaba de finalizar sus observaciones.

En la tercera liberación de datos de la misión se daban los datos astrométricos y fotométricos de cerca de 1500 millones de fuentes, además de datos adicionales de objetos específicos. Entre ellos tenemos cientos de miles de nuevas binarias descubiertas, además de órbitas espectroscópicas y astrométricas de muchas de ellas [7][8][9]. La cuarta liberación de datos de Gaia, que se habrá producido justo antes de la publicación de este artículo, tiene previsto proveer astrométricos y fotométricos de unos 3000 millones de fuentes, además de información complementaria de objetos especiales. Con respecto a binarias encontraremos probablemente millones de nuevas binarias descubiertas, y soluciones orbitales espectroscópicas y eclipsantes de cientos de miles de ellas.

Además de esto muchos grupos de investigación están descubriendo y caracterizando nuevas binarias a partir de los datos de Gaia [10][11][12][13][14][15].

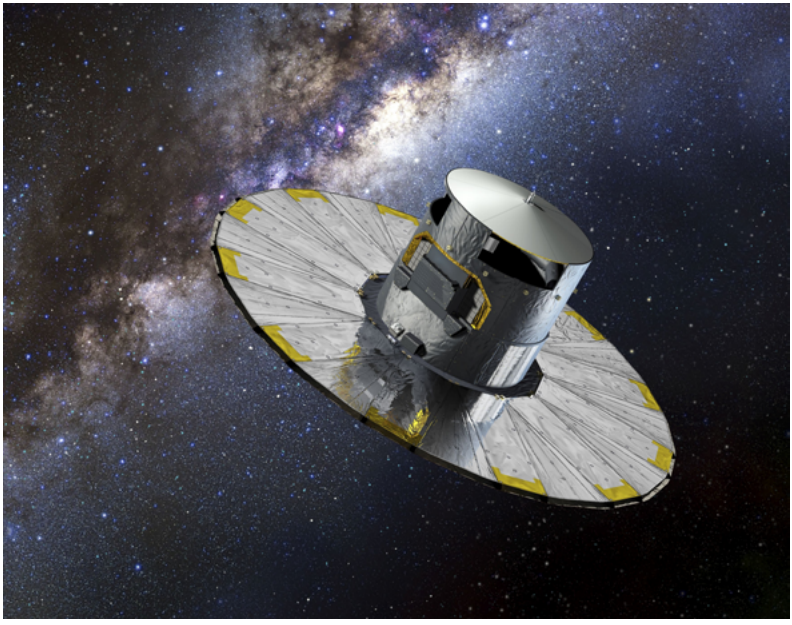


Figura 13: recreación artística de Gaia en el espacio. Imagen: ESA–D. Ducros

Otro ámbito en el que las binarias están muy relacionadas es el de los planetas extrasolares. De hecho, muchas de las técnicas para la detección de estos objetos provienen directamente de la investigación en binarias. A fin de cuentas, se trata de cuerpos moviéndose por efecto de la atracción gravitatoria, la diferencia es que el planeta va a ser mucho más pequeño que la estrella y no emite luz propia, sino que refleja la que le llega de la estrella, por lo que necesitamos instrumentación mucho más sensible para detectarlos. Es por ello que, pese a que ya se sabía que eventualmente se llegaría a detectar estos objetos, no fue hasta comienzos de los años 90 del siglo pasado cuando se produjeron los primeros descubrimientos.

La investigación en binarias entra aquí en varias cuestiones fundamentales. La primera es: ¿es posible que existan planetas en sistemas múltiples? La pregunta no es baladí, viendo el gran número de este tipo de sistemas en nuestra galaxia. Ahora sabemos que la respuesta es sí, de hecho, se han detectado planetas en Próxima Centauri (figura 14) [16][17][18], la estrella más cercana al sistema solar, y que forma parte de un sistema triple. Pero años antes del primer descubrimiento ya se estaban realizando trabajos teóricos en mecánica celeste tratando de determinar en qué condiciones eran posibles estos sistemas.

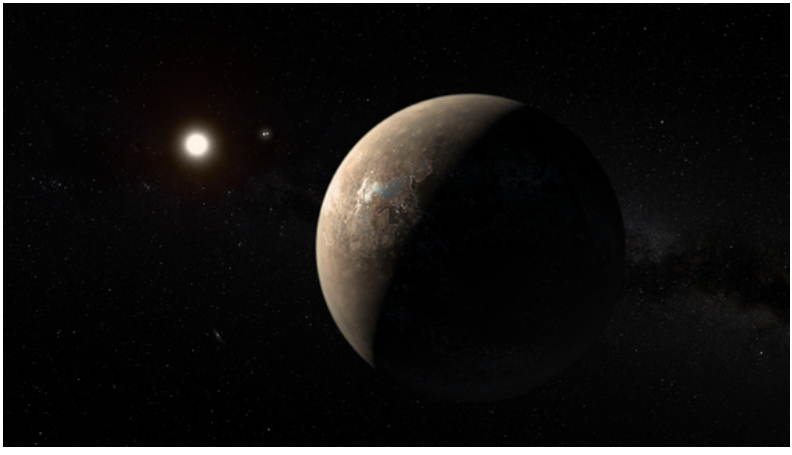


Figura 14: representación artística de Próxima b, el primer planeta orbitando a la estrella Próxima Centauri, que forma parte del sistema triple α Centauri. Próxima es visible a la izquierda del planeta, y las otras dos componentes se pueden ver a la derecha de esta última. Imagen: ESO/M. Kornmesser. CC BY 4.0.

Las investigaciones determinaron que había tres tipos de soluciones posibles en un sistema binario (figura 15) [19]:

- Órbitas tipo S: también llamadas de tipo satélite, el planeta orbita a una de las componentes.
- Órbitas tipo P: o de tipo planetario, el planeta gira en torno a ambas componentes.
- Órbitas tipo L: el planeta se encuentra en unos de los puntos de Lagrange triangulares con respecto a las dos estrellas, de la misma forma que los asteroides troyanos acompañan a Júpiter en su órbita en torno al Sol, por eso se les llama también órbitas troyanas o tipo T.

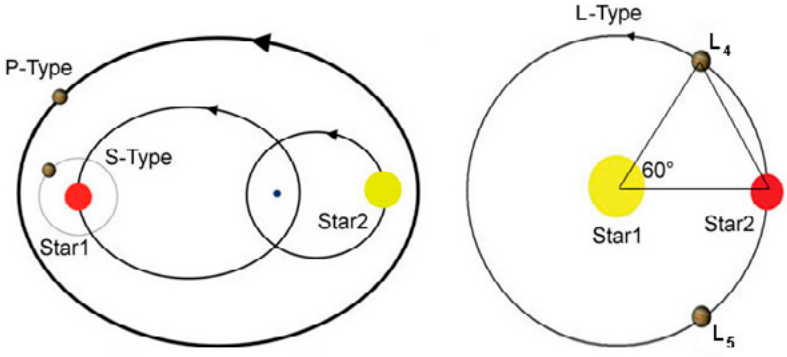


Figura 15: tipos de órbitas planetarias en sistemas binarios. Imagen: R. Schwarz.

Hay que notar que no todas las órbitas planetarias son posibles. Las órbitas tipo S sólo son estables hasta una determinada distancia de la estrella en torno a la que gira el planeta, a partir de la cual la influencia de la otra estrella rompería el sistema. Para las órbitas tipo P por debajo de una distancia mínima a las dos estrellas las órbitas planetarias serían también inestables y acabarían por escapar del sistema. En la determinación de estas distancias influye en gran medida la excentricidad de la binaria [20]. Las órbitas de tipo L requieren de una distribución de masas entre las componentes de la binaria muy restrictiva para ser estables, por lo que habrá muy pocas de este tipo [21].

Las órbitas de tipo S son más fáciles de detectar, así que el mayor número de planetas en binarias conocidos son de ese tipo. Las de tipo P, al tener que estar el planeta más lejos de las estrellas, producen una señal más baja y son más difíciles de observar. Las órbitas de tipo L son más inestables, por lo que habrá muchos menos planetas en esta configuración, y sólo recientemente se han podido descubrir una estrella (no binaria) con dos planetas en esa configuración [22].

Posteriormente se planeta otra cuestión: ¿cómo afecta a la habitabilidad del planeta el hecho de formar parte de un sistema múltiple? Los estudios indican que hay que considerar primero el tipo de órbita que tiene el planeta, de forma que para una órbita de tipo S la mayor influencia proviene como cabría esperar de la estrella en torno a la que gira el planeta, aunque la otra estrella, si está lo bastante próxima, puede distorsionar de forma significativa la zona habitable (ZH, figura 16). Para estrellas de tipo P las dos estrellas suman sus emisiones para establecer la ZH. La excentricidad de la órbita de la binaria, junto con su semieje mayor, jugarán un papel determinante en la forma y extensión de esta zona [23][24][25][26].

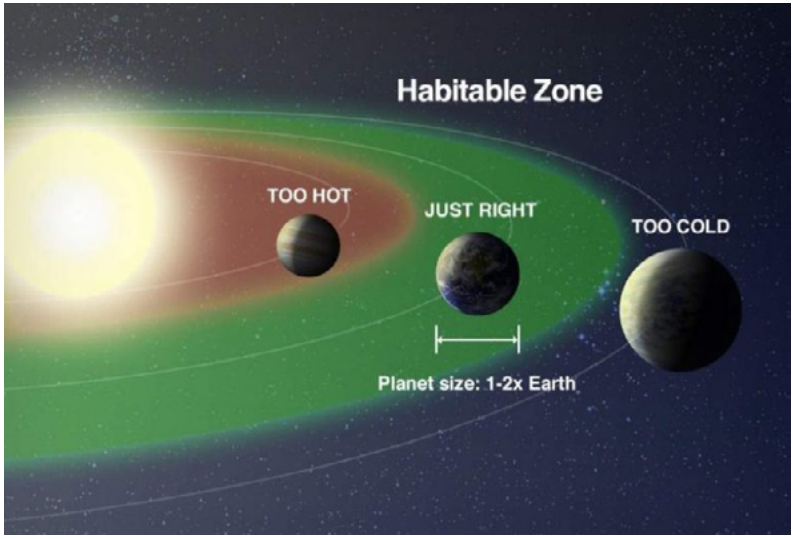


Figura 16: esquema de la zona habitable en torno a una estrella. La región coloreada de verde sería en la que un planeta podría tener agua líquida en su superficie. Más cerca de la estrella el agua se evaporaría completamente, mientras que más lejos estaría completamente congelada. Imagen: NASA.

Además de todo lo expuesto anteriormente, una vez hemos detectado un planeta en una binaria, es necesario conocer la órbita de ésta para poder estudiar a largo plazo las condiciones de estabilidad y habitabilidad de dicho planeta.

Otro ámbito en el que influyen las binarias es en de las estrellas evolucionadas, que es uno de los campos de investigación que se desarrollan en el Observatorio Astronómico Nacional. Las estrellas cambian con el tiempo, y, dependiendo de su masa, el camino evolutivo será distinto. Para estrellas de masa baja e intermedia (entre 0,5 y 8 veces la masa solar), después de su formación a partir de una nube de gas la estrella entra en la secuencia principal del diagrama de Hertzsprung-Russell (diagrama HR), en la que

pasará la mayor parte de su vida produciendo energía a través de la fusión del hidrógeno en el núcleo de la estrella para producir helio. Este proceso se da fundamentalmente a través de la reacción llamada cadena protón-protón.

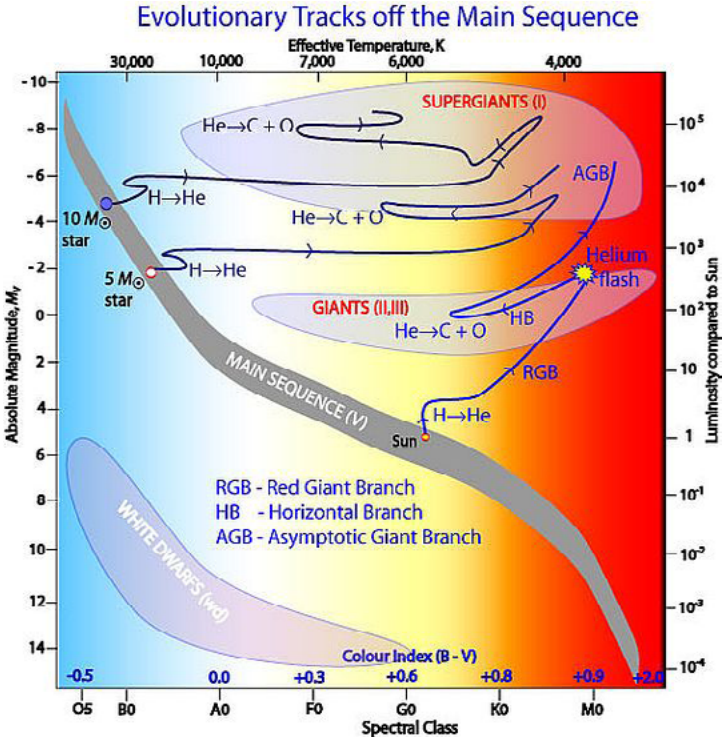


Figura 17: diagrama HR y caminos evolutivos del Sol y de otras estrellas. Imagen: Robert Hollow, Commonwealth Science and Industrial Research Organisation (CSIRO), Australia.

Cuando se agota el hidrógeno en el núcleo, comienza a fusionarse en una envoltura que lo rodea a través del ciclo CNO, de forma que la envoltura de la estrella se expande y se enfría, volviéndose rojiza. Esta fase se llama la rama de las estrellas gigantes rojas (RGB, por sus siglas en inglés), y a medida que la estrella se adentra en ella aumenta la presión sobre el núcleo. Cuando la presión es lo suficientemente alta, el helio del núcleo comienza a fusionarse para producir carbono y oxígeno, a través del proceso triple α, entrando en la rama horizontal (HB), en la que va aumentando progresivamente su luminosidad, pero manteniendo su tamaño. Una vez finaliza la fusión del helio en el núcleo, éste comienza a fusionarse en una envoltura que rodea al núcleo, mientras que en otra envoltura más externa comienza la fusión del hidrógeno. Esto hace que la estrella vuelva a crecer, y a enfriarse su superficie, pasando la estrella a la llamada rama asintótica de las gigantes

(AGB). En esta fase, las estrellas expulsan masa de su envoltura en forma de vientos estelares, lo que produce una envoltura de gas y polvo que rodea a la estrella. Eventualmente, la estrella acabará expulsando su envoltura para formar una nebulosa planetaria, que se irá expandiendo y enfriando con el tiempo. El núcleo quedará expuesto, formando lo que se conoce como una enana blanca, el remanente degenerado que ya no produce energía y que se va enfriando lentamente. En la figura 17 se puede ver un esquema del diagrama HR y de este camino evolutivo.

Las binarias juegan aquí varios papeles importantes. Por un lado, la pérdida de masa por parte de la estrella evolucionada afectará a la evolución física y dinámica del sistema [27][28][29][30]. Si la compañera es una enana blanca, la materia puede comenzar a acretarse en su superficie, formando una envoltura de hidrógeno que va aumentando su temperatura hasta que se desencadena un proceso de fusión de ese hidrógeno, causando una brillante explosión llamada nova [31]. Si la acreción de materia en la compañera hace que ésta supere un límite de masa, llamado masa de Chandrasekhar, se produce la fusión nuclear del carbono de la enana blanca, destruyéndose ésta en una gigantesca explosión conocida como supernova de tipo Ia [32].

Otro escenario en el que intervienen las binarias es en la formación de las nebulosas planetarias. En una estrella aislada que sufre este proceso, la nebulosa resultante tendría una forma esférica. Sin embargo, hay muchas nebulosas que muestran formas no esféricas (figura 18), y se cree que la gran variedad de formas y estructuras observadas es producida por la presencia de otras estrellas [33][34][35][36].

También se pueden encontrar binarias formadas por los restos degenerados de estrellas de masa alta, como son las estrellas de neutrones y los agujeros negros [37]. Los sistemas binarios formados por dos objetos de estos tipos han cobrado especial relevancia en los últimos años pues son una de las fuentes de ondas gravitatorias que se han comenzado a detectar recientemente y que han abierto un nuevo campo de investigación en astronomía.

Conclusión

El estudio de las estrellas dobles es uno de los campos de investigación en astronomía más importantes, y que afecta a muchos otros. Desde las primeras observaciones de William Herschel en el siglo XVIII hasta la actualidad, las técnicas de observación se han desarrollado en gran medida, llevándonos al descubrimiento de objetos inaccesibles en aquella época, como los planetas extrasolares y los agujeros negros binarios. Su estudio nos ha permitido obtener los parámetros físicos de los diferentes tipos de estrellas y determinar su evolución, así como estudiar la estabilidad y habitabilidad de sistemas planetarios. La incorporación de datos obtenidos por la misión Gaia hará que en los próximos años nuestro conocimiento de este tipo de sistemas aumente de forma exponencial.

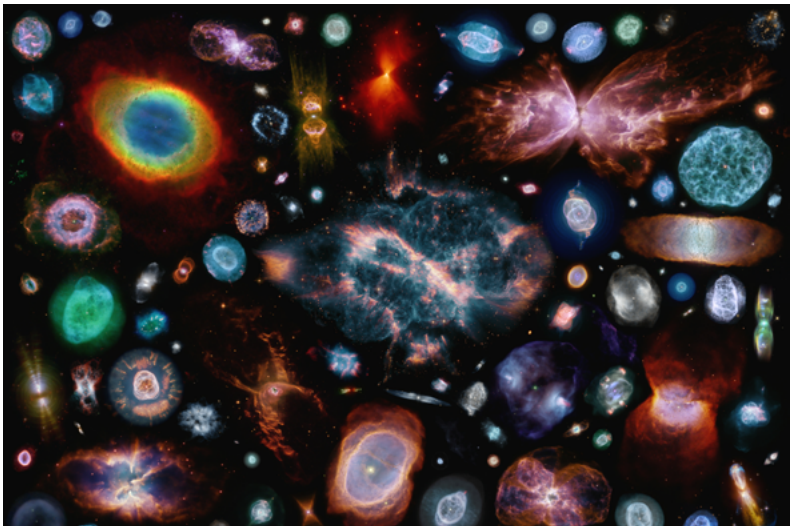


Figura 18: imágenes de cien nebulosas planetarias mostrando la gran variedad de morfologías u estructuras que presentan. Imagen: NASA/ESA/Judy Schmidt, CC BY-NC 3.0

Bibliografía básica

Couteau, P. Esos astrónomos locos por el cielo o la historia de la observación de las estrellas dobles. Universidade de Santiago de Compostela, 2013, ISBN 9788415876724.

Docobo, J. A. Estrellas dobles. Ed. Equipo Sirius S.A., 1992, ISBN 9788486639617.

Heintz, W. D. Double stars. D. Reidel Publishing Company, 1978, ISBN 9789027708854.

Recursos online

- IAU double star center: página del United States Naval Observatory que contiene los catálogos de estrellas dobles visuales, sus medidas y sus órbitas elaborados por esta entidad.
  https://crf.usno.navy.mil/wds
- The eXtended Catalogue of Spectroscopic Binary Orbits (SBX): catálogo de órbitas de estrellas dobles espectroscópicas de la Université Libre de Bruxelles.
  https://astro.ulb.ac.be/sbx/

- Catálogo de órbitas y efemérides de estrellas dobles visuales compilado en el Observatorio Astronómico Ramón María Aller de la Universidade de Santiago de Compostela.
  https://www.usc.gal/gl/servizos/observatorio-astronomico/catalogo-estrelas-dobres
- Página de la ESA dedicada a la misión Gaia.
  https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Gaia
- Archivo de Gaia: página en la que se puede consultar todos los datos proporcionados por Gaia.
  https://gea.esac.esa.int/archive/
- Catálogo de planetas extrasolares de l'Observatoire de Paris.
  https://exoplanet.eu
- Catálogo de exoplanetas de NASA Exoplanet Science Institute.
  https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/
- The Habitable Zone Gallery: página para visualizar las zonas habitables de estrellas con planetas.
  https://www.hzgallery.org

Referencias

[1] Méndez, R. A. et al. Southern Binaries with the Zorro Speckle Camera @ Gemini South. 2025. The Astronomical Journal, Volume 169, Issue 4, id.226, 23 pp.

[2] Tokovinin, A. et al. Speckle Interferometry at SOAR in 2024 and 2025. 2026. The Astronomical Journal, Volume 172, Issue 1, id.8, 14 pp.

[3] Docobo, J. A. et al. 22 Orbits of Binaries Based on SOAR Speckle Observations: Systems with Early Type Components. 2026. The Astronomical Journal, Volume 172, Issue 2, id.133, 10 pp.

[4] Docobo, J. A. et al. A Study of Eight Visual-spectroscopic Southern Binaries Using Recent SOAR Observations. 2023. The Astronomical Journal, Volume 166, Issue 5, id.211, 15 pp.

[5] Majewski, S. R. Characterizing TESS-identified Quadruple- and Higher-order Eclipsing Binaries. I. Speckle Imaging with DSSI and HRCam. 2025. The Astrophysical Journal, Volume 994, Issue 1, id.133, 16 pp.

[6] Tokovinin, A. Orbits of Twelve Multiple Stars. The Astronomical Journal, Volume 171, Issue 2, id.109, 15 pp.

[7] Halbwachs, J.-L. et al. Gaia Data Release 3. Astrometric binary star processing. 2023. Astronomy & Astrophysics, Volume 674, id.A9, 14 pp.

[8] Holb, B. et al. Gaia Data Release 3. Astrometric orbit determination with Markov chain Monte Carlo and genetic algorithms: Systems with

stellar, sub-stellar, and planetary mass companions. 2023. Astronomy & Astrophysics, Volume 674, id.A10, 27 pp.

[9] Gosset, E. et al. Gaia Data Release 3: Spectroscopic binary-star orbital solutions. 2025. Astronomy & Astrophysics, Volume 693, id.A124, 48 pp.

[10] Chevalier, S. et al. Binary masses and luminosities with Gaia DR3. 2023. Astronomy & Astrophysics, Volume 678, id.A19, 12 pp.

[11] Medan, I.; Lépine, S. Detecting New Visual Binaries in Gaia DR3 with Gaia and Two Micron All Sky Survey (2MASS) Photometry. I. New Candidate Binaries within 200 pc of the Sun. 2023. The Astronomical Journal, Volume 166, Issue 6, id.218, 21 pp.

[12] Pérez Couto, X. et al. Methodology for obtaining the relative orbit and individual masses of Gaia astrometric binaries. 2024. Astronomy & Astrophysics, Volume 682, id.A12, 6 pp.

[13] Castro Ginard, A. et al. Gaia DR3 detectability of unresolved binary systems. 2024. Astronomy & Astrophysics, Volume 688, id.A1, 11 pp.

[14] Li, J. et al. Millions of main-sequence binary stars from Gaia BP/RP spectra. 2025. Astronomy & Astrophysics, Volume 704, id.A126, 18 pp.

[15] Liao, S. et al. Constraining the inclination of binary system orbits with the astrometric excess noise from Gaia DR3. 2026. Astronomy & Astrophysics, Volume 710, id.A398, 11 pp.

[16] Anglada Escudé, G. et al. A terrestrial planet candidate in a temperate orbit around Proxima Centauri. 2016. Nature. 536 (7617): 437–440.

[17] Damasso, M. et al. A low-mass planet candidate orbiting Proxima Centauri at a distance of 1.5 AU. 2020. Science Advances. 6 (3) eaax7467.

[18] Faria, J. P. et al. A candidate short-period sub-Earth orbiting Proxima Centauri. 2022. Astronomy & Astrophysics, Volume 658, id.A115, 16 pp.

[19] Dvorak, R. Numerical Experiments on Planetary Orbits in Double Stars. 1984. Celestial Mechanics 34, pp. 369–378.

[20] Holman, M. J.; Wiegert, P. A. Long-Term Stability of Planets in Binary Systems. 1999. The Astronomical Journal, Volume 117, Issue 1, pp. 621-628.

[21] Dvorak, R. et al. On the dynamics of Trojan planets in extrasolar planetary systems. 2008. Exoplanets: Detection, Formation and Dynamics. Ed. Byu Yi-Sui Sun, Sylvio Ferraz-Mello, and Ji-Lin Zhou. Vol. 249. IAU Symposium, pp. 461–468.

[22] Balsalobre Ruza, O. et al. Tentative co-orbital submillimeter emission within the Lagrangian region L5 of the protoplanet PDS 70 b. 2023. Astronomy & Astrophysics, Volume 675, id.A172, 8 pp.

[23] Cuntz, M. S-type and P-type habitability in stellar binary systems: a comprehensive approach. I. Method and applications. 2014. The Astrophysical Journal, Volume 780, Number 1, p. 14.

[24] Cuntz, M. S-Type and P-Type Habitability in Stellar Binary Systems: A Comprehensive Approach. II. Elliptical Orbits. 2015. The Astrophysical Journal, Volume 798, Number 2, p.101.

[25] Wang, Z.; Cuntz, M. Fitting Formulae and Constraints for the Existence of S-type and P-type Habitable Zones. 2017. The Astronomical Journal, Volume 154, Issue 4, article id. 157, 13 pp.

[26] Wang, Z.; Cuntz, M. S-Type and P-Type Habitability in Stellar Binary Systems: A Comprehensive Approach III. Results for Mars, Earth, and super-Earth Planets. 2019. The Astrophysical Journal, Volume 873, Number 2, p. 113.

[27] Bujarrabal, V. et al. High-resolution observations of the symbiotic system R Aqr. Direct imaging of the gravitational effects of the secondary on the stellar wind. 2018. Astronomy & Astrophysics, Volume 616, id.L3, 6 pp.

[28] Galardo Cava, I. et al. Chemistry of nebulae around binary post-AGB stars: A molecular survey of mm-wave lines. 2022. Astronomy & Astrophysics, Volume 659, id.A134, 25 pp.

[29] Bujarrabal, V. et al. The very compact dust disk in the Red Rectangle. 2023. Astronomy & Astrophysics, Volume 677, id.L18, 6 pp.

[30] Gómez Garrido, M. et al. Continuum and molecular emission from the inner regions of the symbiotic system R Aquarii. 2024. Astronomy & Astrophysics, Volume 689, id.A317, 17 pp.

[31] Darnley, M. J. On the progenitors of galactic novae. 2012. The Astrophysical Journal, Volume 746, Number 1, p. 61.

[32] Mazzali, P. A. et al. A Common Explosion Mechanism for Type Ia Supernovae. 2007. Science, Vol 315, I. 5813, pp. 825-828.

[33] Jones, D. et al. The short orbital period binary star at the heart of the planetary nebula M 3-1. 2019. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters, Volume 482, Issue 1, p.L75-L79.

[34] Munday, J. et al. The post-common-envelope binary central star of the planetary nebula ETHOS 1. 2020. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 498, Issue 4, pp.6005-6012.

[35] Santander García, M. et al. The ionised and molecular mass of post-common-envelope planetary nebulae. The missing mass problem. 2022. Astronomy & Astrophysics, Volume 658, id.A17, 20 pp.

[36] De Marco, O. et al. The messy death of a multiple star system and the resulting planetary nebula as observed by JWST. 2022. Nature Astronomy, Volume 6, p. 1421-1432.

[37] Kotko, I. et al. The enigmatic origin of two dormant BH binaries: Gaia BH1 and Gaia BH2. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 535, Issue 4, pp.3577-3594.

[38] Kupfer, T. et al. LISA Galactic Binaries with Astrometry from Gaia DR3. 2024. The Astrophysical Journal, Volume 963, Issue 2, id.100, 14 pp.

Cuando el Sol se pone

Testimonio de una trayectoria de medio siglo en la astronomía

Rafael Bachiller

Astrónomo y director del Observatorio Astronómico Nacional (IGN)

Subir a ver la puesta de sol e intentar ver el rayo verde es una costumbre que, supongo, sigue viva en muchos observatorios: al atardecer, antes de iniciar una noche de observaciones, los astrónomos suelen ir a un punto del propio centro desde el que se divise bien el ocaso y, si la atmósfera está perfectamente diáfana, tratar de observar el rayo verde. Los observatorios están emplazados en enclaves magníficos, y he tenido la fortuna de participar en esta ceremonia en Pico Veleta, Plateau de Bure, Pic du Midi, Haute Provence, La Silla o Paranal, entre otros. Es un momento mágico que siempre me ha cautivado; uno se siente verdaderamente suspendido sobre la superficie de un planeta. Es un tiempo para la reflexión, para ponderar la actividad pasada y para planificar las observaciones de la noche venidera.

También he disfrutado de esa misma sensación desde lo alto de muchas otras montañas en mi tiempo libre, sobre todo en los picos de los Alpes. Volver la vista atrás y rememorar mi vida profesional -una trayectoria tan afortunada y repleta de acontecimientos que la memoria no logra abarcar en unas cuantas líneas- es un poco como contemplar esos paisajes inmensos que la mirada no alcanza a cubrir por completo. Este es también un momento idóneo para considerar las grandes posibilidades que ofrece el futuro para una institución tan excelente como el Observatorio Astronómico Nacional, a la que he servido con toda mi alma, ahora, cuando el Sol se pone en mi carrera.



Puesta de sol en el Observatorio de Cerro Paranal, desierto de Atacama, Chile | ESO

1. Francia

Asomado a la ventanilla de ese tren que corre por las llanuras del Rosellón y del Gard, experimento una mezcla de timidez y pequeño espíritu aventurero. Es la primera vez que salgo al extranjero, y lo hago con el fin de comenzar mi tesis doctoral en Grenoble, donde el CNRS y la Sociedad Max Planck acaban de establecer el IRAM. Corría el año 1980. Había llegado a interesarme por la astronomía gracias a los cielos impolutos que había disfrutado en mi niñez en Arganda del Rey, en un ambiente rural y muy modesto. Las matemáticas y la física se me dieron bien en el bachillerato y eso me llevó a comenzar la carrera de Físicas en la Complutense en el año 1974, con la ingenua ilusión de comprender cómo funcionaba la naturaleza, de qué estaba hecha la materia y el universo.

Tras completar las especialidades en Física Fundamental y Astrofísica, que cursé simultáneamente, tuve varias ofertas para salir a realizar una tesis en el extranjero. Elegí la propuesta de Jesús Gómez González, quien, por aquel entonces, se esforzaba junto a Alberto Barcia en hacer funcionar el radiotelescopio de 14 metros que se acababa de erigir en el Observatorio de Yebes, que acabaría siendo un pilar para desarrollar la radioastronomía en España.

Grenoble era un sitio excepcional para formarse. El IRAM, recién establecido en la villa alpina, aglutinaba los intereses de astrónomos franceses y alemanes por desarrollar la astronomía de ondas milimétricas y estaba embarcado en el diseño de un interferómetro de tres antenas de 15 metros de diámetro (¡actualmente tiene doce!) y de un radiotelescopio de 30 metros. Para el interferómetro se había elegido como emplazamiento el Plateau de Bure, cerca de Gap, en los Alpes del sur; para el radiotelescopio de 30 metros se había localizado un sitio excelente en la ladera de Dílar, en el Pico Veleta, en Sierra Nevada. La sede central del IRAM ocupaba provisionalmente unos barracones en el *Polygone scientifique* de Grenoble, esperando a que se construyese su edificio definitivo en el campus universitario.



El interferómetro POM en Burdeos hacia 1980. | Observatorio de Burdeos

En torno al IRAM, en el Centro de Estudios e Investigaciones sobre las Moléculas Organizadas (CERMO) de la Universidad de Grenoble, se estaba formando un pequeño grupo de radioastrónomos liderado por Alain Omont. Allí llegaron Robert Lucas, Stéphane Guilloteau, Claudine Kahane y, algo después, Thierry Forveille, para realizar sus tesis doctorales en radioastronomía. Este grupo fue el germen de lo que después sería el Observatorio de Grenoble y de lo que hoy se conoce como IPAG (Instituto de Planetología y de Astrofísica de Grenoble).

Por otro lado, en el Observatorio de Burdeos se había construido en la década de 1970 un prototipo de interferómetro de ondas milimétricas, la *Petite Opération Millimétrique* (POM), consistente en dos antenas de 2,5 metros de diámetro, separadas por 64 metros, que sirvieron inicialmente para observar el Sol a 8 mm de longitud de onda. Estas antenas también debían servir como banco de pruebas para el desarrollo de la interferometría milimétrica en el IRAM. La primera de ellas (POM1) estaba empezando a funcionar, en modo "antena única" con un receptor refrigerado y amplificadores paramétricos en 1980. Era un excelente campo de entrenamiento para la observación espectroscópica de moléculas interestelares a 3 mm de longitud de onda (como los isotopólogos del monóxido de carbono). Este fue, precisamente, el instrumento elegido para mi tesis doctoral.



De izquierda a derecha: Rafael Bachiller, José Cernicharo y Jesús Martín-Pintado, en Bonn, 1981, con motivo del YERAC. | RB

Cuando llegué a Grenoble, Pepe Cernicharo estaba ya trabajando en París, bajo la supervisión de Michel Guélin, estudiando las nubes oscuras de Tauro. Tras consultarlo Omont con Guélin, a mí me asignaron las nubes de Perseo, que parecían formar estrellas algo más masivas. Sería interesante comparar las condiciones y la formación estelar en estas dos regiones bastante diferentes. En palabras de Michel, estas nubes próximas a la asociación Per OB2 pasarían a ser, durante varios años, "mi imperio".

Y así fue: efectivamente durante varios años (la mía fue una larga *thèse d'État*) me apliqué a compilar toda la información posible de estas nubes y a observarlas primero con POM1 y luego desde Nançay, Onsala o Effelsberg, entre otros centros. Junto con Pepe, pasamos largas horas contando estrellas, en el Observatorio de Meudon, con un microscopio sobre las placas fotográficas del *Palomar Observatory Sky Survey* (POSS). A partir de los conteos de estrellas era posible elaborar mapas de la extinción visual y, por tanto, la densidad de columna de polvo y de hidrógeno molecular, a lo largo de la línea de mirada. Este trabajo me dio la ocasión de conocer París en estancias intercaladas entre mis numerosos viajes Grenoble-Burdeos, a menudo en compañía de Claudine o de Robert. Más adelante, a partir de 1983, visité varias veces EE.UU. para realizar observaciones desde los observatorios de Texas, Green Bank y Amherst.

Fue una época de gran crecimiento tanto personal como profesional. En lo personal, inicié mi íntima relación con la cultura francesa que todavía mantengo, y en lo profesional tuve ocasión de conocer a grandes nombres de la radioastronomía, tanto en Grenoble como en París y en Burdeos. Me resultaba impresionante conocer en persona a los autores de aquellos artículos que yo estudiaba aplicadamente y que tomaba como modelo para mis propios trabajos.

Durante mi tesis, sobre las placas fotográficas del POSS identifiqué algunas nubes que son hoy en día famosas en astrofísica: Barnard 1 (B1), L1448 o IC348 eran regiones hasta entonces prácticamente desconocidas y sobre las que realicé las primeras observaciones monográficas en radioastronomía. De hecho, mi primer artículo en A&A, en colaboración con Pepe Cernicharo, se publicó en 1984 bajo el título "Molecular observations of Barnard 1: a dense globule in Perseus" (A&A, 1984, 140, 414). A este artículo siguieron algunos otros sobre las nubes de Perseo hasta que, finalmente, el 25 de junio de 1985, defendí mi tesis, cuyos argumentos principales fueron la abundancia de CO (medida a partir de las observaciones de ondas de radio y de los conteos de estrellas) y el estudio detallado de algunas de esas nubes oscuras de Perseo.

Trece días antes de la defensa de mi tesis, el 12 de junio de 1985 en Madrid, España había firmado su adhesión a la Comunidad Económica Europea. Eran tiempos en los que mi generación estaba entusiasmada con entrar en Europa y con que España se convirtiera en un país más acorde con los de su entorno. También en ciencia queríamos ser como el resto de Europa.

2. Regreso a España

Mi regreso, en 1985 poco después de defender la tesis, tuvo por objetivo preparar la oposición al cuerpo de astrónomos. Tras aprobarla, ingresé en el Observatorio el 1 de enero de 1986. Mi plaza fija, mi matrimonio, e incluso el paso del cometa Halley, hicieron de este un año muy singular.

Pasaba entonces algún tiempo en Yebes y otro en el Real Observatorio. Era una época de grandes discusiones sobre la orientación que debía seguir el OAN en el futuro: ¿debía dedicarse prioritariamente al infrarrojo utilizando el telescopio de 1,5 metros de Calar Alto o debía orientar su actividad completamente hacia la radioastronomía utilizando el radiotelescopio de 14 metros de Yebes?



El radiotelescopio de 30 metros del IRAM en Pico Veleta | IRAM

En el centro de estos debates, muy pronto y aún siendo muy inexperto, me vi envuelto en una polémica sobre el uso de un ordenador VAX recién adquirido para el Observatorio. Como había trabajado en Francia con estos equipos, a instancias de mis superiores redacté un informe para el Subdirector General del IGN y recomendé instalarlo en Yebes. Por entonces se incorporó Pablo de Vicente a las instalaciones de Yebes y, junto a él, pusimos en marcha este ordenador que supuso un gran avance para nuestros proyectos, entre ellos las observaciones con el radiotelescopio de 14 metros de la línea 1-0 de CS. Según palabras de algún astrónomo veterano, este momento marcó el punto de inflexión definitivo para orientar la institución hacia la radioastronomía.

Entre tanto, continuaba con los trabajos sobre las nubes de Perseo que se iban ampliando a partir de los resultados de mi tesis. Desde el IRAM me invitaron a seguir participando en el commissioning del interferómetro de Bure y allí, donde viajaba cada cierto tiempo, viví una bonita noche de trabajo agotador cuando conseguimos detectar, por vez primera, franjas de interferencias entre la segunda y la tercera antena. Era un hito menor, pues ya se habían detectado franjas entre la primera y la segunda, pero yo lo viví de manera muy emocionante.

Además, en mayo de 1985, pude realizar algunas de las primeras observaciones que se llevaron a cabo con el radiotelescopio de 30-m y que fueron publicadas posteriormente en 1987 (A&A, 173, 324), coincidiendo con la inauguración del observatorio. En efecto, la inauguración, a la que tuve el honor de asistir, tuvo lugar el 14 de septiembre de 1987, en condiciones muy especiales, pues se celebró en el propio observatorio a 2.850 metros de altitud. En todo caso, el telescopio comenzó a funcionar con buena estrella, pues en febrero de ese mismo año habíamos vivido la explosión de la Supernova 1987A, la más brillante vista desde la Tierra en cuatro siglos, y el 30-m se convirtió de inmediato en uno de los telescopios principales para rastrear los restos de la explosión.

Ya establecido a tiempo completo en Yebes, trasladé mi domicilio de Madrid a Guadalajara. Junto a Valentín Bujarrabal y Jesús Martín-Pintado publicamos algunos de los primeros estudios sobre nebulosas protoplanetarias (p. ej.: Bachiller et al. 1988, A&A, 196, L5). Ello me llevó a interesarme por el contenido molecular de las nebulosas planetarias propiamente dichas y a publicar dos estudios novedosos sobre NGC 2346 y la nebulosa de la Lira.

Tan solo otro investigador estaba estudiando entonces moléculas en nebulosas planetarias: Patrick Huggins, de la Universidad de Nueva York. Una petición de tiempo de observación suya y otra mía coincidieron en la misma reunión del Comité de Asignación de Tiempos del IRAM. James Lequeux, miembro por entonces de este comité, nos propuso trabajar

juntos. Así se estableció una de las colaboraciones científicas más fructíferas de mi carrera, en la que además de Patrick también participaron Pierre Cox y Thierry Forveille. Con ellos tres compartí momentos inolvidables en Pico Veleta, Grenoble, París y Nueva York.

Las observaciones de nebulosas planetarias en el 30-m dejaron unos resultados excelentes e, inicialmente, muy sorprendentes. No se esperaba encontrar tal cantidad de material molecular en un ambiente tan sometido a la radiación ultravioleta de la estrella central. Hubo que interpretar que esas capas de material neutro estaban constituidas por grumos muy densos que debían comportarse como minirregiones de fotodisociación. Estas suposiciones se comprobarían algunos años después con las reveladoras imágenes de la nebulosa de la Hélice tomadas por el *James Webb*. Con Patrick habíamos detectado CO en alguno de los miniglóbulos densos más cercanos a la estrella central; fueron resultados muy avanzados.

El prematuro fallecimiento de Patrick, el 30 de enero de 2014 a los 65 años de edad, me dejó un profundísimo sentimiento de pérdida, pues fue, sobre todo, un gran y discretísimo amigo, y un maravilloso ejemplo a seguir tanto en lo profesional como en lo personal.

Aquellos tiempos de finales de los 1980 y principios de los 1990 fueron excepcionalmente fructíferos. Pasé mucho tiempo observando en Yebes, en Plateau de Bure (con POM2) y en Pico Veleta. En 1987-1988, con el 30-m, detecté el magnífico flujo bipolar en L1448 (Bachiller et al. 1990, A&A, 231, 174). Los flujos moleculares habían sido descubiertos en 1980 por Snell et al. (ApJ, 239, 17) y eran un tema de intenso estudio en esos tiempos. Me lancé a buscar otros flujos extraordinariamente colimados, aunque sin abandonar las nebulosas planetarias.



El interferómetro de IRAM, NOEMA, en Plateau de Bure | IRAM

El Observatorio contaba ya con los pesos pesados que desarrollarían una actividad científica excelente desde entonces hasta la actualidad: Javier Alcolea, Asunción Fuente (hoy en el CSIC), Santiago García-Burillo y Mario Tafalla, a quienes he admirado siempre por su profesionalidad. Con Mario realicé numerosos trabajos de colaboración sobre flujos bipolares, y así pude identificar algunas de las protoestrellas más jóvenes de las conocidas, como L1448-mm o IRAS 03282, contribuyendo al estudio inicial de los que acabarían conociéndose como objetos de Clase 0.

3. Veranos en Grenoble

Al hilo de esta intensa actividad, mis colegas de Grenoble (Guilloteau, Forveille y Dutrey) me invitaron en 1992 a pasar un par de meses de verano en la Universidad y el IRAM. Para ello, solicité una comisión de servicio de un mes y utilicé mi mes de vacaciones para trabajar allí con ellos intensamente. Nos desplazamos toda la familia -ya había nacido mi hija mayor- y estas estancias estivales se repetirían durante veinte años. Fueron años sin vacaciones propiamente dichas, pero durante las tardes y los fines de semana encontrábamos tiempo para pasear por la montaña. En Saint-Ismier alquilábamos siempre el mismo caserón vetusto, que tenía un pequeño jardín con vistas a la cordillera de Belledonne. Pronto quedó toda la familia prendada de los Alpes, una relación con esas maravillosas montañas que hemos conservado hasta hoy.



Campus de la Universidad de Grenoble | Dominio público

El renunciar a mis vacaciones estivales durante tantos años tuvo una contrapartida muy valiosa en el plano profesional, pues aquellas estancias eran un hervidero de talento; además de los colegas locales, coincidía con otros visitantes de gran renombre. En el verano de 1995, aproveché esa atmósfera para escribir mi artículo de revisión para el A*nnual Review of Astronomy and Astrophysics* (ARAA, Vol. 34, pág. 111), publicado al año siguiente. En esos meses, libre de las interrupciones habituales del resto del año, lograba una concentración absoluta. Era una época muy eficiente, sumamente productiva y, a la vez, intensamente feliz.

Sin embargo, la cara más amarga de la montaña también nos alcanzó en uno de aquellos veranos. El 1 de julio de 1999 tuvo lugar el trágico accidente del teleférico del Observatorio de Plateau de Bure. A primera hora de la mañana, la cabina que transportaba al personal desde Saint-Étienne-en-Dévoluy hasta el Plateau se desprendió del cable portador y cayó desde una altura de 80 metros, provocando la muerte de las 20 personas a bordo. Asistí a los funerales en representación del IGN, que ya era socio de pleno derecho del IRAM; fueron momentos terribles. Por desgracia, la fatalidad no terminó ahí: tan solo cinco meses después, el 15 de diciembre, otras cinco personas perdieron la vida al enredarse el helicóptero en el que viajaban con los cables del propio teleférico mientras prestaba servicio al observatorio.

4. Alcalá de Henares

En 1995, en cuanto estuvo listo el nuevo edificio del Observatorio en Alcalá de Henares, me establecí en uno de sus flamantes despachos. En aquellos años, tanto por mi actividad científica como por mi creciente involucración en comités internacionales, viajé intensamente.

Un hito importante fue el viaje que realicé a Creta en la primavera de 1998 para participar en la escuela de formación estelar auspiciada por la OTAN. Fue en ese entorno donde conocí a Nanda Kumar, quien poco después se incorporaría a trabajar conmigo en Alcalá como investigador posdoctoral (hoy en Oporto). Por aquella misma época se sumaron al grupo otros destacados postdocs: Claudio Codella (hoy en Arcetri), C. Muthumariappan (hoy en el IIA de Bengaluru) y Eric Josselin (hoy en la Universidad de Montpellier). Aunque mi vinculación con el Observatorio no me brindó la oportunidad de dirigir más que un par de tesis, el trabajo con este grupo de investigadores me proporcionó innumerables alegrías científicas, además de unas sólidas amistades que perduran hasta hoy.




La sede del Observatorio Astronómico Nacional en el campus de la Universidad de Alcalá de Henares en sus primeros tiempos (hacia 1995). | OAN

Con Eric desarrollamos varios estudios sobre nebulosas planetarias, mientras que con Claudio Codella y Nanda Kumar realizamos investigaciones precursoras en el campo de la astroquímica. Nos centramos, concretamente, en las abundancias de aquellas moléculas que se ven enormemente enriquecidas por el impacto de las ondas de choque que generan los flujos eyectados más energéticos. Este fue también el tema que propuse a mi estudiante de tesis, Miguel Pérez Gutiérrez, con quien publiqué algunos de nuestros artículos más citados (por ejemplo: *Bachiller & Pérez Gutiérrez* 1997, *ApJ* 487, L93; y *Bachiller et al*. 2001, A&A 372, 899). Tras las singulares observaciones de monóxido de silicio (SiO), fue fascinante comprobar cómo otras especies como el formaldehído y el metanol multiplicaban su abundancia al paso de estos flujos bipolares. Publiqué varias revisiones (reviews) sobre la materia y fui invitado a presentar estos resultados en varios congresos internacionales.

5. Diseñando ALMA

En diciembre de 1995 acudí al histórico *workshop* internacional sobre ciencia del proyecto LSA (*Large Submillimeter Array*) en la sede de ESO en Garching. El encuentro reunió a las principales instituciones radioastronómicas de Europa -incluido el IRAM- para unificar los criterios científicos y de diseño del LSA europeo, que después se fusionaría con el MMA americano y con el LSMA japonés para dar vida al telescopio global ALMA. Desde aquel congreso, en el que realicé una presentación sobre protoestrellas, quedaría ya ligado durante el resto de mi carrera al desarrollo de este gran observatorio.

En el año 2000 fui designado miembro del ALMA *Scientific Advisory Committee* (ASAC), lo que me permitió participar de manera muy activa en la etapa inicial de definición del telescopio. Estuve muy implicado en la redacción de directrices científicas clave —como las *ASAC Correlator Guidelines* en septiembre de 2001— para el complejo diseño del correlador del interferómetro.



El Comité Científico de ALMA (ASAC) en el lugar elegido para ser el centro del interferómetro el 10 de septiembre de 2001. Esta reunión quedó marcada por los acontecimientos del 11-S. Rafael Bachiller está a la izquierda del todo, y la presidenta del comité, Ewine van Dishoek, está justo a la derecha del lienzo blanco. | ESO

La reunión del ASAC en la que presenté esas directrices se quedaría grabada para siempre en mi memoria, y en la de todos los asistentes. El encuentro tuvo lugar los días 10, 11 y 12 de septiembre de 2001. El primer día de trabajo, el lunes 10, transcurrió con total normalidad en las sesiones de discusión técnica. Sin embargo, la mañana del martes 11 de septiembre transformó por completo el curso de los acontecimientos. Mientras el comité, reunido en el Observatorio de Cerro Calán bajo la presidencia de Ewine van Dishoeck, se disponía a debatir puntos clave del diseño, llegaron las primeras y confusas noticias desde Nueva York sobre los atentados contra las Torres Gemelas del *World Trade Center* y el Pentágono.

Los astrónomos allí atrapados vivimos horas de grandísima incertidumbre. A pesar del ambiente de extrema tensión geopolítica mundial, el comité hizo un esfuerzo extraordinario por completar su labor. De ese dramático encuentro en Chile emanó el informe oficial del ASAC del 12 de septiembre, en el que se validaron los requisitos científicos para el procesado de datos y los del correlador en los que yo había trabajado. De aquel viaje, que incluyó una expedición a la llanura de Chajnantor, se conserva una fotografía en la que todo el comité posamos exactamente en el punto elegido como el centro del *array.*

Mi participación en el ASAC se prolongó hasta 2005, pero seguí ligado al proyecto a través del *European ALMA Board y del Scientific Technical Committee* (STC) de ESO. Posteriormente, desde 2011 hasta 2018, fui miembro titular del *ALMA Board global*, actuando como uno de los delegados designados por el Consejo de ESO. Fue apasionante participar en los órganos de asesoramiento y dirección de ALMA. Pero, durante muchos años, tan solo manejamos papeles, cálculos, simulaciones y requerimientos científicos, coordinándonos en innumerables teleconferencias fijadas a los horarios más diversos para no perjudicar siempre a la misma región (Europa, América o Asia).



En ALMA, en la década de los 2000. | RB

Por eso, asistir a la inauguración oficial de ALMA el 13 de marzo de 2013 significó ver un sueño finalmente realizado: la consolidación del ingente esfuerzo de unificación internacional en el que comités como el ASAC y el *ALMA Board* habíamos trabajado intensamente durante más de una década. Aquella histórica jornada nos dejó momentos memorables. En pleno acto central, el extremo clima de Atacama desató fuertes rachas de viento que provocaron un apagón temporal de la megafonía. Tras restablecerse la energía, el presidente chileno, Sebastián Piñera, rompió el protocolo exigiendo ver mover una antena en vivo, forzando una rapidísima maniobra en tiempo real desde la sala de control. Finalmente, las visitas al llano

de Chajnantor dejaron la surrealista estampa de científicos, diplomáticos y ministros en trajes de gala, algunos portando botellas de oxígeno, a 5.000 metros de altitud.



En la inauguración de ALMA. De izquierda a derecha: Rafael Bachiller, Ewine van Dishoek y Thomas Henning. | RB

Pero el verdadero asombro llegó cuando el interferómetro comenzó a entregar sus primeros resultados, superando todas nuestras expectativas científicas. Muy pronto, en 2014, ALMA conmovió a la comunidad astrofísica mundial al desvelar la icónica imagen del disco protoplanetario alrededor de la joven estrella HL Tauri. Aquella observación, de una nitidez sin precedentes en longitudes de onda milimétricas, mostró por primera vez una serie de deslumbrantes anillos concéntricos separados por surcos oscuros: la prueba visual e irrefutable de que los planetas se estaban formando y "limpiando" sus órbitas mucho antes de lo que las teorías predecían. A este hito histórico se sumarían pronto otros logros de enorme envergadura, como su participación crucial en el Event Horizon Telescope para obtener las primeras imágenes directas de los horizontes de sucesos en agujeros negros supermasivos, o el cartografiado de la complejidad molecular en el universo primitivo. Ver cómo aquellas especificaciones técnicas que habíamos discutido años atrás en papeles y pantallas se transformaban en descubrimientos que reescribían los libros de texto fue una recompensa profesional indescriptible.

6.- Director del OAN

Poco después de mi llegada a Alcalá de Henares, y tras la marcha de Pepe Cernicharo al CSIC en 1996, me encomendaron la gestión del Observatorio de Calar Alto: nuestro telescopio de 1,5 metros —en el que se había instalado la cámara infrarroja MAGIC— y la administración del diez por ciento del tiempo de observación en los telescopios alemanes al que España tenía derecho. En las tareas operativas del telescopio conté con la valiosa colaboración de José Antonio López Fernández y de Javier Alcolea. Hicimos incontables viajes al observatorio en el coche de servicio; era una labor difícil e ingrata. El telescopio arrastraba múltiples problemas técnicos y, por aquel entonces, existía un escaso interés científico por su explotación, tanto dentro de nuestro centro como en otras instituciones. Para optimizar el uso de la fracción alemana, organicé el Comité de Asignación del Tiempo Español de Calar Alto (CATECA), invitando a astrónomos de otras instituciones a evaluar las propuestas. Fue en ese marco donde conocí y comencé a colaborar con Xavier Barcons.

A principios de noviembre de 2002, mientras me encontraba en la sede de la ESO en Garching participando en el *workshop* titulado *"Science Operations with ALMA"*, recibí una llamada telefónica que daría un giro absoluto a mi carrera. El entonces director del OAN, Jesús Gómez, me anunció que iba a ser ascendido a Subdirector General del IGN y que habían pensado en mí para sucederle en la dirección del Observatorio. Fue una noticia magnífica. No podía soñar con un puesto mejor; para mí, era el mejor trabajo del mundo.

Sin embargo, de la noche a la mañana, me vi ante la inmensa responsabilidad de participar en la culminación de los grandes proyectos en los que el OAN estaba embarcado: principalmente la construcción del gran radiotelescopio de 40 metros de Yebes, la réplica del telescopio de Herschel y la creación del Museo del Real Observatorio de Madrid. Era una carga descomunal que me obligaba a definir prioridades de forma drástica. En ese momento ya había desarrollado una carrera científica sólida. Decidí conscientemente ceder parte de esa primera línea de investigación para centrarme en la gestión del Observatorio, asumiendo las cargas administrativas para proteger a los astrónomos más jóvenes y permitirles investigar con libertad. Con ese espíritu comencé la nueva etapa.



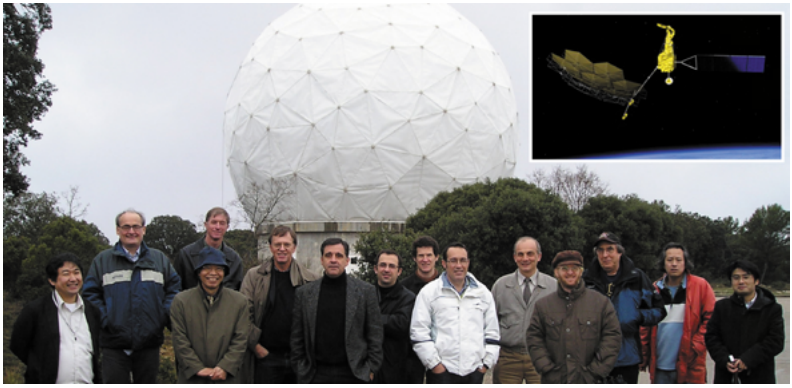
Izado de la parábola del radiotelescopio de 40 metros de Yebes que fue inaugurado el 25 de abril del 2005. | OAN

Desde el principio conté con la complicidad y la colaboración incondicional de varias personas extraordinarias: José Antonio López Fernández, quien pasó a ser el responsable local en el Observatorio de Yebes; Paco Colomer, astrónomo que me auxilió en la gestión de la red de interferometría de línea de base muy larga (VLBI) -una técnica crucial para el futuro del telescopio de 40 metros-; Florencio Martín -encargado de tareas de mantenimiento y experto ilustrador-, y María Rosa de Armas, mi secretaria en Alcalá de Henares, que se jubilaría en el año 2018 siendo sustituida por Vicky Alobera.

Me entregué a estas tareas con el máximo entusiasmo. Junto a José Antonio, tramitamos un número récord de contratos para finalizar el radiotelescopio. Eran gestiones de gran complejidad tanto técnica como administrativa. Juntos también comenzamos unas negociaciones con la agencia espacial japonesa JAXA para participar en el proyecto de VLBI espacial VSOP-2 (ASTRO-G). La idea era adaptar la vieja antena de 14-m como estación de seguimiento y recepción de comandos para el satélite, y realizar las observaciones con el 40-m aún en construcción. Gestionamos estudios de viabilidad junto con el CDTI y participamos en varias reuniones internacionales en Yebes, en EE.UU. y en Japón. Pero, lamentablemente, a finales de 2011, JAXA decidió cancelar de manera oficial el lanzamiento del satélite ASTRO-G debido a las complejidades técnicas surgidas en el despliegue de la antena parabólica en el espacio.

Además, desde mi nombramiento, empecé a pasar más tiempo en el Real Observatorio, en el madrileño parque del Retiro, lo que añadía un ritmo frenético a mi día a día debido a mi residencia en Guadalajara. En paralelo a las de Yebes, las tareas en el recinto del Retiro también eran formidables y exigían un esfuerzo constante,

pues el Observatorio se encontraba inmerso en un profundo proceso de transformación arquitectónica y museística. Como ya he señalado, por un lado, se estaba ejecutando la edificación que albergaría la réplica del histórico telescopio de Herschel y, simultáneamente, se acometía la construcción de la nueva sala-museo destinada a custodiar la rica colección de instrumentos históricos. Este espacio debía reunir tanto el valioso patrimonio propio del Observatorio como piezas de gran relevancia científica enviadas desde el IGN. En la compleja gestión y supervisión de estas obras, resultó fundamental la ayuda y el compromiso del topógrafo Juan Galán, cuyo apoyo técnico y dedicación diaria en el Retiro fueron un pilar indispensable para coordinar unos trabajos que terminarían por redefinir la fisonomía cultural de nuestra institución.



Visita al Observatorio de Yebes de las delegaciones japonesa y estadounidense durante los trabajos de colaboración en el proyecto de VLBI VSOP2 (ASTRO-G), hacia el año 2007. Sexto por la izquierda: Rafael Bachiller, noveno: José Antonio López Fernández, undécimo: Paco Colomer. | RB

El verdadero bautismo de los nuevos espacios del Real Observatorio de Madrid -el luminoso pabellón acristalado que alberga la gran réplica del telescopio Herschel y la sala-museo de Ciencias de la Tierra y del Universo- no llegó hasta enero de 2010. Aquella inauguración oficial, presidida por el Príncipe de Asturias, nos deparó una sorpresa inolvidable en forma de una de las nevadas más formidables que se recuerdan en la capital. Con nuestro histórico cerro de San Blas completamente sepultado bajo un denso manto blanco y algunos accesos colapsados, el protocolo institucional tuvo que rendirse ante la fuerza de la naturaleza. Pero, al final, lo que amenazaba con deslucir el acto se convirtió en una jornada verdaderamente mágica por la estampa del Observatorio bajo la blancura de la nieve.

En paralelo a las tareas propias del Observatorio, logré conservar una intensa actividad internacional. En 2004 fui designado miembro de la delegación nacional encargada de negociar la adhesión de España a la ESO. Xavier Barcons, Rafael Rodrigo y yo, en coordinación con representantes del Ministerio de Ciencia, nos reunimos periódicamente con el equipo de la ESO -cuya directora general era Catherine Cesarsky- tanto en Garching como en Madrid, hasta que la integración oficial se formalizó en 2006. Esta adhesión constituyó un hito histórico sin precedentes para la astronomía de nuestro país, abriendo de par en par el acceso de la comunidad española a la instrumentación óptica e infrarroja de vanguardia en los observatorios de Paranal y La Silla, así como al futuro desarrollo del ELT (ALMA ya era accesible a la comunidad española gracias a un acuerdo previo). Fue un auténtico privilegio participar en aquellas negociaciones. El conocimiento de la organización que adquirí en este proceso, sumado a mi trabajo previo en ALMA, propició que ese mismo año 2004 fuera nombrado miembro del *Scientific Technical Committee* (STC) de la ESO, un comité en el que mi participación se prolongaría hasta 2009.

7.- Reorganización del OAN

Compartí con José Antonio López años duros, solventando todo tipo de problemas prácticos en Yebes e intentando sacar adelante los complejos contratos para la construcción del radiotelescopio de 40 metros que, finalmente, quedó inaugurado en abril de 2005.

En 2007 se instaló el grupo de vulcanólogos del IGN en el Real Observatorio de Madrid, ocupando el ala este del emblemático edificio Gran Ecuatorial en el Retiro. Aunque la convivencia y la relación entre ambos equipos ha sido siempre excelente, la progresiva escasez de espacio en el histórico recinto empieza a plantear, a día de hoy, un desafío logístico que, en el futuro, requerirá soluciones habitacionales específicas para no comprometer el desarrollo de ninguna de las dos disciplinas, vulcanología y astronomía.

Poco después, en 2008, se dio luz verde al proyecto Red Atlántica de Estaciones Geodinámicas y Espaciales (RAEGE), centrado en la geodesia espacial. También en ese año Pere Planesas marchó a Chile para trabajar en ALMA durante unos años, fue una pérdida que sentí especialmente, pues la presencia de Pere en el Observatorio me transmitía seguridad y equilibrio.

En 2011 José Antonio López fue nombrado director del Observatorio de Yebes. Al tratarse de un rango administrativo idéntico al del director del OAN, la medida supuso, en la práctica, la escisión del histórico Observatorio en dos estructuras independientes, aunque muy estrechamente ligadas entre sí: el nuevo OAN -ocupando las sedes del Retiro y Alcalá de Henares- y el Observatorio de Yebes.



En el JIVE en 2019, de izquierda a derecha: Colomer, López Fernández, Bachiller y De Vicente. | F. Colomer

Para mí, aquello representó la división en dos de mi antiguo puesto de trabajo. Sin embargo, encontré el lado positivo: a partir de ese momento podía replegarme y concentrarme en la vertiente estrictamente científica de la institución, delegando la compleja gestión técnica en José Antonio. No era, desde luego, una mala organización si manteníamos la excelente compenetración que siempre nos había caracterizado; y, de hecho, así ha continuado hasta hoy, con José Antonio ocupando la Subdirección General del IGN y Pablo de Vicente al frente de la dirección de Yebes.

Este periodo trajo consigo algunas de las mayores alegrías de la trayectoria de nuestro grupo. El Observatorio Espacial Herschel fue lanzado con un éxito rotundo el 14 de mayo de 2009. El OAN había estado estrechamente implicado en el desarrollo de HIFI, uno de sus instrumentos clave, gracias a las brillantes aportaciones del ingeniero Juan Daniel Gallego, de Jesús Martín Pintado y, tras la incorporación de este último al CSIC, del propio Pere Planesas. Herschel revolucionó la astrofísica al convertirse en el mayor telescopio infrarrojo enviado jamás al espacio, operando de manera impecable desde el punto de Lagrange L2 hasta que agotó su helio líquido refrigerante en abril de 2013, coincidiendo casi al milímetro con la inauguración de ALMA. El descubrimiento de una red de filamentos constitutiva de las nubes interestelares y el estudio de la distribución del gas molecular en la Vía Láctea fueron hitos fundamentales alcanzados por Herschel. Y a ello hubo que sumar todos los detalles que aportó HIFI al conocimiento de la química interestelar, muy particularmente a la estimación de la abundancia de agua en muy diversas circunstancias astrofísicas.




Aspecto de la sala del círculo meridiano en el edificio de Villanueva, tras su restauración hacia el año 2008. | OAN

Aquel 2009 coincidió, además, con la celebración del Año Internacional de la Astronomía, lo que me exigió una frenética pero gratificante actividad en el campo de la divulgación científica. Logré redactar en un tiempo récord el libro *"Astronomía, de Galileo a los telescopios espaciales"*, publicado en una bellísima edición por Lunwerg. La obra tuvo una acogida extraordinaria, hasta el punto de ser seleccionada por el CSIC como regalo institucional de prestigio para sus científicos y las más altas autoridades.

8.- Años de crisis

Una severa recesión económica azotó con especial crudeza a España entre los años 2008 y 2014. La situación financiera del país era tan dramática que el Tesoro Público carecía de fondos incluso para afrontar las contribuciones nacionales a diversas sociedades científicas internacionales; por fortuna, en el IGN logramos blindar y mantener nuestra aportación a la Unión Astronómica Internacional (UAI), en la que he sido el delegado nacional desde los años 1990.

En 2011 fui nombrado gestor del Plan Estatal de Astronomía y Astrofísica, así como delegado nacional en el Consejo de la ESO. No fue una época propicia para asumir tales cargos, pues me tocó lidiar con los momentos de mayor escasez de fondos de nuestra historia reciente. Para el ecosistema de I+D+i en España, y de manera muy particular para las grandes infraestructuras científicas, este periodo resultó devastador. Los sucesivos recortes presupuestarios en las partidas de los ministerios con

competencias en Ciencia congelaron por completo la tasa de reposición de investigadores. Ante este escenario, el Gobierno se vio forzado a priorizar casi en exclusiva el abono de las cuotas (o parte de ellas) a organismos internacionales de los que formábamos parte —como la ESO, el IRAM y la propia ESA— para evitar la pérdida de nuestros derechos de voto o del acceso de la comunidad científica española al tiempo de observación.



Reunión de asesores al Ministerio de Ciencia en Santander en el año 2014. De izquierda a derecha: Jesús Gallego, Rafael Bachiller, Xavier Barcons y, de espaldas, Jordi Torra. Falta en el grupo Miguel Mas Hesse, quien realizó la fotografía. | M. Mas Hesse

Como gestor del Plan Estatal tuve que hacer verdaderos malabarismos, intentando mantener a flote la actividad de los grupos de investigación más competitivos. Pese a que en la comunidad imperaba, por lo general, un encomiable espíritu de comprensión ante la gravedad de la situación, la escasez extrema de recursos hizo que terminara distanciado de algunos colegas que no lograron obtener la financiación a la que legítimamente aspiraban.

En el plano interno, sufrimos graves consecuencias de esta crisis económica en el Consejo de Dirección del IRAM, ya que el IGN se vio obligado a recortar de manera drástica su contribución financiera a la colaboración.

Una vez más, los tiempos difíciles llegaron acompañados de algunas luces y alegrías profesionales. Ese mismo año, me concedieron el Premio de Excelencia Científica de Castilla-La Mancha, el primer galardón de cierta envergadura de mi carrera. En 2012 pronuncié mi discurso de ingreso en la Real Academia de Doctores de España y en 2013, como ya he relatado, celebramos la histórica inauguración de ALMA. Fue entonces cuando me incorporé al *ALMA Board global* y al panel de Ciencias del Universo del Consejo Europeo de Investigación (ERC), un comité que con el tiempo pasaría a presidir. Poco después, en 2015, fui convocado para formar parte del Alto Comité Científico del Observatorio de París, todo un honor que conservé hasta el año 2021.

9.- Vientos favorables

El 20 de junio de 2017, José Antonio López Fernández fue nombrado Subdirector General en el IGN y, ese mismo año, se incorporaron al Observatorio Miguel Querejeta, Miguel Santander y Belén Tercero, gracias a una oposición al cuerpo de astrónomos en la que José Antonio actuó como presidente, y Paco Colomer y yo como vocales. Estos jóvenes astrónomos trajeron sangre nueva y renovadas ilusiones a una institución cuyas últimas incorporaciones habían sido las de María Sánchez Ramos y Antonio Usero en 2005, y la de Tomás Alonso en 2009. Además, Pere Planesas regresó de ALMA en ese mismo periodo. Nos encontrábamos, claramente, ante una época nueva y muy ilusionante.

En 2018 redacté el borrador para las nuevas funciones que tendría en adelante el OAN, una propuesta excelentemente recibida por la dirección general del IGN y que fue publicada en el BOE del 30 de julio de 2018. A partir de entonces, nuestras competencias se estructuraron en tres pilares: (1) la planificación y explotación científica de la instrumentación e infraestructuras astronómicas propias del IGN, incluyendo la radioastronomía; (2) el suministro de información oficial sobre astronomía; y (3) la conservación del rico patrimonio del Real Observatorio. Esta es la filosofía que he procurado mantener firmemente hasta el día de hoy, intentando no descuidar ninguno de los tres aspectos.



Alcalá de Henares, 2018. De izquierda a derecha: Paloma Notario, María Sánchez, Vicky Alobera, María Rosa de Armas y Begoña Martínez. | RB

En la nueva coyuntura, pudimos transformar el ambiente de trabajo en el Consejo del IRAM. La delegación española —formada por el nuevo Subdirector General, la Secretaria General del IGN y yo mismo— propuso soluciones viables y alcanzó un excelente entendimiento con nuestros socios franceses y alemanes. Es más, desde 2022, junto a José Antonio y al personal del IRAM, nos embarcamos en el ambicioso proyecto de mejora del radiotelescopio de 30 metros denominado ASSSA (*Actualización del Sistema de Servos y Superficie de la Antena*). Aunque nos exigió un intenso y complejo trabajo de gestión por la naturaleza de los fondos FEDER empleados, el proyecto llegó felizmente a término. Gracias a esta aportación, el IRAM nos ha asegurado una sustancial cantidad de tiempo de observación "garantizado" que se reparte entre el telescopio de 30 metros y NOEMA, y que nuestros astrónomos siguen disfrutando en la actualidad.

Paralelamente, en 2017, mi *Large Programme* en el telescopio de 30 metros, ASAI (*Astrochemical Surveys At IRAM*), ya estaba dando sus frutos. Este proyecto, coliderado junto a Bertrand Lefloch, había recibido el premio a la mejor colaboración hispano-francesa otorgado por las Sociedades Astronómicas de Francia y España. Tras una reunión clave en Japón, al artículo inicial de presentación (*Lefloch, Bachiller et al., MNRAS 477, 4792*) le siguió una prolija serie de publicaciones que desvelaban la evolución de la complejidad química en las primeras etapas de la formación estelar. Estos estudios se basaron en barridos espectrales sistemáticos entre 80 y 272 GHz sobre un conjunto de fuentes protoestelares en diferentes estados evolutivos.



Firma de la adhesión de las antenas rusas KVASAR a la EVN en San Petersburgo, octubre de 2010. De izquierda a derecha: Simon Garrington, Andrej Kus, Anthony Zensus (de pie), Andrey Finkelstein y Rafael Bachiller. | RB

La única nota negativa (¡para el Observatorio!) en 2017 fue la marcha de Paco Colomer para ocupar la dirección del JIVE. Paco había sido mi mano derecha en los comités de VLBI en los que yo representaba al Observatorio desde 2002. Me prestó un apoyo fundamental en la EVN (*Red Europea de VLBI*), la cual tuve el honor de presidir durante dos mandatos (2007-2009 y 2019-2021). En el primer periodo logramos una notable expansión del *e-VLBI*, una mayor apertura de la red hacia China y, tras complejas negociaciones con Andrey Finkelstein, la incorporación a la EVN de las antenas rusas de KVASAR, hito que formalizamos en una memorable reunión de la junta directiva (CBD) en San Petersburgo en octubre de 2010.

Mi segundo mandato estuvo profundamente marcado por la gestión de la resiliencia de la red frente a los desafíos logísticos y cierres provocados por la pandemia de COVID-19, logrando dar mayor peso a la ciencia en el CBD e integrar mejor dicho órgano con el Consejo del JIVE. Tras el ascenso de José Antonio a la Subdirección General, Pablo de Vicente asumió la dirección del Observatorio de Yebes y relevó a Paco en el CBD. Al completar mi presidencia, me retiré de este órgano y del Consejo del JIVE, quedando Pablo como nuestro representante principal.

10.- Una época fructífera

En el Retiro conté desde 2017 con el apoyo incondicional de Begoña Martínez Peña, jefa del servicio de coordinación, quien se ocupaba del mantenimiento de las instalaciones y de la gestión de las visitas. Junto a ella enriquecimos enormemente el jardín del Observatorio y acometimos innumerables pequeñas reparaciones, reorganizaciones y mejoras en el conjunto de edificios. Toda esta labor cobró un sentido institucional aún mayor cuando, el 25 de julio de 2021, el eje del Paseo del Prado y el Buen Retiro fue declarado oficialmente Patrimonio Mundial por la UNESCO bajo la denominación de "Paisaje de las artes y las ciencias". Fueron varios años de preparar justificaciones y de atender a visitas de las delegaciones de la Unesco. Pero que el histórico recinto del Real Observatorio quedara blindado bajo este prestigioso reconocimiento internacional, como una pieza fundamental de la ciencia ilustrada, supuso un orgullo inmenso y una gran recompensa a nuestros esfuerzos por conservar este rico patrimonio.

A partir de 2017 también pude, por fin, poner manos a la obra para, junto con María Sánchez Ramos, sistematizar y modernizar el Anuario del Real Observatorio. La incorporación en 2021 del especialista cartográfico José Antonio Bolonio hizo posible culminar un rediseño completo, mucho más atractivo y funcional, que facilita notablemente la consulta de la información astronómica. Asimismo, logramos ofrecer a través de la web una excelente sección de efemérides bien ordenada y sistematizada.



La notificación del Ayuntamiento de Madrid de la inclusión del Paisaje de las artes y las ciencias en la lista de la Unesco se realizó con la imagen el Real Observatorio. | Ayuntamiento de Madrid

Tras la jubilación de Begoña hacia 2022, propuse a María Sánchez Ramos para sucederla en el mantenimiento de las instalaciones. Con María, una colaboradora excepcionalmente profesional y eficiente, tuvimos que hacer frente a la última etapa de la compleja crisis operativa provocada por la pandemia de COVID-19. Además, también con la colaboración de José Antonio Vallejo y Carlos Maceiras, hemos abordado y resuelto innumerables problemas de funcionamiento, incluyendo inundaciones y los persistentes socavones que se han venido produciendo en el recinto durante los últimos años.

Aquella crisis sanitaria transformó también de manera definitiva nuestra dinámica laboral, imponiendo las videoconferencias y un modelo de teletrabajo que estipula actividad en remoto los lunes y martes. Es un cambio que hoy contemplo con sentimientos encontrados. Si bien es cierto que la madurez de la astronomía moderna ya no exige la presencia física constante en los despachos para procesar datos o redactar artículos, reconozco que me produce cierta nostalgia pasear esos días por las sedes del Retiro o de Alcalá y encontrarlas prácticamente desiertas. Para un astrónomo de mi generación, modelado en el debate cara a cara y la convivencia diaria, condensar las interacciones humanas y el vital contacto con estudiantes y postdocs en solo tres jornadas semanales se me antoja un espacio algo estrecho. En esas dos jornadas de silencio, donde los históricos edificios parecen replegarse sobre sí mismos, cobra aún más valor la labor del personal esencial de mantenimiento; en particular la de José Manuel Cobos, una de las personas más dedicadas y trabajadoras que he conocido y una pieza absolutamente indispensable para el latido diario del Real Observatorio.



Personal del Observatorio reunido por videoconferencia durante la pandemia de COVID-19. | RB.

Desde mi nombramiento como director en 2002, mantuve una estrecha relación con el célebre arquitecto Antonio Fernández Alba, restaurador del edificio Villanueva en la década de 1970 y autor del plan maestro de recuperación del Observatorio. Además de nuestra interacción durante las fases finales de la construcción del pabellón Herschel y de la sala-museo, con él consulté cada pequeña intervención que planeaba realizar en los históricos inmuebles o en el jardín; congeniamos maravillosamente y siempre admiré su exquisito gusto y profesionalidad. Hacia 2021, tras el éxito de la Unesco, le planteé la posibilidad de ajardinar el talud oeste del Observatorio, que desciende en una pronunciada e irregular pendiente hacia la calle Alfonso XII. Fernández Alba me puso en contacto con otro brillante arquitecto, Israel Alba (quien, a pesar del apellido, no guardaba parentesco con él). Junto a Israel, y contando siempre con el sabio consejo de Antonio, elaboramos un ambicioso proyecto de paisajismo para el talud que quedó completado en 2022. Aunque inicialmente se nos concedió la licencia de obra para su ejecución, esta fue revocada posteriormente. Por prolijos motivos administrativos, el proyecto sigue pendiente de ejecución. Me habría encantado haberlo culminado a tiempo para que Antonio, tristemente fallecido el 7 de mayo de 2024 a los 96 años de edad, hubiese podido contemplarlo terminado. A pesar de todo, el proyecto sigue esperando tiempos mejores en los que, estoy seguro, se convertirá en realidad.

Desde 2017, siguiendo la estela de la llegada de Querejeta, Santander y Tercero, el Observatorio ha vivido una revitalización extraordinaria con la incorporación de una veintena de astrónomos jóvenes. La lista

completa de los que trabajan actualmente con nosotros figura en las primeras páginas de este Anuario. Aunque lógicamente algunos de los que se incorporaron emprendieron otros rumbos, este nuevo equipo asegura un excelente ambiente científico y una actividad desbordante en torno a los radiotelescopios de Yebes, el IRAM y ALMA. Es verdaderamente lamentable que nuestras condiciones laborales no sean acordes con la altísima categoría científica de nuestros investigadores. Junto con el subdirector general actual, hemos invertido innumerables esfuerzos y gestiones intentando dignificarlas, pero nos hemos topado sistemáticamente con escollos insalvables, sin lograr resultados relevantes durante estos años. Ojalá esta injusta situación encuentre una vía de solución en un futuro próximo.

11.- Años finales

En el panorama internacional, el periodo entre 2017 y 2026 también nos ha deparado cambios de gran calado. Mi querido colega Xavier Barcons fue nombrado director general de la ESO en 2017, cargo que ha ejercido con maestría hasta su jubilación el 31 de agosto de 2026. Para mí, ha supuesto un privilegio verdaderamente inigualable haber podido participar en el Consejo de la ESO, junto a Inmaculada Figueroa, subdirectora general de infraestructuras científicas internacionales del Ministerio de Ciencia, con quien tantos viajes y vivencias he compartido.



Con el Consejo de Dirección de ESO, tuve ocasión de visitar las obras del ELT en Cerro Armazones (Chile) repetidas veces durante el proceso de construcción. En esta imagen, durante una visita en el 2023, el grupo del Consejo (abajo, entre la flecha amarilla y el autobús) parece diminuto ante la estructura colosal de la cúpula del telescopio. ESO

Desde esta posición, he podido realizar el seguimiento directo de los extraordinarios progresos de ALMA y, además, del complejísimo proceso de construcción del ELT (*Extremely Large Telescope*). Asistir al desarrollo de este colosal telescopio ha sido presenciar una empresa tecnológica y humana titánica que pronto llegará a su término. Estoy firmemente convencido de que, cuando sus 39 metros de espejo segmentado capturen su primera luz en los cielos de Chile, el ELT revolucionará por completo la astronomía tal y como la conocemos, abriendo una ventana inédita a los confines del universo.

Por otra parte, desde los años noventa he seguido de cerca la evolución del *Square Kilometre Array* (SKA), participando en distintas etapas de su desarrollo y representando a España en sus órganos de gobierno hasta 2025. El SKA está llamado a revolucionar la radioastronomía, permitiéndonos explorar el universo en sus primeras etapas, estudiar la formación de las primeras estrellas y galaxias, desentrañar la evolución del magnetismo cósmico y poner a prueba las teorías sobre la gravedad mediante el estudio de los púlsares. Su extraordinaria sensibilidad y capacidad de observación abrirán, además, la puerta al descubrimiento de fenómenos cósmicos hoy imprevisibles, convirtiéndolo en uno de los grandes instrumentos científicos del siglo XXI. En 2025 tomé la decisión de abandonar los Consejos tanto del SKA como de la ESO para centrar mis energías en el ámbito nacional.



Inauguración de NOEMA, completado con doce antenas, en septiembre de 2022. De izquierda a derecha: Stephanie Stegemann (de la embajada alemana en París), Stéphane Guilloteau (presidente del Consejo de IRAM), Antoine Petit (presidente del CNRS), Martin Stratmann (presidente de la Sociedad Max-Planck), Karl Schuster (director del IRAM), Reinhard Genzel (premio Nobel de física) y Rafael Bachiller. | IRAM

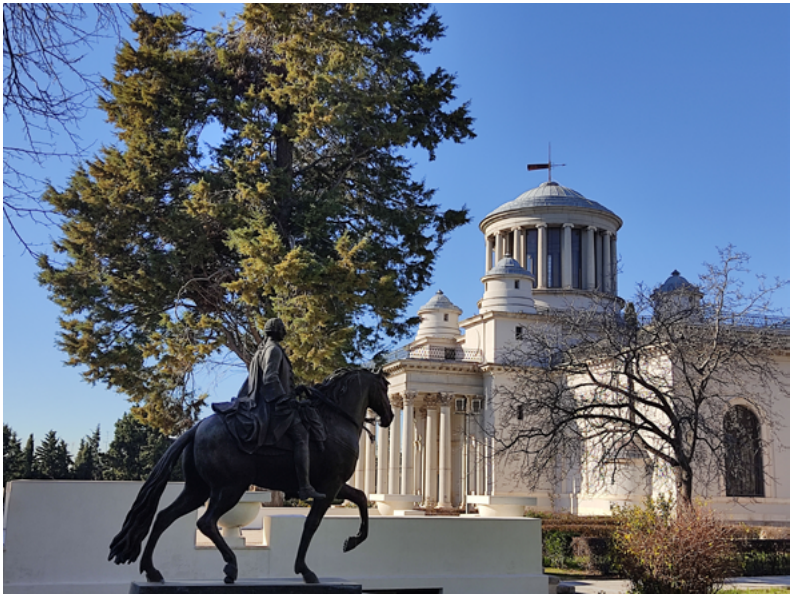
De esta época guardo también un gran recuerdo de la inauguración de NOEMA en septiembre de 2022. Era un momento importante para la astronomía europea: después de décadas de trabajo, aquel interferómetro (que comenzó con tan solo tres antenas) culminaba su transformación en una extraordinaria instalación de doce antenas. Aquel día la montaña nos reservó una pequeña ironía: el tiempo era tan malo sobre el Plateau de Bure que no pudimos subir al observatorio y tuvimos que celebrar el acto en la estación de esquí de Super Devoluy, un poco lejos de las antenas que íbamos a inaugurar. En todo caso, para mí fue muy emocionante encontrar de nuevo, después de tantos años, a colegas con los que había compartido proyectos, observaciones y momentos de la astronomía europea, a algunos de ellos los conocía desde aquellos días en que desembarqué en Grenoble en 1980. Fue un reencuentro que convirtió una ceremonia científica internacional en algo mucho más personal: la celebración de una aventura compartida.



El interior de la cúpula del telescopio Gran Ecuatorial quedó restaurada en el año 2024. | A. Perea

Durante estos últimos años también me ha resultado especialmente gratificante poder supervisar, junto con Iván Martí Vidal (de la Universidad de Valencia), la tesis de Víctor Pérez Díez, joven astrónomo del OAN, centrada en explorar las posibilidades de las observaciones VGOS para la astronomía, aprovechando unas observaciones concebidas primordialmente para fines geodésicos. La defensa tuvo lugar el 19 de octubre de 2026.

Fue en 2023 cuando, desde la Comisión Nacional de Astronomía -de la que he venido ocupando la secretaría por periodos alternos de dos años desde la década de 1990-, decidimos constituir un órgano específico que coordinara la difusión del extraordinario fenómeno que se nos avecinaba: el Trío de Eclipses de 2026, 2027 y 2028. Tuve el honor de ser designado presidente de esta nueva Comisión Científica y de Asesoramiento. Desde esta posición, he impulsado múltiples actividades divulgativas, docentes y de ciencia ciudadana, proporcionando además un constante asesoramiento a los estamentos gubernamentales. El propósito prioritario que ha definido mi gestión ha sido maximizar el aprovechamiento de estos eventos como una oportunidad única para acercar la ciencia a toda la sociedad, despertar nuevas vocaciones y garantizar que el excepcional legado de este trío perdure en la población.



Pequeña estatua ecuestre de Carlos III instalada en el jardín del Observatorio a finales de la década de los años 2000. | A. Perea

Coincidiendo con esta ebullición, el año 2025 marcó el 50 aniversario del Observatorio de Yebes. Pablo de Vicente y su equipo se volcaron en los actos de conmemoración, logrando una magnífica visibilidad institucional para el centro. Poco después, el 8 de enero de 2026, recibimos una noticia que nos llenó de alegría tanto en Yebes como en el OAN: la ingeniera de Yebes y miembro de nuestro cuerpo de astrónomos, Laura Barbas Calvo, era nombrada directora general

del IGN. Su designación representa un inmenso orgullo para nuestro cuerpo de funcionarios, pero también un reto colosal para ella. El Instituto asiste actualmente a una preocupante despoblación debido a que muchos compañeros cualificados migran hacia otros puestos mejor remunerados de la Administración.

Pese a algunos nubarrones burocráticos, la relevancia del trabajo realizado en el Observatorio ha seguido imponiéndose. Cabe destacar que, como respuesta a la propuesta que realicé junto a la Real Sociedad Española de Física, el Real Observatorio ha quedado incorporado, en 2026, a la prestigiosa lista de Sitios Históricos de la Sociedad Europea de Física (EPS). Esta distinción subraya el valor histórico de nuestras instalaciones y consolida su posición como un referente cultural y de investigación de relevancia global.



Ceremonia de designación del Real Observatorio Astronómico de Madrid como sitio histórico de la física en Europa el 26 de junio de 2026. De izquierda a derecha: Luis Viña (presidente de la Real Sociedad Española de Física), Laura Barbas (directora general del IGN), José María de Teresa (presidente de la Sociedad Europea de Física) y Rafael Bachiller. | OAN

También en este año he tenido el privilegio de recibir tres galardones que guardo con especial gratitud: el Premio Nacional de la Sociedad Geográfica Española (SGE), el Premio COSCE a la Difusión de la Ciencia otorgado por la Confederación de Sociedades Científicas de España, y el Premio Turismo de RegiónDigital en Extremadura por la

labor en defensa de los cielos oscuros. Son reconocimientos que, en el fondo, pertenecen a todas y cada una de las personas que han compartido conmigo estos años de actividad incansable.

En mayo de este mismo 2026, el Ministerio de Ciencia seleccionó oficialmente al Observatorio de Yebes como el emplazamiento de referencia desde el cual realizar la observación, el seguimiento y la retransmisión oficial del histórico eclipse total de Sol del 12 de agosto. A nivel personal, la contemplación del eclipse solar desde el Observatorio de Yebes, junto a mi familia y colegas, constituyó un hito verdaderamente singular y puso un broche de oro a mi carrera. La conjunción de la tecnología de las instalaciones con la sobrecogedora belleza de la totalidad astronómica no solo ofreció un espectáculo inolvidable, sino que reafirmó mi misión científica y la del Observatorio. Vivir este fenómeno histórico desde este enclave de gran significado personal simboliza el cierre perfecto para este recorrido de medio siglo: un recordatorio imborrable de por qué sigo levantando la vista al cielo con la misma fascinación de aquellos primeros días con mi mirada de niño.

Final

Me considero un profundo afortunado por el tiempo que me ha tocado en suerte y, con estas líneas, quería dejar alguna constancia de ello. Mirando hacia atrás, me embarga un profundo orgullo al contemplar la asombrosa metamorfosis que ha experimentado la astronomía en nuestro país durante este último medio siglo: desde que ingresé en la universidad en 1974 hasta el presente. Haber podido participar en primera línea, aportando mi propio grano de arena a su transformación y, en paralelo, a la de un Observatorio Astronómico Nacional que ha sabido reinventarse desde sus raíces históricas hasta convertirse en un referente de vanguardia, ha sido un privilegio absoluto. En estos cincuenta años, la astrofísica española ha dejado atrás su antigua condición de atraso para consolidarse, por derecho propio, en la élite científica internacional, demostrando que con talento, tenacidad y visión de futuro somos capaces de coliderar los proyectos más ambiciosos del planeta.

En este largo viaje, haber podido desempeñar el trabajo de director del Observatorio Astronómico Nacional ha sido, sin lugar a dudas, el mayor honor y el mejor destino que jamás habría podido soñar para mí. Una responsabilidad en la que me tocó navegar por épocas excelentes, de grandes hitos y expansión científica, pero también por otras marcadas por las dificultades y la complejidad que a menudo envuelve a la gestión de la ciencia.



Parte del personal del Observatorio Astronómico Nacional en las navidades de 2024. | OAN

A pesar de los vientos en contra de esos momentos difíciles, el balance es infinitamente gratificante. Es evidente que queda todavía mucha tarea pendiente en el OAN, pues el universo nunca agota sus preguntas y el liderazgo institucional siempre nos desafía a conquistar nuevos horizontes. No obstante, afronto esta despedida con la absoluta tranquilidad de saber que el testigo queda en las mejores manos. El Observatorio cuenta hoy con una generación brillante y muy prometedora de jóvenes astrónomos y astrónomas que, con su talento y pasión, sabrán mantener y mejorar la institución y ensanchar las fronteras de nuestro conocimiento.

Para mí, ha llegado el momento de dar un paso al lado. Cuando el Sol se pone, la luz del día se desvanece suavemente para dar paso a la noche, ese lienzo oscuro donde empieza gran parte del trabajo de nuestra bellísima disciplina. Así, mientras contemplo mi propio ocaso profesional, me reconforta saber que, al igual que en el firmamento, el final de una etapa no es más que el preámbulo necesario para que se enciendan nuevas y enigmáticas estrellas que esperan a ser estudiadas.

Agradecimientos

A lo largo de mi trayectoria, he tenido la fortuna de cruzarme con innumerables mentores y colegas que han dejado una huella profunda en mi carrera y en mi forma de trabajar y de ser. Resultaría excesivamente prolijo citar a todos y cada uno de ellos; sin embargo, algunos de ellos ya han sido mencionados en este texto. En todo caso, la ausencia de nombres en estas líneas no resta un ápice de valor a

su aportación, y ellos saben bien quiénes son. A todos mis compañeros de viaje, tanto del pasado como del presente, incluyendo, por supuesto, a todo el personal del Observatorio Astronómico Nacional y del Observatorio de Yebes: gracias por compartir su sabiduría, por las largas jornadas de colaboración y por hacer del entorno laboral un espacio de constante crecimiento humano y profesional.

A veces me han preguntado cuál ha sido mi secreto para poder hacer tantas cosas a lo largo de estos años ("¡y todas tan interesantes!", me decían). No hay ningún secreto: todo ha sido posible gracias al apoyo incondicional de mi familia. Mis dos hijas, Diana e Irene, han sido siempre un estímulo constante y una fuente inagotable de alegría; ver el camino que se han labrado, como doctoras e investigadoras en física, me llena hoy de un orgullo profundo, y no puedo sino contemplarlas con una inmensa admiración por las mujeres en las que se han convertido. Pero el verdadero motor de mi carrera ha sido, sin duda, mi esposa, Dora. Su paciencia infinita, su generosidad y su capacidad para sostener nuestro hogar durante mis largas ausencias y noches de observación han sido mi mayor respaldo. Sin su complicidad, su amor y su apoyo en los momentos difíciles, nada de este largo viaje habría sido posible.

In Memoriam

Quiero dedicar un espacio de profunda gratitud a la memoria de aquellos referentes que han sido pilares fundamentales en mi trayectoria profesional y cuya partida ha dejado una huella imborrable. Recuerdo con especial respeto y afecto a Patrick Huggins († 2014), Francesco Palla († 2016), Malcolm Walmsley († 2017), Alain Castets († 2018) y Jordi Torra († 2019). Asimismo, honro la memoria de Jesús Gómez González, Manuel López Arroyo, Antonio Fernández Alba y Karl Menten, todos ellos fallecidos a lo largo de 2024, y Claudine Kahane († 2026). Las enseñanzas de vida y brillantez de todos ellos marcaron decisivamente el rumbo de mi carrera. Su legado profesional y humano sigue siendo un faro que inspira mi trabajo y mi forma de vivir.

Datos astronómicos

Constantes físicas y astronómicas

Constantes fundamentales usuales

cantidad	símbolo	valor
velocidad de la luz	c	$2{,}99792458\ 10^{8}$ m s^{-1}
permeabilidad del vacío	μ_0	$4\pi\ 10^{-7}$ N A^{-2}
permitividad del vacío	ε_0	$1/\mu_0 c^2$ F m^{-1}
constante gravitacional de Newton	G	$6{,}67408\ 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}
constante de Planck	h	$6{,}6260696\ 10^{-34}$ J s
constante de Boltzmann	k	$1{,}380649\ 10^{-23}$ J K^{-1}
número de Avogadro	N_A	$6{,}0221413\ 10^{23}$ mol^{-1}
constante de los gases ideales	R	8,314462 J mol^{-1} K^{-1}

Constantes atómicas y espectroscópicas

cantidad	símbolo	valor
masa del electrón en reposo	m_e	$5{,}485799095\ 10^{-4}$ u
masa del protón en reposo	m_p	1,007276467 u
masa del neutrón en reposo	m_n	1,008664916 u
masa del muon en reposo	m_μ	0,113428927 u
momento magnético del electrón	μ_e	$-9{,}2847643\ 10^{-24}$ J T^{-1}
momento magnético del protón	μ_p	$1{,}41060674\ 10^{-26}$ J T^{-1}
momento magnético del muón	μ_μ	$-4{,}4904481\ 10^{-26}$ J T^{-1}
magnetón de Bohr	μ_B	$9{,}2740097\ 10^{-24}$ J T^{-1}
magnetón nuclear	μ_N	$5{,}0507835\ 10^{-27}$ J T^{-1}
constante de estructura fina	α	$7{,}29735257\ 10^{-3}$
constante de Rydberg	R_∞	$1{,}097373156854\ 10^{7}$ m^{-1}
radio de Bohr	a_0	$0{,}5291772109\ 10^{-10}$ m
longitud de onda Compton del electrón	λ_c	$2{,}426310239\ 10^{-12}$ m
(unidad de masa átomica unificada	u	$1{,}66053892\ 10^{-27}$ kg)

Constantes cosmológicas

cantidad	símbolo	valor
constante de Hubble	H_o	69 km s^{-1} Mpc^{-1}
distancia de Hubble	c/H_o	4400 Mpc
edad del Universo	t_0	$1{,}38\ 10^{10}$ años
edad del desacoplamiento	t_{dec}	380000 años
densidad crítica	ρ_c	$8{,}6\ 10^{-27}$ kg m^{-3}
densidad de bariones	Ω_b	0,049
densidad total de materia	Ω_m	0,309
constante cosmológica	Ω_Λ	0,691
temperatura del fondo cósmico de microondas (CMB)	T_0	2,725 K
velocidad del Sol respecto del CMB		370 km s^{-1}

(1 pc = $3{,}085678\ 10^{16}$ m, 1 Mpc = 10^6 pc = $3{,}085678\ 10^{22}$ m)

Constantes electromagnéticas y radiativas

cantidad	símbolo	valor
carga elemental	e	$1{,}60217656\ 10^{-19}$ C
constante de Faraday	F	$9{,}6485336\ 10^{4}$ C mol^{-1}
constante de Stefan-Boltzmann	σ	$5{,}67037\ 10^{-8}$ W m^{-2} K^{-4}
primera constante de radiación	$2\pi hc^2$	$3{,}7417715\ 10^{-16}$ W m^2
segunda constante de radiación	hc/k	$1{,}438777\ 10^{-2}$ m K

Constantes astronómicas

cantidad	símbolo	valor
unidad astronómica	ua	149597870700 m
masa de la Tierra	$\mathcal{M}_\oplus$	$5{,}972410^{24}$ kg
radio ecuatorial de la Tierra	$\mathcal{R}_\oplus$	$6{,}3781366\ 10^{6}$ m
masa solar	$\mathcal{M}_\odot$	$1{,}988547\ 10^{30}$ kg
radio solar	$\mathcal{R}_\odot$	$6{,}9566\ 10^{8}$ m
luminosidad solar absoluta	$L_\odot$	$3{,}828\ 10^{26}$ W
temperatura solar efectiva	$T_\odot$	5772 K
constantes gravitacionales:		
Sol	$G\mathcal{M}_\odot$	$1{,}3271244\ 10^{20}$ m^3 s^{-2}
Tierra	$G\mathcal{M}_\oplus$	$3{,}9860044\ 10^{14}$ m^3 s^{-2}
Luna	$G\mathcal{M}_\leftmoon$	$4{,}9028001\ 10^{12}$ m^3 s^{-2}
de Gauss	k	0,01720209895
razón de masa lunar a terrestre	$\mu_\leftmoon$	0,0123000371

La última cifra significativa dada en las tablas anteriores suele corresponder al orden de la incertidumbre de tal magnitud. Por ejemplo, si el valor recomendado según las últimas medidas de laboratorio para la constante de Planck es de $6{,}62606957\ 10^{-34}$, con una incertidumbre de $0{,}00000029\ 10^{-34}$, el valor que figurará en la tabla será $6{,}6260696\ 10^{-34}$, siendo incierta la última cifra dada.

Factores de conversión de interés práctico

1 año luz	= $0{,}9461\ 10^{16}$ m = 0,3066 pársecs = 63241 ua
1 día luz	= 173,145 ua
1 hora luz	≃ 7,21 ua
c	= 300 MHz m = 300 GHz mm = 300 THz μm
1 km s^{-1}	≃ 1 pc / millón de años
1 ua / año	= 4,740470 km s^{-1}
1 ua / día	= 1731,457 km s^{-1}
$\mathcal{M}_\odot/\mathcal{L}_\odot$	≃ 0,52 s3 cm^{-2} (unidades cgs)
	≃ 5200 kg W^{-1} (unidades SI)
1 $\mathcal{M}_\odot$ pc^{-3}	≃ 40 átomos de H por cm3
1 Jy (Jansky)	= 10^{-26} W m^{-2} Hz^{-1} = 10^{-23} erg cm^{-2}

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:

$$\frac{B_1}{B_2} = 10^{0,4\,(m_2 - m_1)} \qquad m_1 - m_2 = 2{,}5 \log\left(\frac{B_2}{B_1}\right)$$

diferencia de magnitudes $m_1 - m_2$	razón de brillos B_2/B_1
0,1	1,10
0,2	1,20
0,3	1,32
0,4	1,45
0,5	1,58
0,6	1,74
0,7	1,91
0,8	2,09
0,9	2,29
1,0	2,51
2,0	6,31
3,0	15,85
4,0	39,81
5,0	100,00
6,0	251,19
7,0	631
8,0	1585

razón de brillos B_2/B_1	diferencia de magnitudes $m_1 - m_2$
2	0,75
3	1,19
4	1,51
5	1,75
10	2,50
15	2,94
20	3,25
25	3,49
30	3,69
35	3,86
40	4,01
50	4,25
60	4,45
70	4,61
80	4,76
90	4,89
100	5,00

Prefijos del Sistema Internacional de Unidades

Prefijos para la expresión de factores decimales

factor	prefijo	símbolo
10^{1}	deca	da
10^{2}	hecto	h
10^{3}	kilo	k
10^{6}	mega	M
10^{9}	giga	G
10^{12}	tera	T
10^{15}	peta	P
10^{18}	exa	E
10^{21}	zetta	Z
10^{24}	yotta	Y

factor	prefijo	símbolo
10^{-1}	deci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	mili	m
10^{-6}	micro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	atto	a
10^{-21}	zepto	z
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.

Equivalencias de distancias

Tabla de equivalencias para distancias en la Vía Láctea

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

Tabla de equivalencias para distancias en el sistema solar

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

La unidad astronómica (ua) por definición es igual a 149 597 870,700 km.

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.

Interpolación directa

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}, . . . y a los posteriores T_1, T_2, . . . Es decir, en la tabla tenemos una distribución como:

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

Denominemos p a la cantidad:

$$p = \frac{T - T_0}{T_1 - T_0}$$

Si hemos escogido T_0 como el valor, en la tabla, más próximo al que nos interesa, T , entonces el valor de p estará entre: $-0{,}5 < p < 0{,}5$.

Una primera aproximación al valor de la magnitud V para el instante T viene dada por (1er 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 (2º 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 (3er 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 (4º grado):

$$V = V_0 + \frac{p}{2}(V_1 - V_{-1}) + \frac{p^2}{2}(V_1 - 2V_0 + V_{-1}) + \frac{p\,(p^2-1)}{12}(V_2 - 2V_1 + 2V_{-1} - V_{-2}) + \frac{p^2\,(p^2-1)}{24}(V_2 - 4V_1 + 6V_0 - 4V_{-1} + V_{-2})$$

Ejemplo: Deseamos determinar la ascensión recta de la Luna a las 3^h TU del día 14 de enero de 2027. De la tabla correspondiente al mes obtenemos los valores:

T_{-2}:	12 de enero	$V_{-2} = 22^h,52981$
T_{-1}:	13 de enero	$V_{-1} = 23^h,26006$
T_0:	14 de enero	$V_0 = 23^h,99808$
T_1:	15 de enero	$V_1 = 24^h,76264$
T_2:	16 de enero	$V_2 = 25^h,57400$

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 ($0^s,1 = 0^h,00003$). Esta es la precisión con que podemos obtener la ascensión recta deseada, en el mejor de los casos. Obsérvese, además, que para evitar una discontinuidad al pasar de 24^h a 0^h hemos mantenido el sentido creciente de los valores de la ascención recta añadiendo 24^h cuando ha sido necesario.

En este ejemplo: $p = 3^h0^m/24^h = 0{,}12500$. Siguiendo los pasos anteriores, obtenemos los siguientes valores:

$$V = V_0 + \frac{p}{2}(V_1 - V_{-1}) = 24{,}09199$$

Dado que $|V_1 - 2V_0 + V_{-1}| = 0{,}02653 \geq 0{,}00003$, añadimos otro término:

$$V = 24{,}09199 + \frac{p^2}{2}(V_1 - 2V_0 + V_{-1}) = 24{,}09220$$

Dado que $|V_2 - 2V_1 + 2V_{-1} - V_{-2}|/30 = 0{,}00130 \geq 0{,}00003$, añadimos otro término:

$$V = 24{,}09220 + \frac{p\,(p^2-1)}{12}(V_2 - 2V_1 + 2V_{-1} - V_{-2}) = 24{,}09180$$

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

$$V = 24^h05^m30^s{,}5$$

El valor que se obtiene a partir de las efemérides del JPL es: $0^h05^m30^s{,}3$, valor que concuerda con el antes calculado.

Interpolación inversa

Es posible determinar de manera parecida el instante T para el que se da un cierto valor V a partir de los valores que figuran en una tabla de valores equiespaciados. Sea V_0 el valor más cercano a V, correspondiente a un tiempo T_0. Una primera aproximación a la cantidad p que corresponderá al valor V viene dada por:

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

Utilizando este valor en la fórmula de interpolación calculamos un valor V_{calc} próximo a V:

$$V_{calc} = V_0 + \frac{p}{2}(V_1 - V_{-1}) + \frac{p^2}{2}(V_1 - 2V_0 + V_{-1}) + \frac{p(p^2-1)}{12}(V_2 - 2V_1 + 2V_{-1} - V_{-2})$$

Si este valor no coincide con el valor buscado V deberemos aplicar una corrección Δp al valor usado de p, que se calcula mediante:

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

Con el nuevo valor de $p = p_{anterior} + \Delta p$ calculamos un nuevo valor V_{calc}, que debe ser más aproximado al V deseado. Si aún no coinciden, hay que repetir el proceso tantas veces como sea necesario para la precisión que se desee.

Cuando se dispone del valor de p, el instante de tiempo T se obtiene mediante:

$$T = T_0 + p\,(T_1 - T_0)$$

Ejemplo: Deseamos determinar a qué hora del día 14 de enero de 2027 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:

$$p = 2\,\frac{V - V_0}{V_1 - V_{-1}} = 0{,}0026$$

instante al que le corresponde un valor calculado:

$$V_{calc} = 23{,}99999$$

La corrección a aplicar a p es:

$$\Delta p = 2\,\frac{V - V_{calc}}{V_1 - V_{-1}} = 0{,}00001$$

Valor que consideramos suficientemente aproximado, pues su discrepancia con el valor buscado es menor o similar a $0^s{,}1 \simeq 0^h{,}00004$. El instante de tiempo buscado es:

$$T = T_0 + p\,(T_1 - T_0) = 0^h + 0{,}0026 \times 24^h = 0^h{,}062$$

o sea, las $0^h03^m{,}7$ del día 14 de enero de 2027. El instante calculado a partir de las efemérides es: $0^h03^m{,}8$.

Eventos en el Observatorio





El 19 de enero de 2026 se colocó la veleta del edificio de Villanueva, después de su restauración durante 2025.



El Real Observatorio de Madrid ha sido reconocido «Lugar histórico» por la Sociedad Europea de Física y el 26 de junio tuvo lugar la ceremonia de inauguración de una placa conmemorativa. El acto estuvo presidido por la directora general del Instituto Geográfico Nacional, Laura Barbas, y contó con la participación del director del Observatorio, Rafael Bachiller, así como los presidentes de las sociedades europea y española de física.



El 24 de julio tuvo lugar la presentación del sello conmemorativo del eclipse solar total del 12 de agosto de 2026 en el Real Observatorio de Madrid. El acto estuvo presidido por el subsecretario de Transportes y Movilidad Sostenible, Rafael Guerra, y contó con la participación de la directora del IGN, Laura Barbas, el presidente de Correos, Pedro Saura, y el subdirector general de Astronomía y Geodesia del IGN, José Antonio López, quienes realizaron el tradicional matasellado de honor.





El Real Observatorio de Madrid acogió un evento veraniego de una prestigiosa marca de relojería y contó con una actuación musical en directo.

Índice alfabético de materias

Índice

A

Aberración
  anual, 158
Achatamiento
  de la Tierra, 139
  de los planetas, 237
Acimut
  de la estrella Polar, 362
Albedo
  de satélites naturales, 270
  geométrico y de Bond, 236
Año
  duración, 158, 171
  duración del año juliano, 116
  duración media de distintos tipos de años, 115
Asteroides
  cercanos a la Tierra, 301
  datos físicos, 299
  datos fotométricos, 299
  efemérides, 302
  elementos orbitales, 298
  magnitud, V, 300
  número, 298
  oposición, 301
  rotación, 299
Atmósfera terrestre
  composición, 147
  estructura, 145
  refracción atmosférica, 147

C

Calendario
  católico, 124
  domingo de Pascua, 125
  escritura numérica de fechas, 120
  explicación general, 120
  gregoriano, 124
  hebreo, 129
  juliano, 126
  musulmán, 127
  perpetuo, 131
  reforma gregoriana, 124
Ceres
  datos fotométricos, 291
  descubrimiento, 292
  efemérides, 293
  elementos orbitales, 290
  masa, tamaño, 291
  traslación, 291
Cometas
  de corto periodo, 313
  de largo periodo, 312
  elementos orbitales, 311
  que pasan por el perihelio este año, 311
Composición
  abundancia solar de elementos químicos, 174
  atmósfera terrestre, 147
  moléculas en el medio interestelar, 390
Constantes
  astronómicas, 481
  astronómicas para J2000, 174
  atómicas y espectroscópicas, 480
  cosmológicas, 480
  electromagnéticas, 481
  equivalencias útiles, 233, 485
  factores de conversión, 481
  fundamentales, 480
  prefijos del SI, 482
Constelaciones
  del cielo mes a mes, 45
  mapas, 328
  posición y tamaño, 325
Coordenadas
  aparentes (aberración), 158
  geográficas. *Véase* Posiciones geográficas
  medias (precesión), 153
  verdaderas (nutación), 156
Corrección de las coordenadas

por aberración anual, 158
por nutación, 156
por precesión, 153
por refracción atmosférica, 147
Crepúsculo
civil, naútico y astronómico, 197
visibilidad de los planetas, 24
Cúmulos estelares
abiertos o galácticos, 367
cerrados o globulares, 366

D

Día
definición, 91, 120
del año, 108
día de la semana, 123, 131
día juliano, 123
duración del día, 199
duración media del día sidéreo, 114
duración media del día solar, 114
Día juliano, DJ
año a año, 122
descripción, 121
día a día, 108
días julianos notables, 122
DJ y día de la semana, 123
fórmula para este año, 19
mes a mes, 122
modificado, 123
para fechas gregorianas, 123
Distancia
en el sistema solar, 484
en la Vía Láctea, 483

E

Eclipses
de Luna definición y tipos, 80
de Luna durante este año, 81
de Luna futuros, 86
de Luna interpretación de mapas y tablas, 81
de Luna magnitud, 81
de Sol definición y tipos, 70
de Sol durante este año, 72
de Sol futuros, 78
de Sol interpretación de mapas y tablas, 71
de Sol magnitud, 70
de Sol visibles en España, 79
durante este año, 21
durante este siglo, 21
Ecuación de los equinoccios
definición, 113
día a día, 108
fórmula, 96
fórmula aproximada, 100
Ecuación de tiempo
definición, 117
día a día, 108
fórmula, 97
fórmula aproximada, 118
gráfica, 98
valores extremos y nulos, 119
Enanos, planetas
datos fotométricos, 291
definición, 289
descubrimiento, 292
efemérides, 293
elementos orbitales, 290
masa, tamaño, 291
satélites, 292
traslación, 291
Equinoccios
de primavera y de otoño, 19
ecuación de los equinoccios. *Véase* Ecuación de los equinoccios
para este año, 20
Eris
datos fotométricos, 291
descubrimiento, 292
efemérides, 297
elementos orbitales, 290

masa, tamaño, 291
satélites, 292
traslación, 291
Escalas de tiempos. *Véase también* Tiempo
convenio para el Anuario, 19
Estaciones
duración, 20
fechas extremas de inicio, 20
inicio para este año, 20
Estrellas
brillantes, 341
cercanas, 339
constelaciones. *Véase* Constelaciones
de gran movimiento propio, 340
dobles, 348
equivalencias en distancias, 483
magnitud y brillo, 342
nombres usuales, 334
ocultaciones por la Luna, 42
Pléyades, 337
Polar. *Véase* Polar (estrella)
tipo Mira, 355
variables, 352
variables Algol, 354
variables β Lyrae, 354

F

Fases de la Luna, 20
Fecha
escritura normalizada, 120
juliana, 121
Fenómenos astronómicos
día a día, 45
resumen anual, 19

G

Galaxias
brillantes, 382
cuásares, 383
cúmulos de galaxias, 384
del Grupo Local, 377
en catálogo de Messier, 373
infrarrojas, 383
ley de Hubble, 386
nombres usuales, 379
radiogalaxias, 383
tabla de distancias, 386

H

Haumea
datos fotométricos, 291
descubrimiento, 292
efemérides, 295
elementos orbitales, 290
masa, tamaño, 291
satélites, 292
traslación, 291

I

Interpolación
directa, 485
inversa, 487

J

Júpiter
conjunción y oposición, 23
constelaciones recorridas, 23
datos orbitales, físicos y fotométricos, 234
efemérides, 248
efemérides orbitales, 23
efemérides para observaciones físicas, 249
posición de los satélites galileanos, 272
satélites, 266
visibilidad en este año, 24

L

Luna
apogeos, 226
comparación con otros satélites, 264
coordenadas topocéntricas, 207

culminación, orto y ocaso en Madrid, 209
datos físicos, 204
distancia a la Tierra, 203
eclipses. *Véase* Eclipses
edad, 226
elementos medios orbitales, 203
fases
definición, 20, 225
en este año, 21, 225
libraciones, 204
meses, 204
ocultaciones, 40
órbita, 203
ortos y ocasos en cualquier lugar, 221
paralaje, 205
paso por el meridiano, 224
perigeos, 226
semidiámetro, 205

M

Magnitud
de asteroides brillantes, 299
de cúmulos estelares, 366
de estrellas, 342
definición, 342
de galaxias brillantes, 382
de galaxias del Grupo Local, 377
de los planetas cada 20 días, 243
del Sol: absolutas, aparentes, 172
de objetos Messier, 373
de planetas en oposición, 236
de satélites en oposición, 270
diferencia de magnitud y razón de brillo, 482
máxima de Mercurio, Venus y Marte, 22
media de Júpiter,...Neptuno, 23
Makemake
datos fotométricos, 291
descubrimiento, 292
efemérides, 296
elementos orbitales, 290
masa, tamaño, 291
satélites, 292
traslación, 291
Marte
datos orbitales, físicos y fotométricos, 234
efemérides, 246
efemérides orbitales, 23
efemérides para observaciones físicas, 247
fenómenos en este año, 23
satélites, 266
visibilidad en este año, 24
Mercurio
datos orbitales, físicos y fotométricos, 234
efemérides, 242
efemérides orbitales, 22
efemérides para observaciones físicas, 243
fenómenos para este año, 22
tránsito, 22
visibilidad en este año, 24
Meteoroides
lluvias de meteoros, 319
meteoros, 318

N

Nebulosas. *Véase también* Vía Láctea
de emisión, 369
de reflexión, 368
en catálogo de Messier, 373
planetarias, 370
restos de supernova, 370
Neptuno

conjunción y oposición, 23
constelaciones recorridas, 23
datos orbitales, físicos y fotométricos, 234
descubrimiento, 238
efemérides, 254
efemérides orbitales, 23
efemérides para observaciones físicas, 255
satélites, 266
Nutación
paso de coordenadas medias a verdaderas, 156

O

Objetos menores
asteroides. *Véase* Asteroides
cometas. *Véase* Cometas
estadísticas, 289
meteoroides. *Véase* Meteoroides
planetas enanos. *Véase* Enanos, planetas
Oblicuidad de la eclíptica
durante el año, 171
Observaciones físicas
de los planetas, 242
del Sol, 171
Observatorios
en el mundo, 164
en España, 163
Ocultaciones
de asteroides por la Luna, 42
de estrellas por la Luna, 42
de planetas por el Sol, 41
de planetas por la Luna, 40
Órbita de la Tierra
afelio y perihelio en este año, 20
afelio y perihelio extremos, 20
datos orbitales, 234, 239
Ortos y ocasos
de la Luna, 221
de los planetas, 256
del Sol en cualquier lugar, 192
del Sol en las capitales, 191
del Sol en Madrid, 177
del Sol, orientación, 194

P

Planetas
atmósfera, 238
datos físicos, 237
declinación durante el año, 240
descubrimiento, 238
efemérides, 240
elementos orbitales, 234, 239
fenómenos para este año, 22
fórmulas, 239
fotometría, albedo, 236
magnetosfera, 238
masa, tamaño, 237
ocultaciones por la Luna, 40
órbita, 233
orientaciones y tamaños, 259
ortos y ocasos en cualquier lugar, 256
paso por el meridiano, 257
posiciones heliocéntricas, 258
rotación, 236
satélites. *Véase* Satélites
sistema planetario. *Véase* Sistema solar
tránsitos, 86
traslación, 235
trayectorias anuales, 260
visibilidad en este año, 24
Plutón
datos fotométricos, 291
descubrimiento, 292
efemérides, 294
elementos orbitales, 290
masa, tamaño, 291

satélites, 292
traslación, 291
Polar (estrella)
coordenadas aparentes, 361
coordenadas ecuatoriales J2000, 359
coordenadas horizontales, 360
determinación de la latitud, 360
Polo Norte
de la Vía Láctea, 364
del sistema solar, 233
del Sol, 172
Posiciones geográficas
ciudades españolas, 161
convenios, 19
observatorios españoles, 163
observatorios mundiales, 164
Precesión
cálculo aproximado, 153
cálculo exacto, 155
efecto sobre las coordenadas ecuatoriales, 152

R

Refracción
corrección de la altura observada, 147
fórmula aproximada, 148
Rotación terrestre
día, 150
precesión y nutación, 150
variaciones irregulares, 156

S

Satélites
artificiales, 159
datos físicos, 270
descubrimiento, 268
elementos orbitales, 266
fotometría, 270
nombres, 262
número, 262
periodos, 268
posición de los satélites de Saturno, 278
posición de los satélites galileanos, 272
tamaños, 270
Saturno
conjunción y oposición, 23
constelaciones recorridas, 23
datos orbitales, físicos y fotométricos, 234
efemérides, 250
efemérides orbitales, 23
efemérides para observaciones físicas, 251
inclinación de los anillos, 25
posición de los satélites, 278
satélites, 266
visibilidad en este año, 24
Semana
día de la semana corresp. a una fecha, 131
día de la semana corresp. a un día juliano, 123
numeración, 121
Sistema solar
asteroides. *Véase* Asteroides
cometas. *Véase* Cometas
equivalencia en distancias, 484
meteoroides. *Véase* Meteoroides
sistema planetario, 233
unidades, 233
Sol
abundancia de elementos químicos, 174
acimut de orto y ocaso, 194
afelio y perihelio, 20
cálculos aproximados, 189
coord. ecuatoriales, 175
coord. ecuatoriales aprox., 189
coord. heliográficas, 175

crepúsculos, 197
culminación, orto y ocaso en Madrid, 175
datos físicos, 171
distancia a la Tierra, 189
duración del día, 199
eclipses. *Véase* Eclipses
eje de rotación, P, 175
entrada en signos del zodíaco, 24
luminosidad, 172
manchas solares, 201
movimiento diario, 189
movimiento en el espacio, 173
ocultaciones, 40
órbita, 171
ortos y ocasos en cualquier lugar, 192
ortos y ocasos extremos en Madrid, 200
orto y ocaso en las capitales, 191
paralaje horizontal, 189
paso por el meridiano, 197
paso por el primer vertical, 196
rotación, 172
rotaciones sinódicas, 201
semidiámetro, 189
tiempo de paso del semidiámetro, 189
viento solar, 173
Solsticios
de verano y de invierno, 19
para este año, 20

T

Tiempo
cambio de hora, 107
civil, 98
de efemérides (TE), 91
DUT1, 94
ecuación de los equinoccios. *Véase* Ecuación de los equinoccios
ecuación de tiempo. *Véase* Ecuación de tiempo
emisores de señales de tiempo, 98
escala atómica (TAI), 91
escalas de tiempo, 91
horario adelantado, 101
husos horarios, 101
meses (Luna), 204
oficial
en los países del mundo, 102
explicación, 101
oficial en España, 107
sidéreo, 95
sidéreo local, fórmula, 100
sidéreo medio, 112
sidéreo verdadero en Greenwich día a día, 108
siglo, milenio, 121
solar medio y verdadero, 97
Tiempo Atómico Internacional, 91
Tiempo Dinámico Terrestre (TDT), 92
tiempos dinámicos, 91
Tiempo Terrestre (TT), 92
Universal Coordinado (UTC), 93
Universal (TU, UT1), 92
Tierra
atmósfera, 145
campo magnético, 143
comparación con otros planetas. *Véase* Planetas
distancia al Sol, 189
elipsoide de referencia, 139
forma y tamaño, 139
masa y momento de inercia, 142

periodo de rotación, 114
rotación, 150
satélites, 266
Tránsitos
definición, 86
en los próximos años, 87
Traslación
aberración anual, 158
año, 158
distancias al Sol, 158
velocidades, 158

U

Unidades
astronómicas, 485
día, 91
equivalencias útiles, 233, 485
factores de conversión, 481
segundo, 91
Urano
conjunción y oposición, 23
constelaciones recorridas, 23
datos orbitales, físicos y fotométricos, 234
descubrimiento, 238
efemérides, 252
efemérides orbitales, 23
efemérides para observaciones físicas, 253
satélites, 266
visibilidad en este año, 24

V

Venus
datos orbitales, físicos y fotométricos, 234
efemérides, 244
efemérides orbitales, 22
efemérides para observaciones físicas, 245
fenómenos en este año, 22
tránsito, 22
visibilidad en este año, 24
Vía Láctea
características cerca del Sol, 365
características globales, 364
cúmulos. *Véase* Cúmulos estelares
equivalencia en distancias, 483
nebulosas. *Véase* Nebulosas
nubes moleculares, 371

Z

Zodíaco
definición, 24
entrada del Sol en signos, 24



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 esta información varios artículos de divulgación científica.

EDITA:
O. A. Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG)
General Ibéñez de Ibero, 3 - 28003 Madrid
Teléfono: + 34 91 597 94 53
e-mail: consulta@cnig.es

www.ign.es — www.cnig.es — www.oan.es