Anuario del Real Observatorio Astronómico de Madrid 2024

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA
INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

ANUARIO
DEL
REAL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO
DE MADRID

2024

Título:
Anuario del Real Observatorio Astronómico de Madrid

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

Editado en octubre de 2023.

Publica:
© De esta edición, O. A. Centro Nacional de Información Geográfica, 2023.

Autoría:
© Instituto Geográfico Nacional.
Observatorio Astronómico Nacional.

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

Cubierta:
Imagen de la sombra central, disco de acrecimiento y chorro energético en el agujero negro de la galaxia M87, en la que se aprecia directamente cómo se eyecta el chorro a partir del material que se acreta sobre el agujero negro supermasivo. Las observaciones se realizaron con telescopios de la red global de telescopios de ondas milimétricas (GMVA), ALMA y el telescopio Greenland Telescope. R.-S. Lu (SHAO), E. Ros (MPIfR), S. Dagnello (NRAO/AUI/NSF).

ISBN: 978-84-416-7646-6
ISSN: 0373-5125
ISSN-e: 2660-5759
NIPO: 798-22-036-0
NIPO DIGITAL: 798-22-037-6
DEPÓSITO LEGAL: M-7390-1958
DOI: https://doi.org/10.7419/162.13.2023

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

2024



GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA
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	$-12m21^{s},15$
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	$-10m11^{s},59$
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

Portada y contraportada de este Anuario ilustran un resultado excepcional obtenido durante 2023: la imagen de la sombra central, disco de acrecimiento y chorro energético en el agujero negro de la galaxia M87. En la imagen se aprecia directamente cómo se eyecta el chorro a partir del material que se acreta sobre el agujero negro supermasivo. El pionero resultado fue obtenido con la red global de telescopios de ondas milimétricas (GMVA), red en la que los radiotelescopios de Yebes y del IRAM juegan un papel central. Y en el funcionamiento de estos instrumentos resulta crucial la labor de su personal técnico y de sus astrónomos, entre ellos los del OAN que prestan su apoyo al Observatorio de Yebes.

También en 2023, el IGN ha realizado un importantísimo esfuerzo para mejorar ambos radiotelescopios: el de 40-m en Yebes y el de 30-m del IRAM en Pico Veleta (Granada). En el primero se ha instalado un espejo secundario con movimiento de balanceo (wobbler) y en el segundo un nuevo sistema de servomecanismos. Cofinanciadas con fondos FEDER, estas actuaciones permitirán aumentar la precisión de ambos instrumentos al límite de las posibilidades actuales de la ingeniería. Gracias a estas mejoras, se garantiza que los radiotelescopios permanezcan en la vanguardia científico-tecnológica durante varias décadas, lo que permitirá a nuestros astrónomos seguir participando en muchos más descubrimientos y observaciones revolucionarias.

Otro hito importante alcanzado en 2023, de interés para toda la radioastronomía nacional, ha sido la adhesión formal de España al tratado internacional del Square Kilometre Array (SKA). De esta forma, las empresas nacionales participarán en la construcción de este colosal radiotelescopio, que ya ha comenzado en Australia y en Sudáfrica, y nuestros astrónomos podrán realizar, desde primera línea, observaciones pioneras que sin duda transformarán nuestro conocimiento del universo.

Los artículos de divulgación no pueden faltar en este Anuario. Ya que pronto se cumplirán 50 años del inicio de la construcción del Observatorio de Yebes, su director, Pablo de Vicente, nos ilustra sobre el enorme contenido tecnológico involucrado en la radioastronomía, poniendo énfasis en los importantísimos desarrollos realizados en Yebes. Por su parte, nuestra astrónoma Marina Rodríguez Baras trata un tema de candente actualidad: la búsqueda de vida en el sistema solar.

Rafael Bachiller
Director del Observatorio Astronómico Nacional
Octubre de 2023

Cambios respecto de las ediciones precedentes

En esta edición se ha recuperado el capítulo dedicado a la Tierra, que se suprimió en la anterior y cuyas secciones habían pasado al capítulo dedicado a los datos astronómicos. El texto de este nuevo capítulo ha sido elaborado por nuestra compañera Marina Rodríguez Baras que ha diseñado este apartado incluyendo secciones que amplían la descripción de nuestro planeta, como la dedicada a la atmósfera terrestre, y otras con una importante repercusión en la actualidad, como la proliferación de satélites artificiales en nuestros cielos.

Con esta nueva aportación desaparece el capítulo dedicado a los datos astronómicos cuyas secciones se han reubicado pasando al capítulo Tierra algunas de ellas y formando parte las demás de un apéndice de tablas astronómicas, otra de las novedades de esta edición. Por tanto, el Anuario queda dividido en ocho capítulos más un apéndice.

Nuestro compañero José Antonio Bolonio ha sido el encargado de realizar la maquetación del Anuario y de diseñar las imágenes que lo ilustran.

Información relativa al Observatorio Astronómico Nacional (OAN) puede ser obtenida a través de internet en ***http://astronomia.ign.es***. En tal dirección electrónica se encuentran sucintas descripciones de las principales actividades y áreas de investigación científica del OAN, además de información al público relativa a efemérides astronómicas. El anuario en formato digital puede descargarse gratuitamente en la sección dedicada a las publicaciones:

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

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.

María Sánchez Ramos.
Astrónoma.

Observatorio Astronómico Nacional (IGN)

Astrónomos del OAN a fecha de 1 de octubre de 2023

Bachiller García, Rafael, *Director*

Alcolea Jiménez, Javier
Alonso Albi, Tomás (excedencia temporal)
Baño Esplugues, Gisela
Bujarrabal Fernández, Valentín
Chacón Tanarro, Ana
Colomer Sanmartín, Francisco
Desmurs, Jean-François
Díaz Luis, José Jairo
Fuente Juan, María Asunción (excedencia temporal)
García Burillo, Santiago
García Miró, Cristina
Gómez Garrido, Miguel
Jiménez Donaire, María Jesús
Marcelino Lluch, Nuria
Pérez Díez, Víctor
Querejeta Pérez, Miguel
Rioja Capellán, María José (servicios especiales)
Rivière Marichalar, Pablo
Rodríguez Baras, Marina
Sánchez Ramos, María
Santander García, Miguel
Soria Ruiz, Rebeca (excedencia temporal)
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 2024 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 23
1.2. Visibilidad de los planetas en 2024 24
1.3. Ocultaciones por la Luna o el Sol en 2024 39
Ocultaciones de planetas por la Luna 39
Ocultaciones de planetas por el Sol 40
Ocultaciones de grandes asteroides por la Luna 40
Ocultaciones de estrellas brillantes por la Luna 41
Características de las ocultaciones fuera de Madrid 42
1.4. Fenómenos astronómicos día a día 43
1.5. Eclipses de Sol 68
Magnitud de los eclipses de Sol 68
Mapas y tablas de los eclipses de Sol 69
Eclipses de Sol en 2024 69
Eclipses de Sol en los próximos años 74
Eclipses de Sol visibles en España en los próximos años . . . 74
1.6. Eclipses de Luna 76
Magnitud de los eclipses de Luna 77
Mapas y tablas de los eclipses de Luna 77
Eclipses de Luna en 2024 77
Eclipses de Luna en los próximos años 82
1.7. Tránsitos 82

2. La medida del tiempo 85
2.1. Escalas de tiempo 87
Escala atómica: TAI 87
Escalas dinámicas: TE $\simeq$ TDT $\simeq$ TT, TDB 87
Escala ligada a la rotación de la Tierra: TU (UT1) 88
Escala de difusión mundial: UTC 89
Tiempo sidéreo: θ_v, θ_m 91
Tiempos solares 93
Emisores de señales de tiempo 94
Relaciones válidas en el año 96
2.2. Tiempo oficial y husos horarios 97
La hora en España 103

2.3. Tablas de tiempos 104
2.4. Los calendarios 116
Escritura numérica de fechas 116
Numeración de las semanas 117
2.5. Día juliano 117
2.6. Calendarios del mundo 120
Calendario gregoriano 120
Calendario católico para 2024 120
Calendario juliano 122
Cronología 123
Calendario musulmán 123
Calendario israelita 125
Calendario perpetuo 127

3. Tierra 131

3.1. Parámetros físicos de la Tierra 135
Forma y tamaño 135
Luminosidad 137
Masa y momento de inercia 138
Gravedad 138
Campo magnético 139
3.2. Atmósfera 141
Estructura y composición 141
Refracción atmosférica 143
3.3. Rotación terrestre 146
Datos generales 146
Precesión y nutación 146
Variaciones irregulares de la rotación terrestre 152
3.4. Traslación terrestre 153
Parámetros orbitales medios J2000 153
Distancias al Sol 154
Tiempos 154
Velocidades 154
Corrección de las coordenadas por aberración ánua 154
3.5. Satélites artificiales 155
3.6. Posiciones geográficas 157
Ciudades españolas 157
Observatorios astronómicos profesionales españoles 159
Observatorios astronómicos profesionales internacionales . 160

4. Sol y Luna 163

4.1. Datos solares 165
Elementos medios de la órbita para 2024 165
Longitud verdadera (error < 30″) 165

Duración de los años. 165
Distancia media. 165
Datos físicos 165
Rotación 166
Luminosidad. 166
Fotosfera solar 167
Campo magnético solar. 167
Viento solar 167
Movimiento del Sol. 167
Elementos químicos en el sistema solar 168
Constantes para la época J2000.0 168
4.2. Efemérides solares diarias para el año 2024 169
Cálculos aproximados 170
4.3. Fórmulas para cálculos aproximados 183
4.4. Ortos, ocasos y pasos del Sol por el meridiano 185
Cálculo de orto y ocaso del Sol 185
Paso del Sol por el meridiano 191
Crepúsculos 191
Tiempo de insolación (o duración del día) 193
4.5. Rotaciones sinódicas y manchas solares 195
Rotaciones sinódicas del Sol. 195
Manchas solares 195
4.6. Datos lunares 197
Elementos medios de la órbita para 2024 197
Coordenadas eclípticas verdaderas 197
Distancia 197
Otros datos orbitales 197
Traslación y rotación 198
Datos físicos 198
Datos fotométricos. 199
Distancia, semidiámetro y paralaje horizontal de la Luna . . 199
4.7. Coordenadas topocéntricas de la Luna 201
4.8. Efemérides de la Luna para 2024 202
4.9. Ortos, ocasos y pasos de la Luna por el meridiano. 215
Cálculo del orto y ocaso de la Luna. 215
Paso de la Luna por el meridiano. 218
4.10. Fases de la Luna. 219
4.11. Perigeos y apogeos. 220
Valores extremos en los siglos XX y XXI. 221

5. Planetas y satélites 223

5.1. Datos planetarios. 225
Sistema planetario 225
Elementos orbitales 225

Datos físicos 229
Fórmulas 231
5.2. Efemérides planetarias para el año 232
Brillo. 233
Iluminación 233
Orientación 233
5.3. Ortos, ocasos y pasos de los planetas por el meridiano. . . . 248
Cálculo del orto y ocaso de los planetas. 248
Paso de los planetas por el meridiano. 249
5.4. Situación y apariencia de los planetas 250
Posición heliocéntrica de los planetas. 250
Orientaciones y tamaños de los planetas. 251
Trayectorias de los planetas a lo largo del año 252
5.5. Satélites naturales 254
Nombres de los satélites 254
Elementos orbitales y datos físicos de los satélites 257
Posiciones relativas de los satélites galileanos de Júpiter . . 264
Posiciones relativas de los satélites de Saturno. 270

6. Objetos menores del sistema solar 277

6.1. Estadísticas de objetos menores 279
6.2. Planetas enanos 279
Elementos orbitales y físicos de los planetas enanos 280
Efemérides de los planetas enanos. 283
6.3. Asteroides 288
Asteroides cercanos a la Tierra 291
Efemérides de los asteroides 292
6.4. Cometas 300
Cometas periódicos que pasan por su perihelio 300
Cometas de largo periodo 301
Cometas de corto periodo 302
6.5. Meteoros y lluvias de meteoros. 306

7. Estrellas y galaxias 309

7.1. Constelaciones 311
7.2. Estrellas con nombre propio 320
Estrellas con nombre propio ordenadas por constelación . . 323
7.3. Estrellas más cercanas 325
7.4. Estrellas con mayor movimiento propio 326
7.5. Estrellas brillantes 327
7.6. Estrellas dobles 334
7.7. Estrellas variables 336
Variables eruptivas. 336

Variables pulsantes 337
Variables rotantes 337
Variables cataclísmicas 337
Variables eclipsantes 337
Variables emisoras de rayos X. 338
Efemérides β Lyrae, β Persei y estrellas Mira 338
7.8. Estrella Polar 343
Consideraciones previas 343
Predicción de las coordenadas horizontales de la Polar . . . 344
Determinación de la latitud 344
Determinación de la meridiana 344
Coordenadas Hipparcos y otros parámetros. 345
Posiciones aparentes de la Polar 345
7.9. La Vía Láctea 348
Características de la Vía Láctea 348
Cúmulos estelares 350
Nebulosas 352
Nubes moleculares. 355
Épocas de observación 356
Catálogo Messier de objetos difusos 356
7.10. Objetos extragalácticos 360
Galaxias 360
Cuásares y otros objetos lejanos 367
Cúmulos y supercúmulos de galaxias 368
Tabla comparativa de distancias extragalácticas 370
Los objetos más lejanos. 372
7.11. Moléculas en el medio interestelar y circunestelar. 373

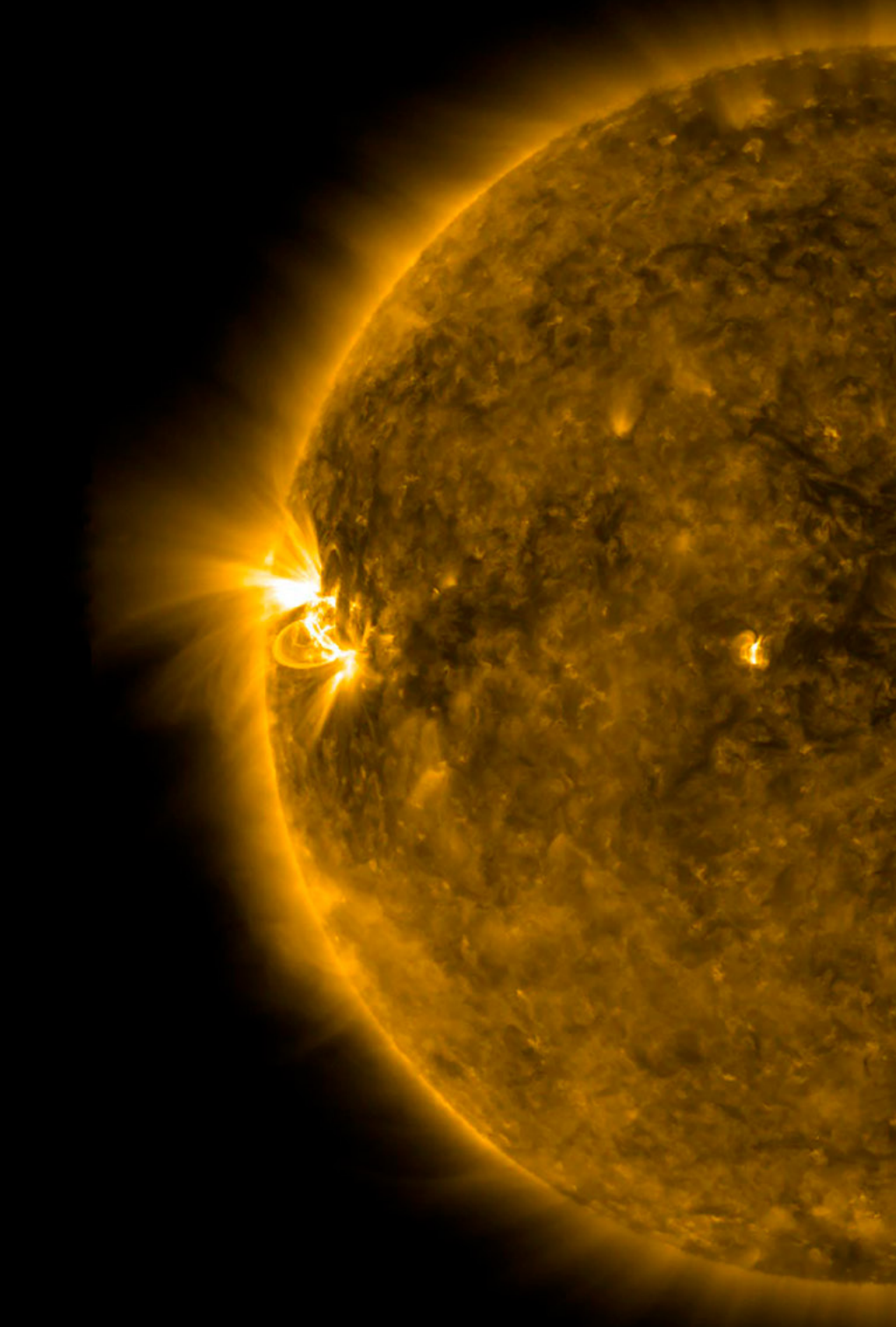
8. Artículos de divulgación 379

Tecnología para la radioastronomía
Pablo de Vicente 381
La búsqueda de vida en el sistema solar
Marina Rodríguez Baras 409

Datos astronómicos 431
Constantes físicas y astronómicas 432
Factores de conversión de interés práctico 433
Relación entre diferencia de magnitud y razón de brillo . . . 434
Prefijos del Sistema Internacional de Unidades. 434
Equivalencias de distancias 435
Interpolación 437

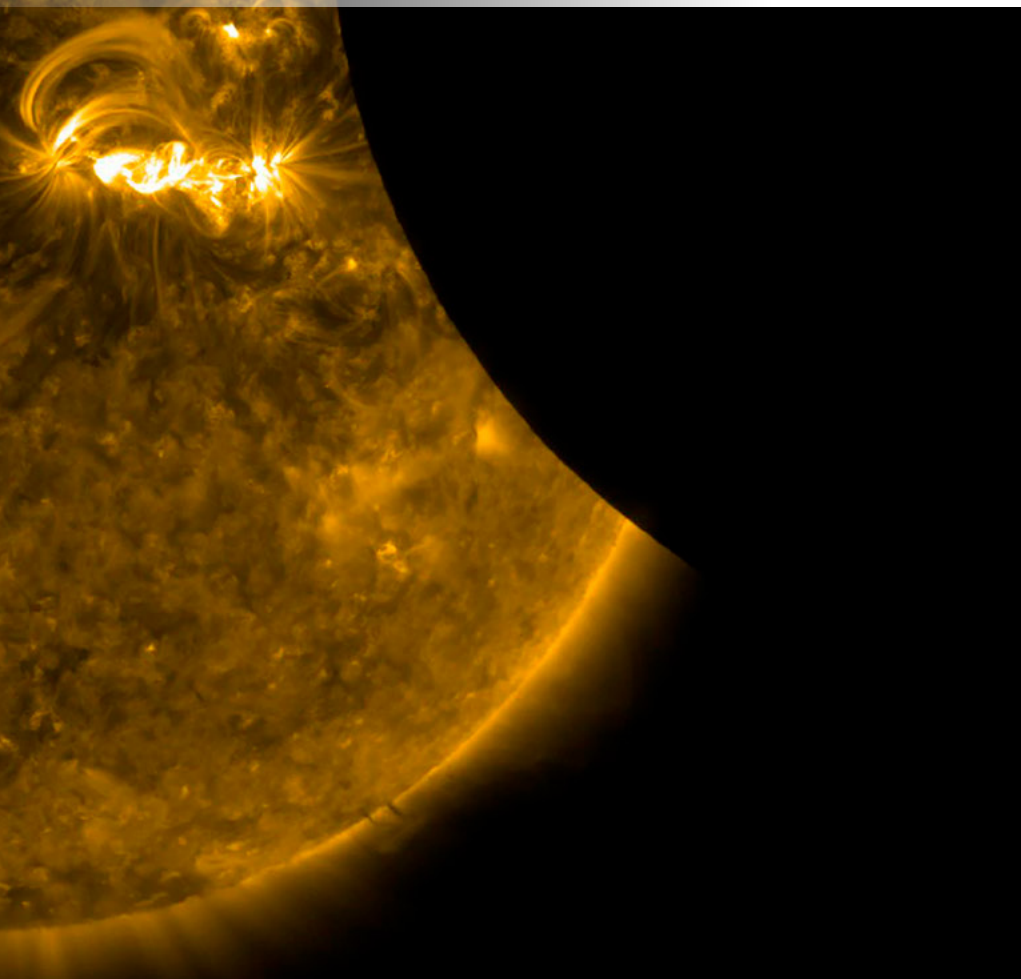
Eventos en el Observatorio. 441

Índice alfabético de materias 445



CAPÍTULO 1

Fenómenos celestes del año



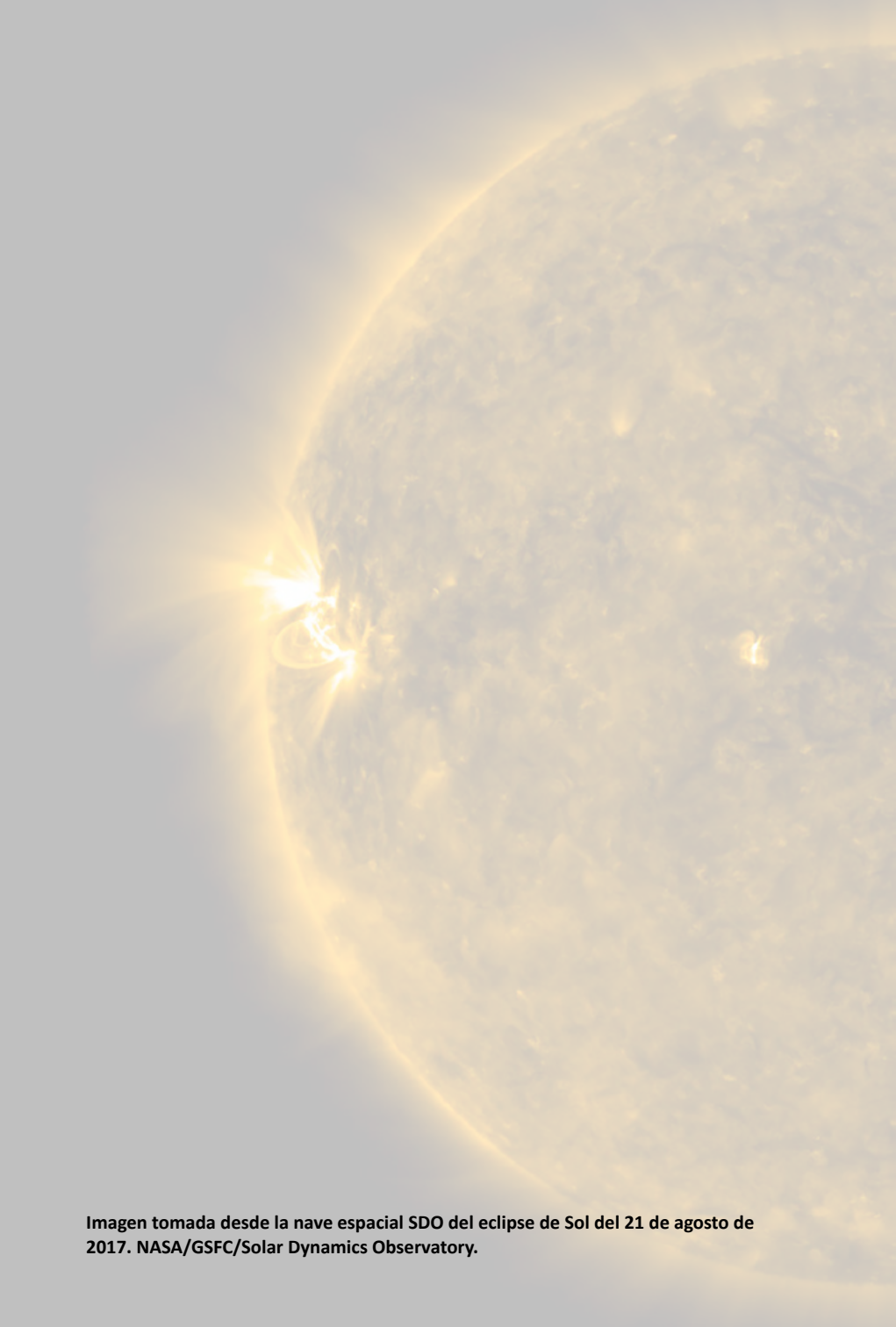


Imagen tomada desde la nave espacial SDO del eclipse de Sol del 21 de agosto de 2017. NASA/GSFC/Solar Dynamics Observatory.

1.1. El cielo de 2024

En esta sección figuran: un resumen de las efemérides y fenómenos astronómicos más relevantes del año, una lista mes a mes de diversos fenómenos astronómicos junto con un mapa celeste mostrando el aspecto del cielo tras anochecer, y, finalmente, una descripción de los eclipses de Sol y de Luna que tendrán lugar durante el año.

Convenios

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

- La **escala de tiempos** usada para dar los **instantes** y las **fechas** de todas las efemérides es la escala de **Tiempo Universal** (UT1), salvo si se indica otra.
- Con respecto a las **coordenadas geográficas**, la **latitud** se considera positiva al Norte y negativa al Sur del ecuador terrestre, tomando valores entre −90° y +90°. 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:

$$\text{día juliano} = 2\,460\,309{,}5 + \text{día del año} + \text{TU}/24^h$$

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

Inicio de las estaciones 2024

Hemisferio boreal	Fecha y hora en Tiempo Universal (TU)	Hemisferio austral	duración en días
Primavera	20 de marzo a las $03^{h}\ 06^{m}$	Otoño	92,74
Verano	20 de junio a las $20^{h}\ 51^{m}$	Invierno	93,66
Otoño	22 de setiembre a las $12^{h}\ 44^{m}$	Primavera	89,86
Invierno	21 de diciembre a las $09^{h}\ 21^{m}$	Verano	88,99

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 2024

Perihelio (distan. mínima)	3 de enero a las 01^{h} TU	0,983307 ua
Afelio (distan. máxima)	5 de julio a las 05^{h} TU	1,016726 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 2024

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	04 03 30
Ene	11 11 57	Ene	18 03 53	Ene	25 17 54	Feb	02 23 18
Feb	09 22 59	Feb	16 15 01	Feb	24 12 30	Mar	03 15 24
Mar	10 09 00	Mar	17 04 11	Mar	25 07 00	Abr	02 03 15
Abr	08 18 21	Abr	15 19 13	Abr	23 23 49	May	01 11 27
May	08 03 22	May	15 11 48	May	23 13 53	May	30 17 13
Jun	06 12 38	Jun	14 05 18	Jun	22 01 08	Jun	28 21 53
Jul	05 22 57	Jul	13 22 49	Jul	21 10 17	Jul	28 02 52
Ago	04 11 13	Ago	12 15 19	Ago	19 18 26	Ago	26 09 26
Set	03 01 56	Set	11 06 06	Set	18 02 34	Set	24 18 50
Oct	02 18 49	Oct	10 18 55	Oct	17 11 26	Oct	24 08 03
Nov	01 12 47	Nov	09 05 55	Nov	15 21 29	Nov	23 01 28
Dic	01 06 21	Dic	08 15 27	Dic	15 09 02	Dic	22 22 18
Dic	30 22 27						

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). Asímismo, habrá 230 eclipses lunares, 85 de ellos totales, 58 parciales y 87 penumbrales.

Eclipses 2024

Fecha	Astro	Tipo	Visibilidad
Mar 25	Luna	penumbral	América
Abr 08	Sol	total	Norteamérica y Centroamérica
Set 18	Luna	parcial	América, Europa y África
Oct 02	Sol	anular	Pacífico y sur de Sudamérica

El eclipse solar del 8 de abril será visible como parcial desde las islas más occidentales de Canarias y el extremo noroeste de la península con una magnitud muy limitada, ya que el Sol se pone cuando el eclipse acaba de comenzar.

El eclipse parcial de Luna del 18 de setiembre será visible en toda España pero el grado de oscurecimiento será muy escaso.

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											
	Oeste			Este			Oeste			Este	
Ene	12	23º5	Mar	24	18º7	May	9	26º4	Jul	22	26º9
Set	5	18º1	Nov	16	22º7	Dic	25	21º8			

Órbita	
Estacionario	Ene 2, Abr 24, Ago 28, Dic 15
Conjunción superior	Feb 28, Jun 14, Set 30
Estacionario	Abr 1, Ago 4, Nov 26
Conjunción inferior	Abr 11, Ago 19, Dic 6
Perihelio	Mar 17, Jun 13, Set 9, Dic 6
Afelio	Feb 2, Abr 30, Jul 27, Oct 23

Brillo máximo (magnitud V)		
Feb	29	−1,8
Jun	14	−2,3
Set	30	−1,7

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

Venus

Órbita		
Conjunción superior	Jun 4	1,735 ua
Perihelio	Jul 10	
Afelio	Mar 19, Oct 23	

Brillo máximo (magnitud V)		
Dic	31	−4,4

Venus será ocultado por el Sol en su conjunción del 4 de junio. El próximo tránsito de Venus por delante del Sol se producirá el 11 de diciembre de 2117.

Marte

Órbita		
Perihelio	May 8	1,381 ua
En nodo ascendente	Set 6	
Estacionario	Dic 7	
Estaciones en el hemisferio Norte:		
Equinoccio de otoño	Ene 12	
Solsticio de invierno	Jun 7	
Equinoccio de primavera	Nov 12	

Brillo máximo (magnitud V)		
Dic	31	−1,2

Planetas exteriores

Planeta	Estacionario	Conjunción	Estacionario	Oposición	Estacionario
Júpiter		May $18^d\ 18^h$	Oct $09^d\ 07^h$	Dic $07^d\ 20^h$	
Saturno		Feb $28^d\ 21^h$	Jun $30^d\ 21^h$	Set $08^d\ 04^h$	Nov $16^d\ 06^h$
Urano	Ene $27^d\ 11^h$	May $13^d\ 09^h$	Set $01^d\ 16^h$	Nov $17^d\ 02^h$	
Neptuno		Mar $17^d\ 12^h$	Jul $03^d\ 03^h$	Set $21^d\ 00^h$	Dic $08^d\ 11^h$

Planeta	Distancia media al Sol (ua)	Brillo medio en magnitudes	Constelaciones recorridas
Júpiter	5,0	−2,3	Aries/Tauro
Saturno	9,7	+0,9	Acuario
Urano	19,6	+5,8	Aries/Tauro
Neptuno	29,9	+7,8	Piscis

Los días 8 de setiembre y 6 de diciembre se producirán los máximos acercamientos anuales de Saturno y Júpiter a la Tierra, alcanzando unos diámetros de 19″,2 y 48″,2, respectivamente.

El próximo paso de la Tierra por el plano de los anillos de Saturno tendrá lugar el 23 de marzo de 2025, siendo la inclinación media de sus anillos en 2024 de 4°.

Entrada del Sol en los signos del zodíaco

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

Entrada del Sol en los signos del zodíaco (TU)

Acuario	Ene	20^d	14^h	08^m	Leo	Jul	22^d	07^h	45^m
Piscis	Feb	19^d	04^h	14^m	Virgo	Ago	22^d	14^h	55^m
Aries	Mar	20^d	03^h	07^m	Libra	Set	22^d	12^h	44^m
Tauro	Abr	19^d	14^h	00^m	Escorpio	Oct	22^d	22^h	15^m
Géminis	May	20^d	12^h	59^m	Sagitario	Nov	21^d	19^h	57^m
Cáncer	Jun	20^d	20^h	51^m	Capricornio	Dic	21^d	09^h	21^m

1.2. Visibilidad de los planetas en 2024

Planeta	En el crepúsculo matutino	En el crepúsculo vespertino
Mercurio	Ene 1 – Feb 11	Mar 9 – Abr 4
	Abr 28 – Jun 8	Jun 22 – Ago 8
	Ago 27 – Set 21	Oct 17 – Nov 30
	Dic 12 – Dic 31	
Venus	Ene 1 – Abr 28	Jul 11 – Dic 31
Marte	Ene 1 – Dic 31	
Júpiter		Ene 1 – May 5
	Jun 1 – Dic 13	Dic 2 – Dic 31
Saturno		Ene 1 – Feb 12
	Mar 24 – Set 13	Set 2 – Dic 31
Urano		Ene 1 – Abr 16
	Jun 17 – Nov 22	Nov 9 – Dic 31

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

En las dos figuras de la página siguiente se representa la altura sobre el horizonte de cada uno de los planetas visibles, en el instante de los crepúsculos civiles, para los diversos meses del año y a la latitud de Madrid. Se dice que el crepúsculo civil empieza o acaba cuando el centro del disco solar se encuentra 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.

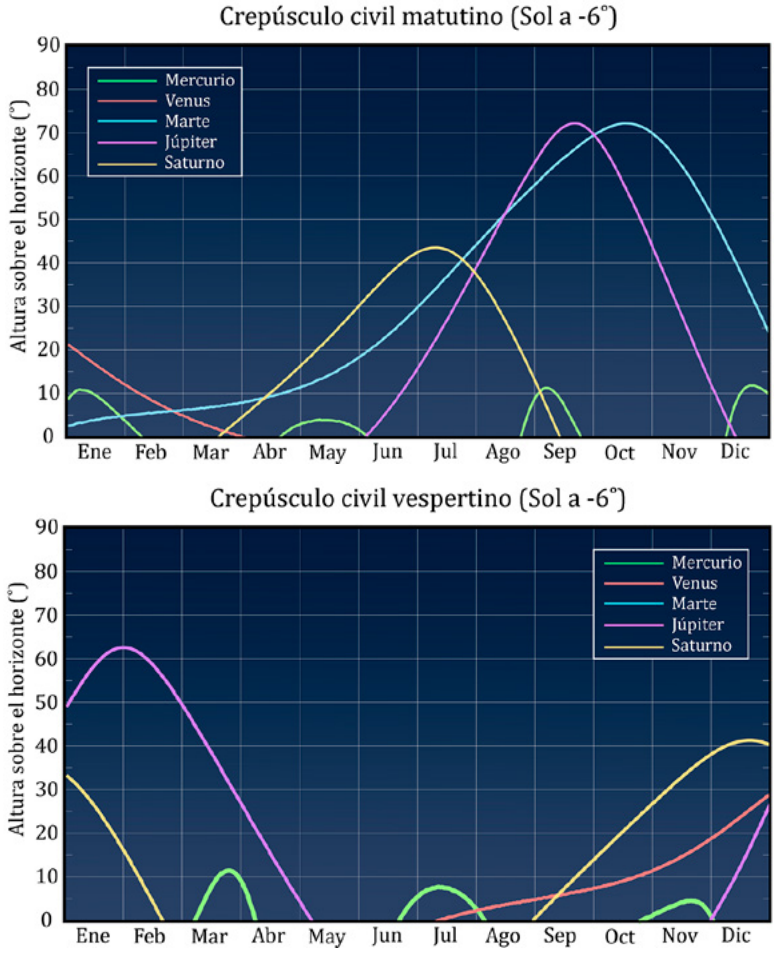
En el año 2024 Mercurio será visible en diversas ocasiones antes de amanecer, como se indica en la tabla y en las ilustraciones siguientes. El brillo es mayor hacia el final de cada uno de los periodos, lo que hace más favorable la observación. Será también visible en varias épocas en el crepúsculo vespertino, siendo su brillo mayor al principio de cada periodo.

Venus se verá como lucero matutino desde primeros de año hasta abril, alcanzando brillo máximo al comienzo del año (magnitud −4,0). Y como lucero vespertino desde mediados de julio hasta finales de año, con brillo máximo al finalizar el año (magnitud −4,4).

Marte será visible al amanecer durante todo el año, con máximo brillo a finales de 2024 (magnitud −1,2). No será visible al atardecer.

Júpiter será visible al atardecer desde enero hasta primeros de mayo. Se verá al amanecer de junio a primeros de diciembre, momento en que será visible toda la noche. Pasará a verse solo al atardecer desde mediados de diciembre a fin de año.

Saturno será visible al atardecer de enero a mediados de febrero. Se verá al amanecer desde finales de marzo a primeros de setiembre, momento en que será visible toda la noche. Pasará a ser visible solo al atardecer de mediados de setiembre a finales de año. La inclinación media de sus anillos será de 4º.



Visibilidad de los planetas mes a mes

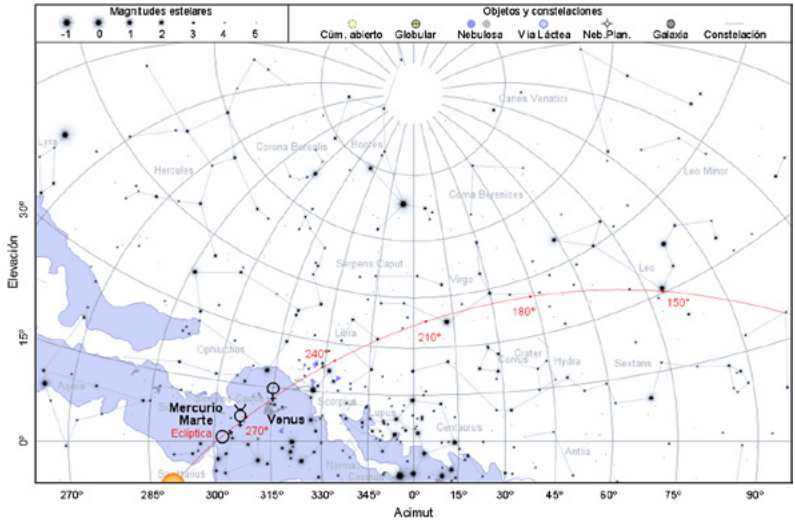
Enero	Al amanecer serán visibles Mercurio, Venus y Marte y al atardecer Júpiter, Saturno y Urano.
Febrero	Al amanecer serán visibles Venus y Marte. Júpiter, Urano y, hasta mediados de mes, Saturno serán visibles al atardecer.
Marzo	Venus, Marte y, desde mediados de mes, Saturno serán visibles al amanecer. Mercurio, Júpiter y Urano al atardecer.
Abril	Marte y Saturno continuarán siendo los luceros matutinos y Júpiter y, hasta mediados de mes, Urano serán los vespertinos.
Mayo	Al amanecer serán visibles Marte, Saturno y Mercurio. No habrá planetas en el cielo vespertino.
Junio	Marte, Júpiter, Saturno y, desde mediados de mes, Urano serán visibles al amanecer. El cielo vespertino seguirá sin planetas.
Julio	Marte, Júpiter, Saturno y Urano serán visibles al amanecer. Mercurio y, desde mediados de mes, Venus serán visibles al atardecer.
Agosto	Marte, Júpiter, Saturno y Urano serán visibles al amanecer y Venus al atardecer.
Septiembre	Serán visibles al amanecer Marte, Júpiter, Urano y Mercurio. Saturno será visible toda la noche en la primera quincena, pasando a ser visible solo al atardecer junto a Venus.
Octubre	Marte, Júpiter y Urano se verán al amanecer, Venus y Saturno al atardecer.
Noviembre	Marte, Júpiter y Urano se verán al amanecer, pasando el último a ser visible toda la noche en la segunda quincena. Al amanecer serán visibles Mercurio, Venus, Saturno y, desde mediados de mes, Urano.
Diciembre	Mercurio y Marte serán visibles al amanecer. Júpiter será visible toda la noche durante la primera quincena, pasando a ser visible solo al atardecer junto a Venus, Saturno y Urano.

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

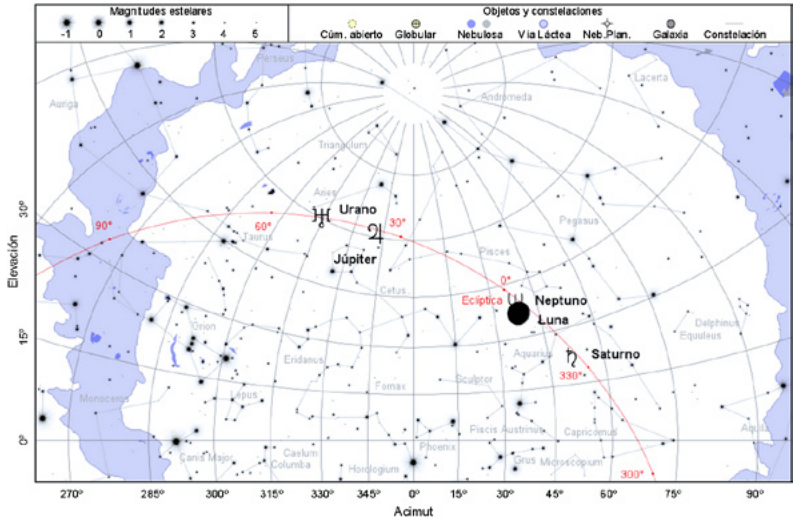
En las páginas siguientes se muestra el aspecto del cielo nocturno meridional en Madrid para el día 15 de cada mes, con indicación de la posición de los planetas visibles a la hora indicada. Esta corresponde a aproximadamente una hora antes de la salida del Sol o una hora después de la puesta del Sol,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

La proyección utilizada es la estereográfica y el área del cielo mostrada corresponde a la mitad meridional, cubriendo 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.

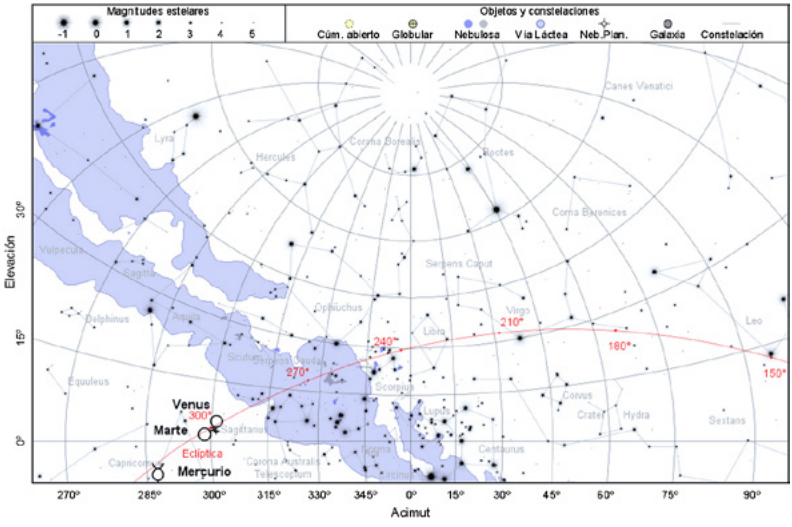
15 de enero de 2024, a las 6:45 TU



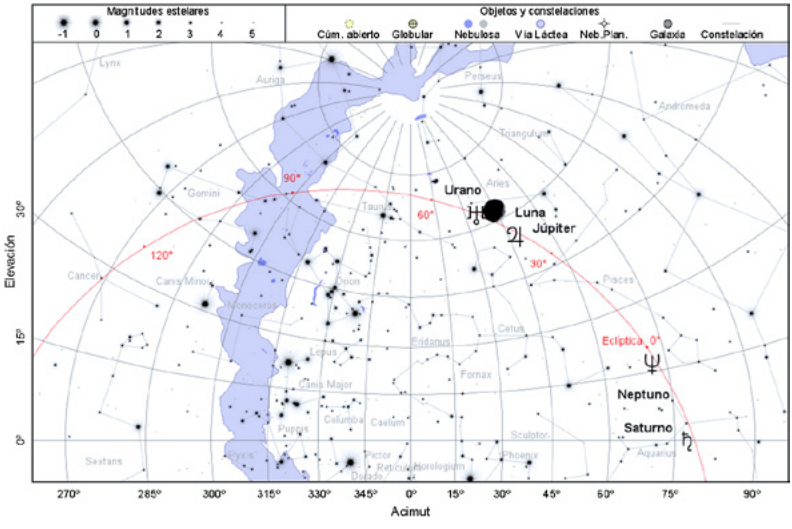
15 de enero de 2024, a las 18:15 TU



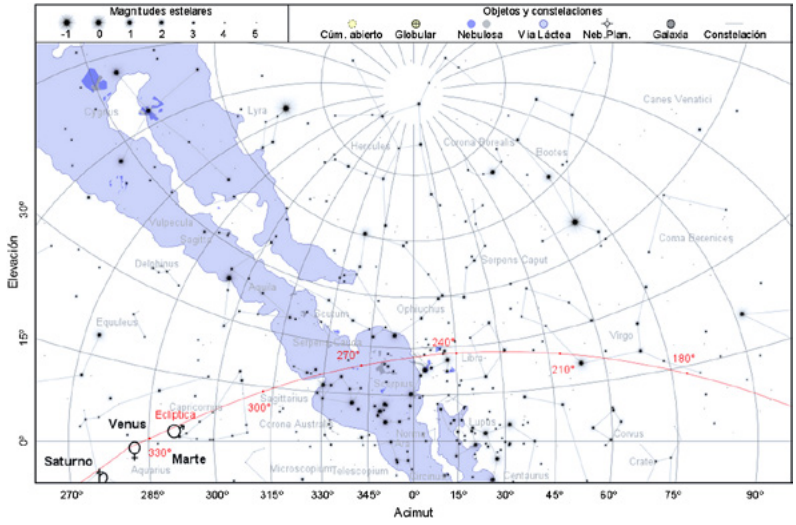
15 de febrero de 2024, a las 6:15 TU



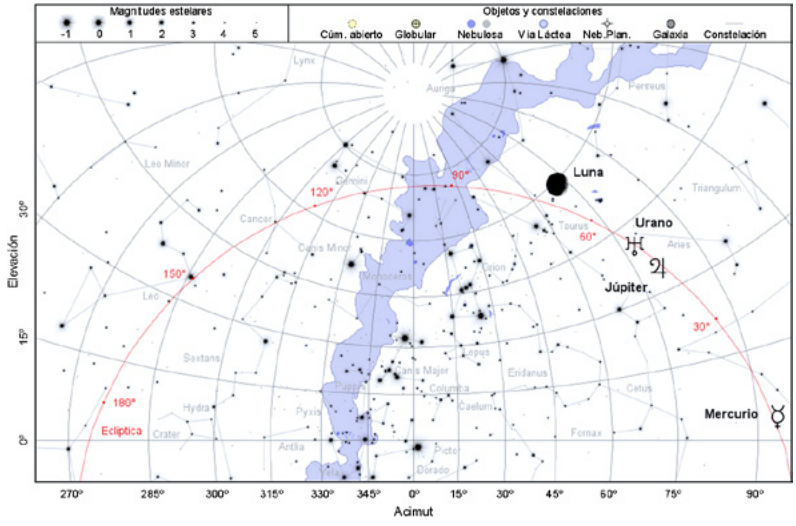
15 de febrero de 2024, a las 18:45 TU



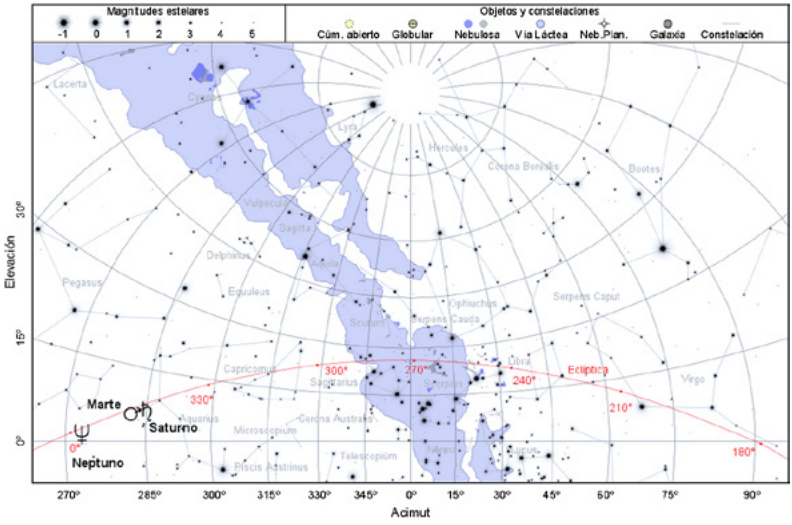
15 de marzo de 2024, a las 5:30 TU



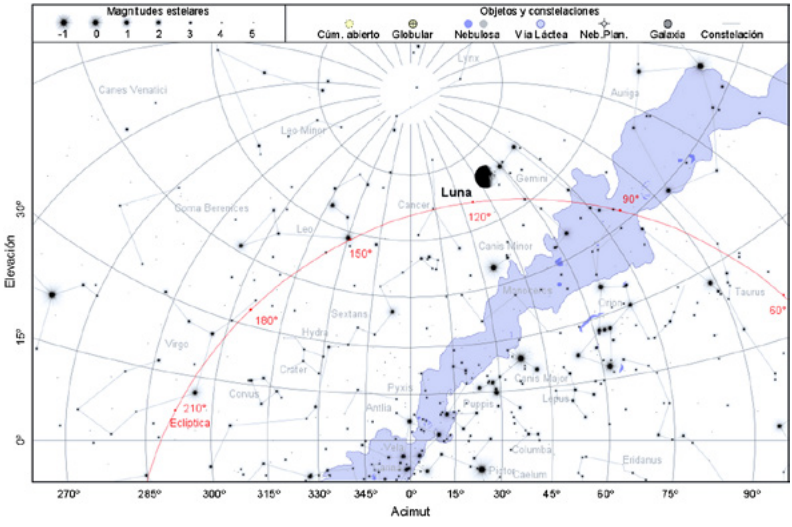
15 de marzo de 2024, a las 19:15 TU



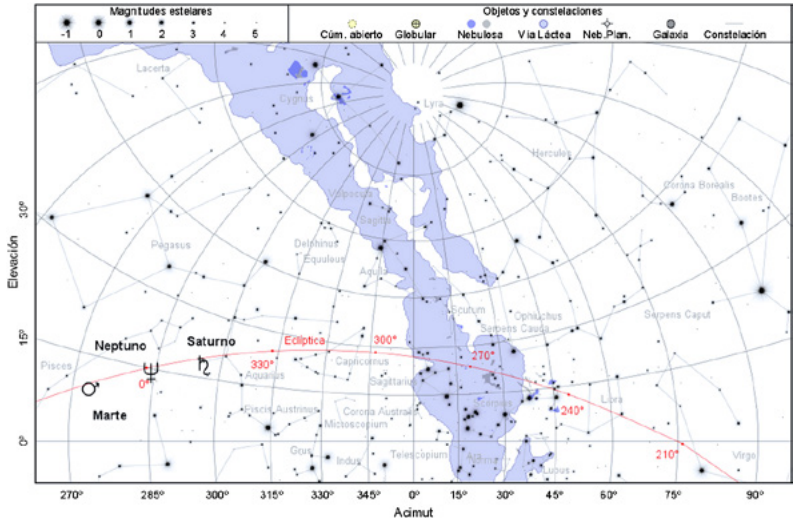
15 de abril de 2024, a las 4:45 TU



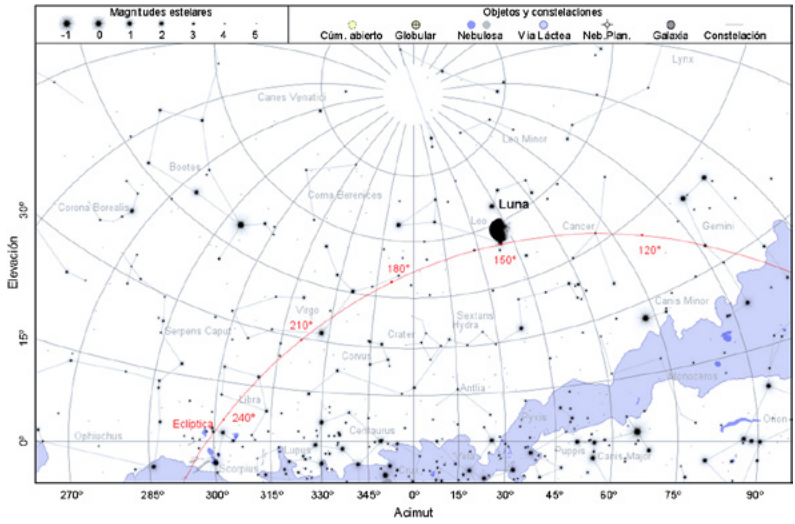
15 de abril de 2024, a las 19:45 TU



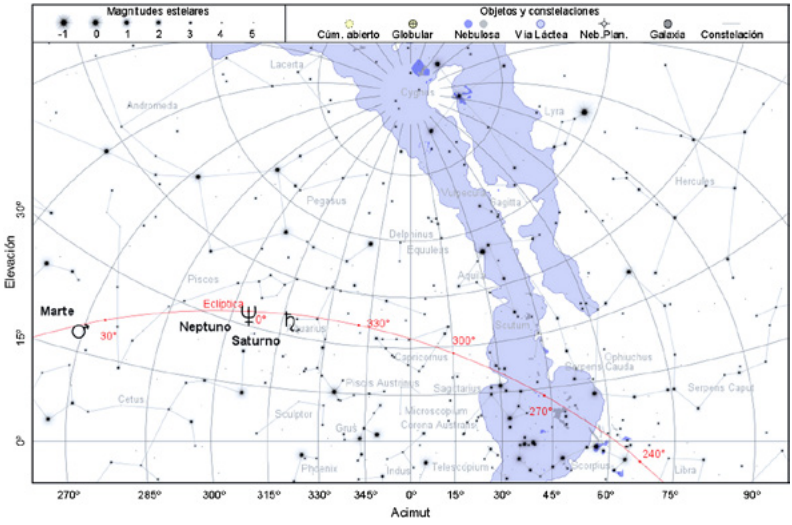
15 de mayo de 2024, a las 4:00 TU



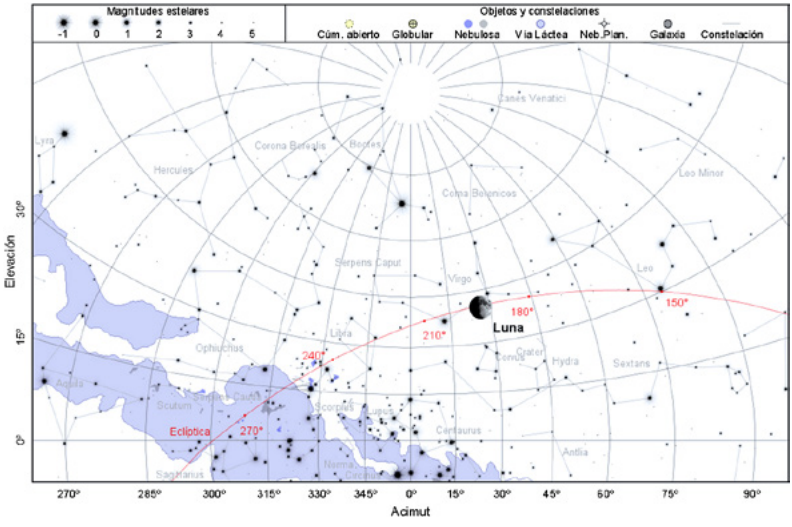
15 de mayo de 2024, a las 20:15 TU



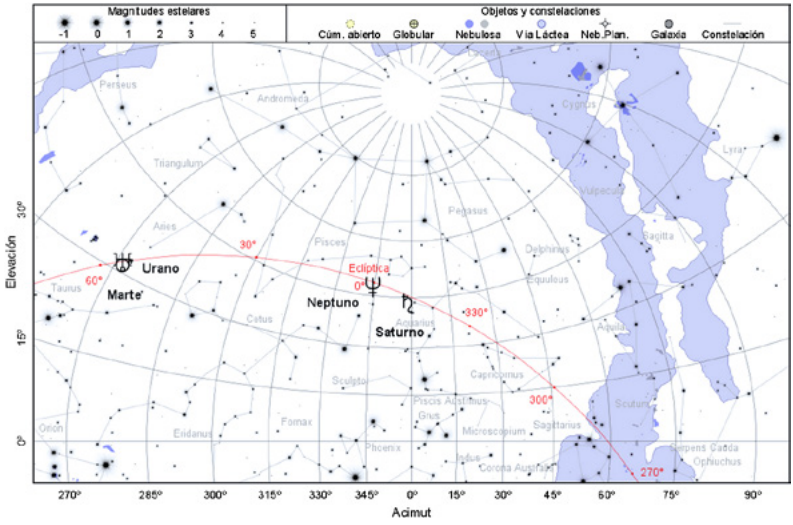
15 de junio de 2024, a las 3:45 TU



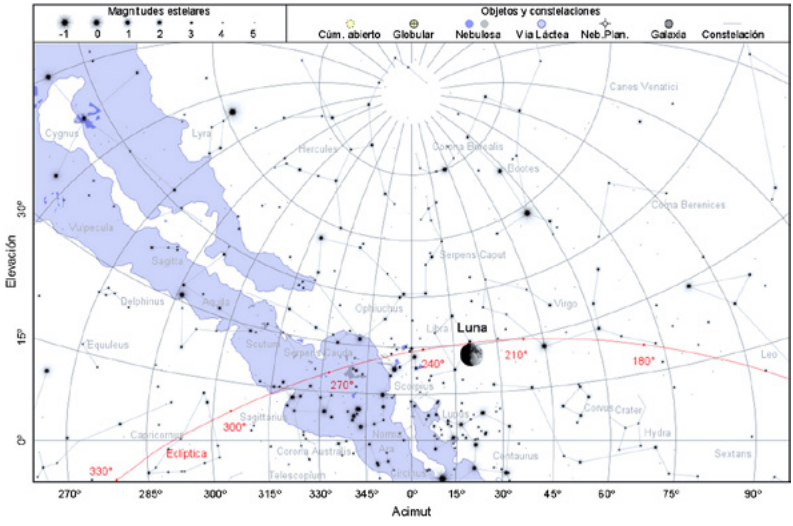
15 de junio de 2024, a las 20:45 TU



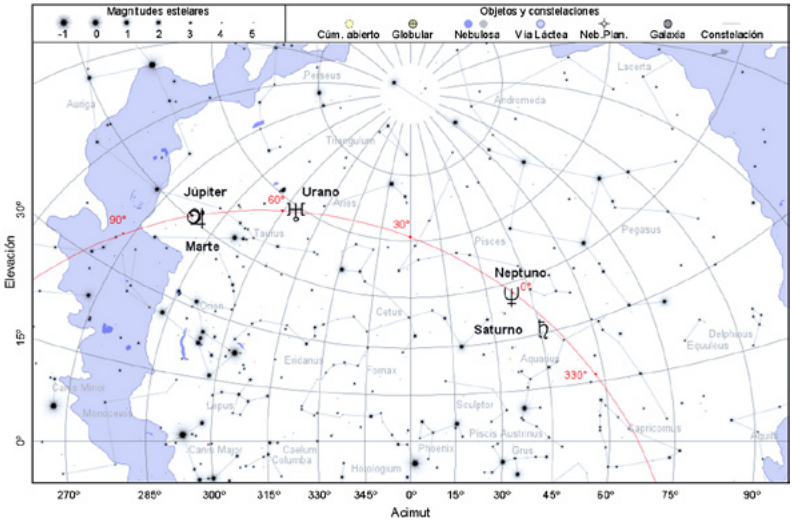
15 de julio de 2024, a las 4:00 TU



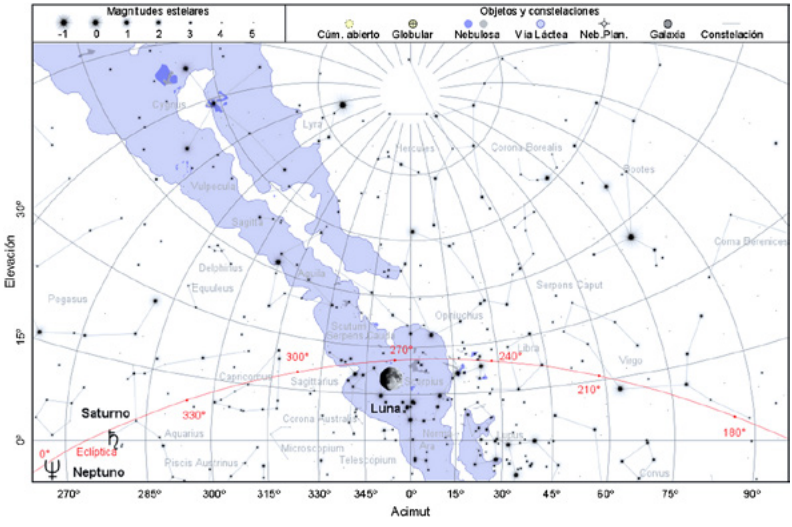
15 de julio de 2024, a las 20:45 TU



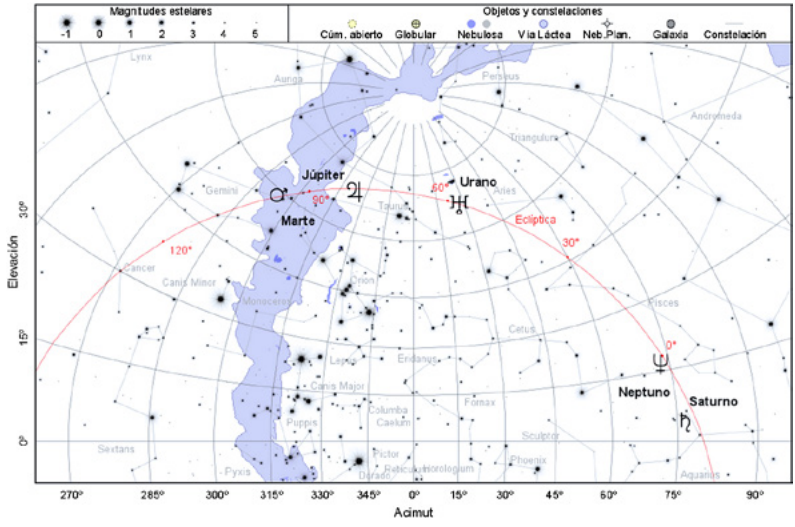
15 de agosto de 2024, a las 4:30 TU



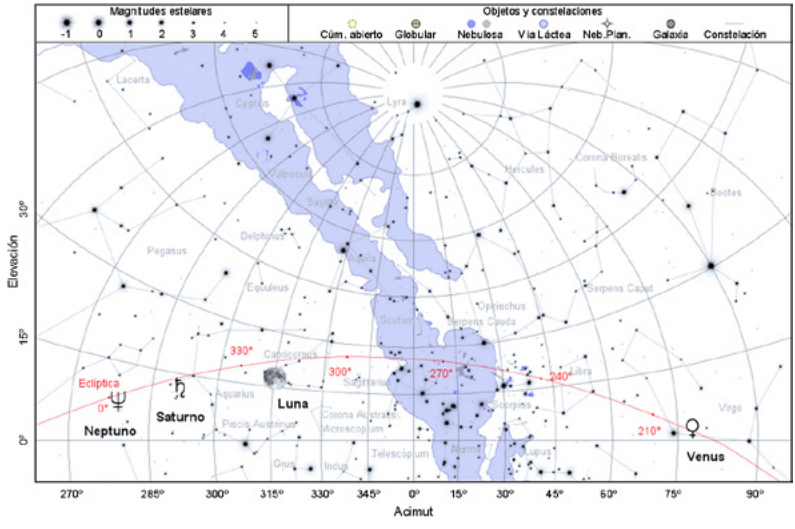
15 de agosto de 2024, a las 20:15 TU



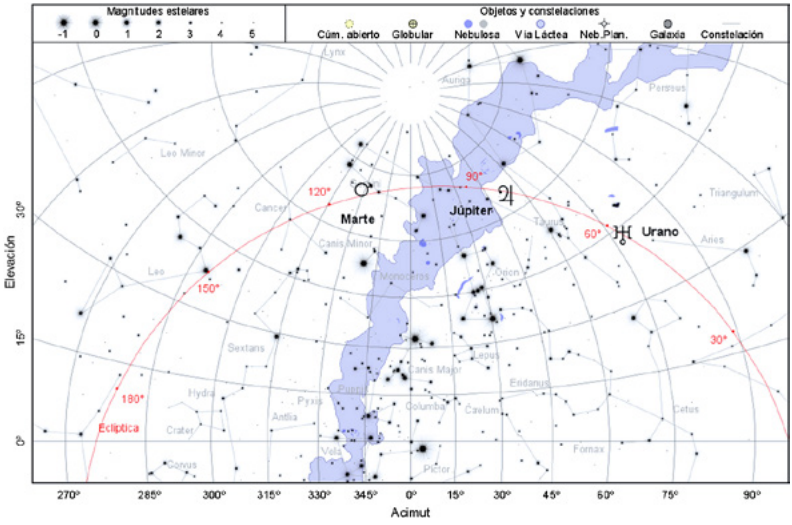
15 de setiembre de 2024, a las 5:00 TU



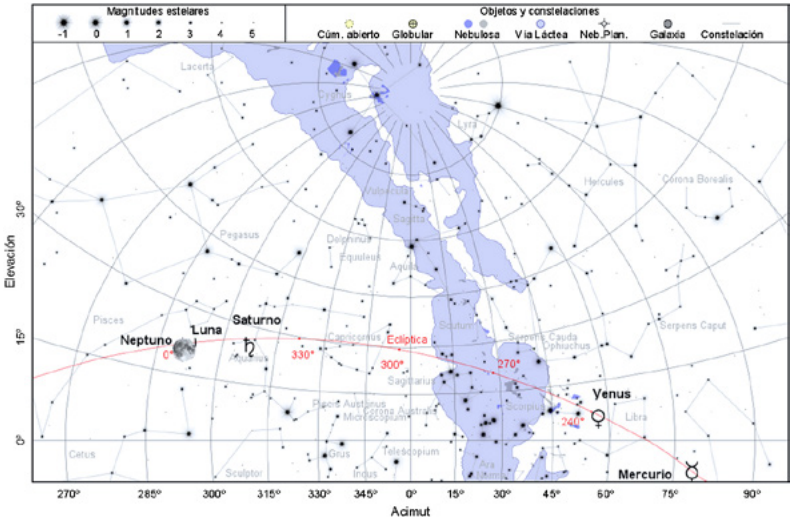
15 de setiembre de 2024, a las 19:15 TU



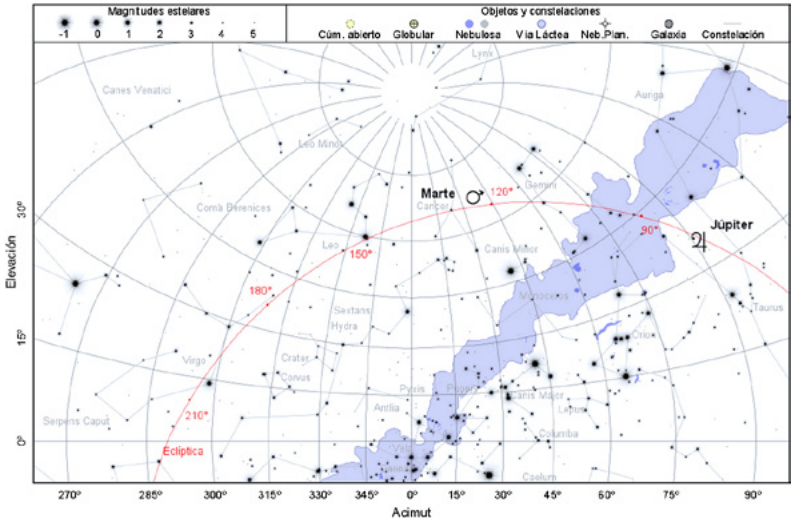
15 de octubre de 2024, a las 5:30 TU



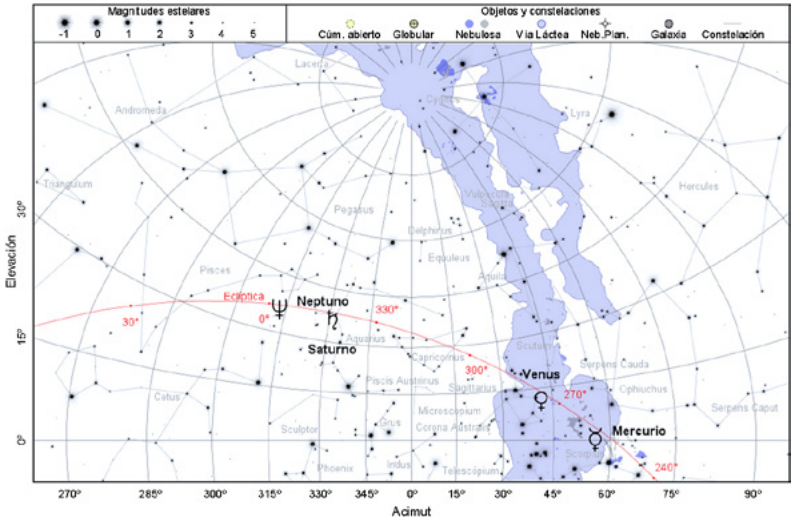
15 de octubre de 2024, a las 18:30 TU



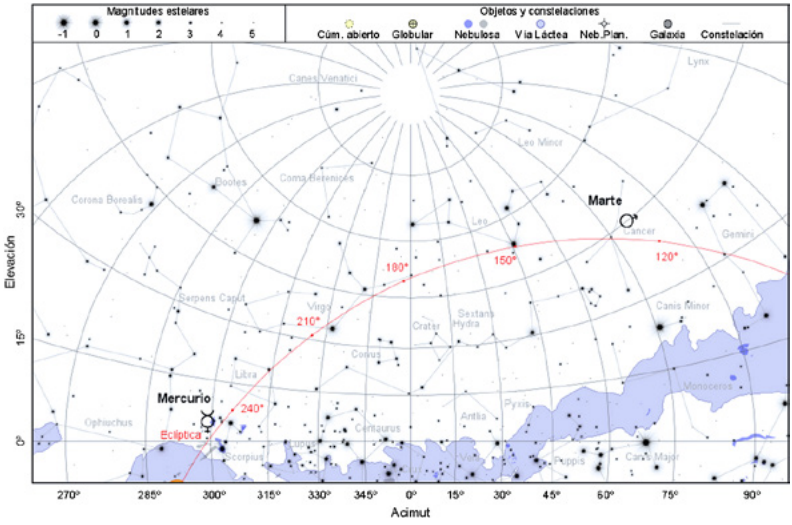
15 de noviembre de 2024, a las 6:00 TU



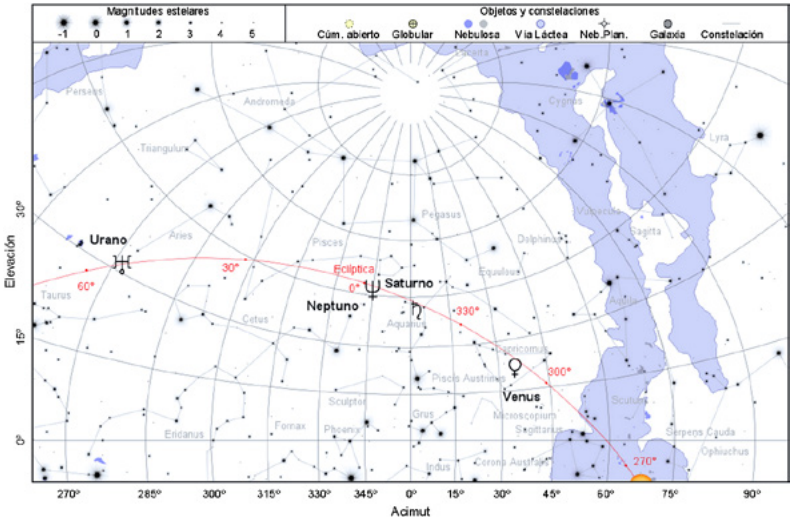
15 de noviembre de 2024, a las 18:00 TU



15 de diciembre de 2024, a las 6:30 TU



15 de diciembre de 2024, a las 17:45 TU



1.3. Ocultaciones por la Luna o el Sol en 2024

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 2024 habrá 28 ocultaciones de planetas por la Luna, sus fechas se indican en la siguiente tabla. El 6 de abril dará comienzo una serie de ocultaciones de Saturno que terminará el 1 de febrero de 2025, ese mismo día terminará la serie de ocultaciones de Neptuno que comenzó el 1 de setiembre de 2023.

Mercurio es ocultado por la Luna:	Mar 11
Venus es ocultado por la Luna:	Abr 7, Set 5
Marte es ocultado por la Luna:	May 5, Dic 18*
Saturno es ocultado por la Luna:	Abr 6, May 3, May 31, Jun 27 Jul 24, Ago 21*, Set 17, Oct 14 Nov 11, Dic 8
Neptuno es ocultado por la Luna:	Ene 15, Feb 12, Mar 10, Abr 7 May 4, Jun 1, Jun 28*, Jul 25, Ago 21 Set 18, Oct 15, Nov 12, Dic 9

La ocultación de Saturno por la Luna del 21 de agosto será visible en toda España. En el momento de la ocultación, habrá pasado algo más de un día desde el plenilunio y la Luna estará iluminada en un 97%. Saturno desaparecerá detrás del lado iluminado de la Luna y reaparecerá por el lado no iluminado de la Luna.

Ocultación de **Saturno** en Madrid

Fase	TU	A.P.	borde ☾	altura	*A*	*B*
21 de agosto:						
Inmersión	$3^h\ 17^m{,}3$	45º	iluminado	36º	$1{,}0^m/^o$	$0{,}6^m/^o$
Emersión	$4^h\ 24^m{,}7$	238º	oscuro	28º	$0{,}9^m/^o$	$-0{,}1^m/^o$

Las ocultaciones de Neptuno del 28 de junio y de Marte del 18 de diciembre se producirán durante el día. En las siguientes tablas se muestran los datos de las ocultaciones para Madrid, en el caso de la ocultación de Marte sólo se indica la fase de inmersión puesto que la Luna se pondrá antes de que se produzca la emersión.

Ocultación de **Neptuno** en Madrid

Fase	TU	A.P.	borde ☾	altura	*A*	*B*
28 de junio:						
Inmersión	$9^h\,43^m,6$	61º	iluminado	22º	$0,7^m$/º	$-0,2^m$/º
Emersión	$10^h\,45^m,0$	233º	oscuro	11º	$0,3^m$/º	$-0,1^m$/º

En el momento de la ocultación de Neptuno, la fase de la Luna será casi cuarto menguante y estará iluminada en un 56%.

Ocultación de **Marte** en Madrid

Fase	TU	A.P.	borde ☾	altura	*A*	*B*
18 de diciembre:						
Inmersión	$9^h\,44^m,0$	122º	iluminado	6º	$-0,5^m$/º	$-1,4^m$/º

La ocultación de Marte podrá ser visible en su totalidad (incluida la emersión) en el extremo noroeste de la península. El plenilunio se habrá producido tres días antes del fenómeno y la Luna estará iluminada en un 89%.

Ocultaciones de planetas por el Sol

Venus será ocultado por el Sol durante los días 3, 4 y 5 de junio, este fenómeno es conocido popularmente como antitránsito y se repetirá dentro de 8 años. El primer contacto se producirá el día 3 a las $17^h44^m,5$ TU, la distancia mínima de 3′5 se dará el día 4 a las $16^h17^m,8$ y el último contacto será el día 5 a las $14^h49^m,7$.

Ocultaciones de grandes asteroides por la Luna

Vesta es ocultado por la Luna:	Ago 5, Set 2
Metis es ocultado por la Luna:	Ene 22, Feb 18, Mar 17, Abr 14*
	May 12*, Jun 10, Jul 8
Astraea es ocultado por la Luna:	Ago 6
Flora es ocultado por la Luna:	Oct 27*
Juno es ocultado por la Luna:	May 16, Jun 13
Ceres es ocultado por la Luna:	May 27, Jun 23

Ocultación de **Metis** en Madrid

Fase	TU	A.P.	borde ☾	altura	*A*	*B*
14 de abril:						
Inmersión	$14^h\,34^m{,}2$	164º	oscuro	51º	$4{,}9^m/º$	$-5{,}2^m/º$
Emersión	$14^h\,54^m{,}0$	192º	iluminado	54º	$-1{,}8^m/º$	$8{,}2^m/º$
12 de mayo:						
Inmersión	$23^h\,35^m{,}1$	64º	oscuro	6º	$-0{,}1^m/º$	$-0{,}7^m/º$
Emersión	$24^h\,12^m{,}7$	330º	iluminado	1º	$-1{,}0^m/º$	$-1{,}8^m/º$

Ocultación de **Flora** en Madrid

Fase	TU	A.P.	borde ☾	altura	*A*	*B*
27 de octubre:						
Inmersión	$6^h\,17^m{,}9$	151º	iluminado	48º	$1{,}2^m/º$	$-1{,}6^m/º$
Emersión	$7^h\,39^m{,}6$	284º	oscuro	58º	$2{,}3^m/º$	$-0{,}3^m/º$

Las ocultaciones de Metis del 14 de abril y la de Flora del 27 de octubre se producirán de día.

Ocultaciones de estrellas brillantes por la Luna

El 25 de agosto de 2023 se produjo la primera ocultación de Antares dando comienzo a una serie que terminará el 27 de agosto de 2028.

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

Ene 8	Feb 5	Mar 3	Mar 30
Abr 26	May 24	Jun 20	Jul 17
Ago 14	Set 10	Oct 7	Nov 4
Dic 1	Dic 28		

El 16 de junio se producirá la primera ocultación de Espiga desde el 27 de diciembre de 2013, y dará comienzo a una serie de ocultaciones que terminará el 17 de noviembre de 2025.

- Serie de ocultaciones de Espiga (α Vir, V=+0,98), NZC 1925:

Jun 16	Jul 14	Ago 10	Set 6
Oct 3	Oct 31	Nov 27	Dic 24

Ninguna de estas ocultaciones será visible desde España.

Durante el año 2024 no se producirán ocultaciones de Régulo (α Leo) y Aldebarán (α Tau); sus próximas series de ocultaciones comenzarán el 26 de julio de 2025 y el 18 de agosto de 2033 respectivamente.

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

  27 Tau, NZC 560, (V=+3,6) Ago 26*

Las ocultaciones precedentes son visibles en Madrid. Por tratarse de estrellas de magnitud cercana a 4 sólo se indica el fenómeno (inmersión o emersión) que tiene lugar por el borde oscuro de la Luna.

Características de la ocultación de otras estrellas brillantes

Fase	TU	A.P.	borde	altura	*A*	*B*
Agosto 26: 27 Tau, (V = 3,6)						
Emersión	$4^h\ 24^m,5$	269º	oscuro	66º	$2,0^m$/º	$0,6^m$/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 Δλ grados al Este y Δφ grados al Norte de Madrid se pueden determinar de una forma aproximada, usando los parámetros indicados en tales tablas, realizando un simple cálculo:

$$TU = TU_{Madrid} + A\,\Delta\lambda + B\,\Delta\phi$$

Para un observador situado el Oeste de Madrid Δλ será negativo; para un observador situado al Sur Δφ será negativo.

Ejemplo: Para calcular el tiempo de inmersión de Saturno en su ocultación del 21 de agosto para un observador situado en Pontevedra se procede como sigue:

$\Delta\lambda = \lambda_{Pontevedra} - \lambda_{Madrid} = (-8º,6) - (-3º,7) = -4º,9$

$\Delta\phi = \phi_{Pontevedra} - \phi_{Madrid} = 42º,4 - 40º,4 = 2º,0$

Inmersión:

$TU = 3^h\ 17^m,3 + (1,0)\ ^m/º \times (-4,9º) + (0,6)\ ^m/º \times (2,0º)$

$= 3^h\ 13^m,6$

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), estacionariedad de los planetas (la variación de su asc. recta se invierte),
- conjunciones entre planetas (coincidencia de sus ascensiones rectas), conjunción de los planetas con grandes asteroides y estrellas brillantes, conjunción y oposición de grandes asteroides con el Sol, y estacionariedad.

Se incluyen también los pasos de la Luna a menos de 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.

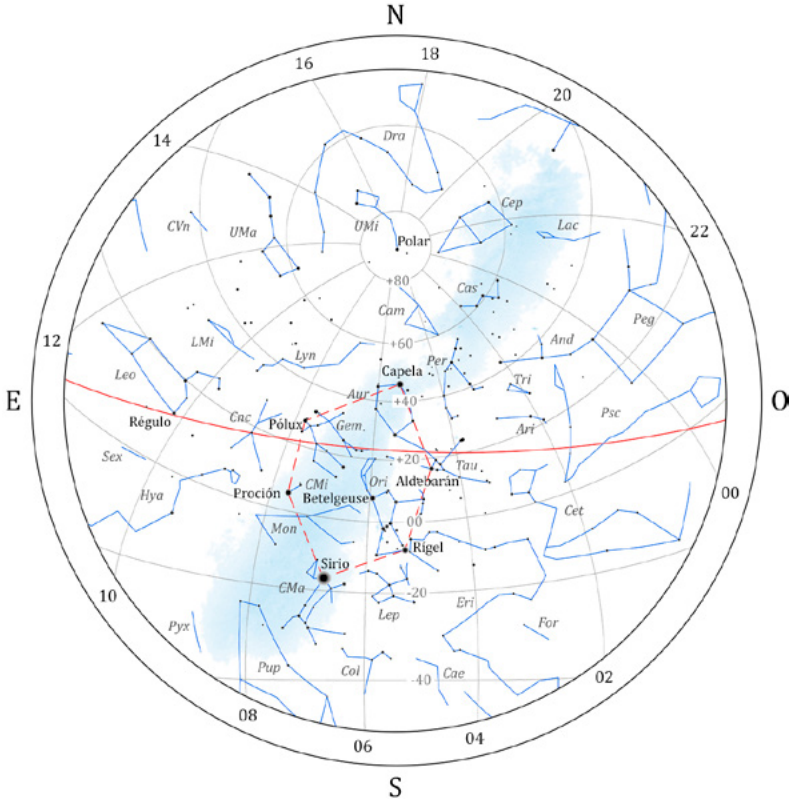
Se incluye para cada mes un mapa celeste que representa el aspecto del cielo, proyectado sobre un plano, tal como lo vería tras anochecer a mediados de mes un observador situado en la península. En tales mapas se han representado las estrellas más significativas de las constelaciones, así como trazos 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 2024

1 Luna en apogeo
1 Venus 0º,9 al N de Graffias
2 Mercurio estacionario en ascensión recta
3 Máximo de las cuadrántidas
3 Tierra en el perihelio
4 Cuarto menguante
6 Venus 6º al N de Antares
8 La Luna 1º,0 al N de Antares (Ocultación)
8 La Luna 6º al S de Venus
9 La Luna 6º al S de Mercurio
11 Luna nueva
12 Máxima elongación Oeste de Mercurio (23º,5)
13 Luna en perigeo
14 Juno estacionario en ascensión recta
14 La Luna 2º al S de Saturno
15 La Luna 0º,9 al S de Neptuno (Ocultación)
16 Ceres 0º,1 al N de Venus
18 Cuarto creciente
18 Iris 0º,1 al S de Mercurio
18 La Luna 3º al N de Júpiter
19 Fortuna en conjunción con el Sol
19 La Luna 3º al N de Urano
20 El Sol entra en Acuario
20 La Luna 1º,0 al S de Alcíone (Ocultación)
21 Marte 3º al N de Nunki
22 La Luna 1º,1 al S de Elnath (Ocultación)
22 Metis 0º,7 al N de la Luna (Ocultación)
24 Mercurio 3º al N de Nunki
25 Luna llena
27 Mercurio 0º,2 al N de Marte
27 Urano estacionario en ascensión recta
29 Luna en apogeo
30 Laetitia en conjunción con el Sol
31 Masalia en conjunción con el Sol

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta (h m)		Declin. (º ′)		Magnitud
Mercurio	18	4,2	−22	13	−0,2
Venus	17	15,7	−21	37	−3,9
Marte	18	34,0	−23	54	1,4
Júpiter	2	16,1	12	27	−2,4
Saturno	22	28,2	−11	20	1,0



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

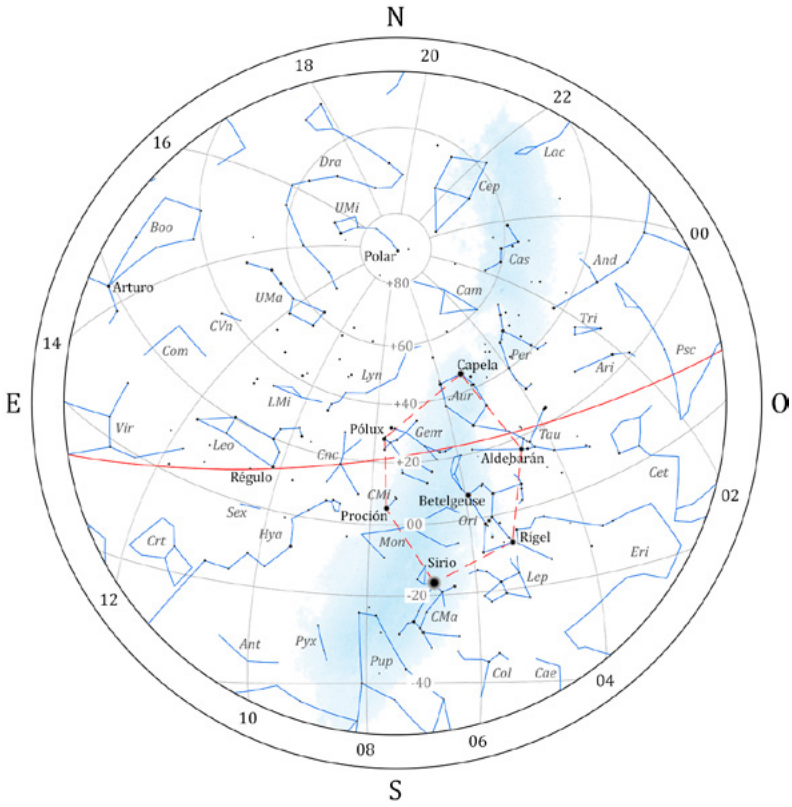
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En línea discontinua roja se muestra el asterismo del hexágono de invierno. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Febrero 2024

1 Iris 0º,1 al N de Venus
2 Mercurio en afelio
2 Cuarto menguante (día 3 hora oficial)
3 Venus 4º al N de Nunki
5 La Luna 0º,6 al N de Antares (Ocultación)
7 La Luna 5º al S de Venus
8 La Luna 3º al S de Mercurio
8 La Luna 4º al S de Marte
8 Vesta estacionario en ascensión recta
9 Luna nueva
10 Luna en perigeo
11 La Luna 2º al S de Saturno
12 La Luna 0º,7 al S de Neptuno (Ocultación)
15 La Luna 3º al N de Júpiter
16 Cuarto creciente
16 La Luna 0º,6 al S de Alcíone (Ocultación)
16 La Luna 3º al N de Urano
18 La Luna 0º,9 al S de Elnath (Ocultación)
18 Metis 0º,5 al N de la Luna (Ocultación)
19 El Sol entra en Piscis
22 Venus 0º,6 al N de Marte
23 Luna llena (día 24 hora oficial)
24 Partenope en conjunción con el Sol
25 Luna en apogeo
28 Mercurio en conjunción superior con el Sol
28 Saturno en conjunción con el Sol
29 Brillo máximo de Mercurio

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta (h m)		Declin. (º ′)		Magnitud
Mercurio	21	15,0	−18	5	−0,7
Venus	20	0,1	− 20	37	−3,8
Marte	20	15,2	−20	47	1,3
Júpiter	2	27,7	13	34	−2,1
Saturno	22	41,4	−10	2	1,0



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

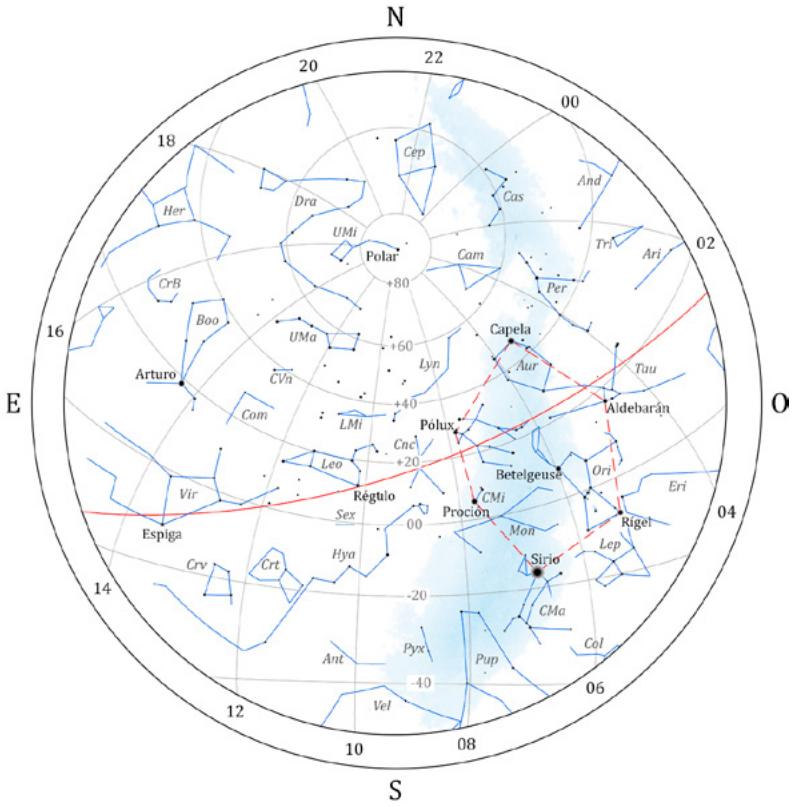
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En línea discontinua roja se muestra el asterismo del hexágono de invierno. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Marzo 2024

3 Cuarto menguante
3 Juno en oposición
3 La Luna 0º,5 al N de Antares (Ocultación)
8 La Luna 3º al S de Marte
8 La Luna 3º al S de Venus
9 Eunomia en conjunción con el Sol
10 La Luna 0º,5 al S de Neptuno (Ocultación)
10 Luna en perigeo
10 Luna nueva
11 La Luna 1º,0 al S de Mercurio (Ocultación)
14 La Luna 3º al N de Urano
14 La Luna 4º al N de Júpiter
15 Hygiea en conjunción con el Sol
15 La Luna 0º,5 al S de Alcíone (Ocultación)
16 La Luna 0º,6 al S de Elnath (Ocultación)
17 Cuarto creciente
17 Mercurio en perihelio
17 Metis 0º,1 al N de la Luna (Ocultación)
17 Neptuno en conjunción con el Sol
19 Venus en afelio
20 El Sol entra en Aries
20 Inicio de la Primavera en el hemisferio boreal
22 Venus 0º,3 al N de Saturno
23 Luna en apogeo
24 Máxima elongación Este de Mercurio (18º,7)
25 Luna llena
25 Eclipse penumbral de Luna
30 La Luna 0º,4 al N de Antares (Ocultación)

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta (h m)		Declin. (º ′)		Magnitud
Mercurio	0	32,6	3	57	−1,0
Venus	22	24,6	− 11	12	−3,8
Marte	21	46,0	− 14	41	1,2
Júpiter	2	46,7	15	10	−2,0
Saturno	22	54,7	−8	43	1,0



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 2024

1 Mercurio estacionario en ascensión recta
2 Cuarto menguante
2 Egeria en conjunción con el Sol
3 Venus 0º,3 al S de Neptuno
4 Palas estacionario en ascensión recta
5 Flora 2º al S de Júpiter
6 La Luna 1º,1 al S de Saturno (Ocultación)
6 La Luna 2º al S de Marte
7 La Luna 0º,4 al S de Neptuno (Ocultación)
7 La Luna 1º,1 al S de Venus (Ocultación)
7 Luna en perigeo
8 Luna nueva
8 Eclipse total de Sol
10 Flora 3º al S de Urano
10 La Luna 4º al N de Júpiter y 4º al N de Urano
11 La Luna 0º,5 al S de Alcíone (Ocultación)
11 Marte 0º,5 al N de Saturno
11 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
13 La Luna 0º,6 al S de Elnath (Ocultación)
14 Metis 0º,3 al S de la Luna (Ocultación)
15 Cuarto creciente
16 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
18 Juno estacionario en ascensión recta
18 Mercurio 2º al N de Venus
19 El Sol entra en Tauro
19 Juno 3º al S de la Luna
20 Júpiter 0º,5 al S de Urano
20 Luna en apogeo
22 Máximo de las líridas
23 Luna llena (día 24 hora oficial)
24 Mercurio estacionario en ascensión recta
26 La Luna 0º,4 al N de Antares (Ocultación)
29 Ceres 3º al N de la Luna
29 Marte 0º,0 al S de Neptuno
30 Mercurio en afelio

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta (h m)		Declin. (º ′)		Magnitud
Mercurio	1	12,6	9	17	4,4
Venus	0	47,0	3	27	−3,8
Marte	23	17,4	−5	57	1,2
Júpiter	3	12,9	17	6	−1,9
Saturno	23	7,8	−7	26	1,2



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

31 de Marzo a las 23h de TU
15 de Abril a las 22h de TU
30 de Abril a las 21 h de TU

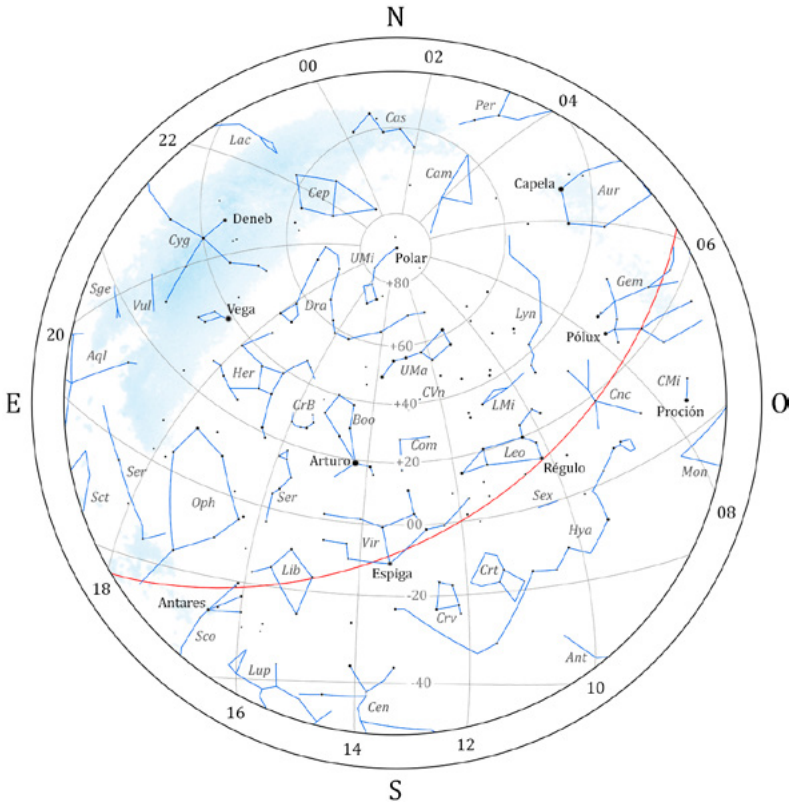
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Mayo 2024

1 Cuarto menguante
3 La Luna 0º,8 al S de Saturno (Ocultación)
4 La Luna 0º,3 al S de Neptuno (Ocultación)
5 Euterpe en oposición
5 La Luna 0º,2 al N de Marte (Ocultación)
5 Luna en perigeo
6 La Luna 4º al N de Mercurio
6 Máximo de las η acuáridas
8 La Luna 0º,4 al S de Alcíone (Ocultación)
8 Luna nueva
8 Marte en perihelio
9 Máxima elongación Oeste de Mercurio (26º,4)
10 La Luna 0º,8 al S de Elnath (Ocultación)
11 Irene en conjunción con el Sol
12 Metis 0º,6 al S de la Luna (Ocultación)
13 Urano en conjunción con el Sol (Ocultación)
15 Cuarto creciente
16 Ceres estacionario en ascensión recta
16 Juno 1º,0 al S de la Luna (Ocultación)
17 Luna en apogeo
18 Júpiter en conjunción con el Sol
19 Palas en oposición
20 El Sol entra en Géminis
23 Luna llena
24 La Luna 0º,4 al N de Antares (Ocultación)
27 Ceres 0º,8 al N de la Luna (Ocultación)
30 Cuarto menguante
31 La Luna 0º,3 al S de Saturno (Ocultación)
31 Mercurio 1º,4 al S de Urano

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta (h m)		Declin. (º ′)		Magnitud
Mercurio	1	52,8	8	12	0,3
Venus	3	7,6	16	42	−3,8
Marte	0	42,4	3	13	1,1
Júpiter	3	41,3	18	52	−1,8
Saturno	23	17,7	−6	30	1,2



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

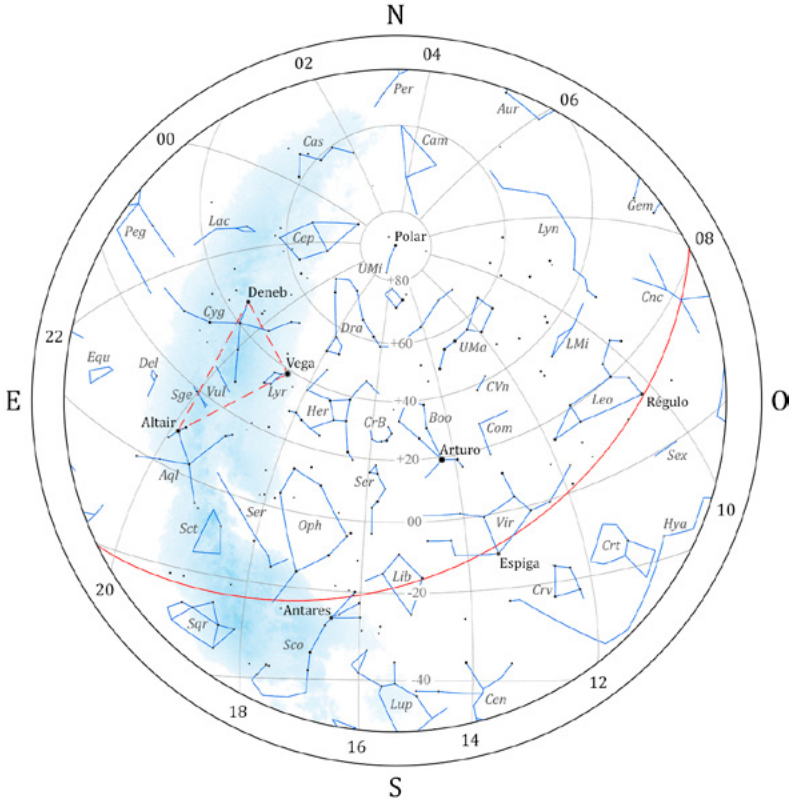
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Junio 2024

1 La Luna 0º,8 al S de Neptuno (Ocultación)
2 La Luna 2º al N de Marte
2 Luna en perigeo
2 Mercurio 5º al S de Alcíone
4 Mercurio 0º,1 al S de Júpiter
4 Venus en conjunción superior con el Sol (Ocultación)
5 La Luna 0º,6 al S de Alcíone (Ocultación)
5 La Luna 4º al N de Júpiter
5 La Luna 4º al N de Urano
6 Luna nueva
8 Amphitrite en conjunción con el Sol
9 Vesta 2º al S de la Luna
10 Metis 0º,2 al S de la Luna (Ocultación)
13 Juno 0º,6 al N de la Luna (Ocultación)
13 Mercurio en perihelio
14 Brillo máximo de Mercurio
14 Cuarto creciente
14 Luna en apogeo
14 Mercurio en conjunción superior con el Sol
16 La Luna 0º,1 al N de Espiga (Ocultación)
20 El Sol entra en Cáncer
20 Inicio del Verano en el hemisferio boreal
20 La Luna 0º,5 al N de Antares (Ocultación)
22 Luna llena
23 Ceres 1º,1 al S de la Luna (Ocultación)
26 Flora en conjunción con el Sol
27 La Luna 0º,1 al N de Saturno (Ocultación)
27 Luna en perigeo
28 Cuarto menguante
28 La Luna 0º,0 al S de Neptuno (Ocultación)
29 Mercurio 5º al S de Pólux
30 Hygiea 2º al N de la Luna
30 Saturno estacionario en ascensión recta

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta (h m)		Declin. (º ′)		Magnitud
Mercurio	5	37,1	24	20	−2,1
Venus	5	47,8	23	45	−3,8
Marte	2	9,7	11	56	1,0
Júpiter	4	11,3	20	22	−1,8
Saturno	23	23,5	−6	1	1,1



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

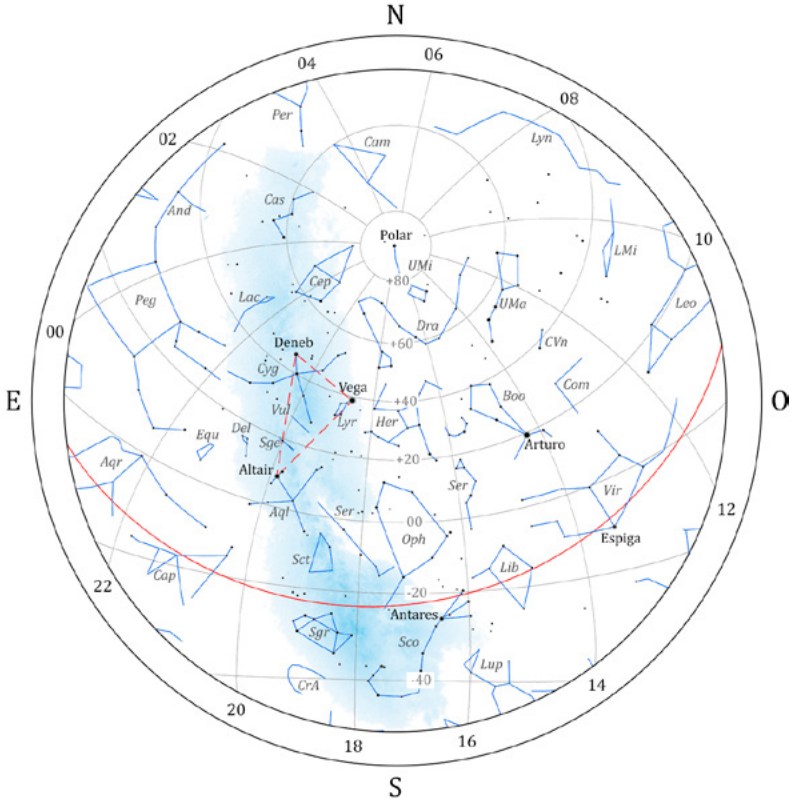
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En línea discontinua roja se muestra el asterismo del triángulo de verano. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Julio 2024

1 La Luna 4º al N de Marte y 4º al N de Urano
2 La Luna 0º,4 al S de Alcíone (Ocultación)
3 La Luna 5º al N de Júpiter
3 Neptuno estacionario en ascensión recta
4 La Luna 0º,8 al S de Elnath (Ocultación)
5 Tierra en el afelio
5 Luna nueva (día 6 hora oficial)
7 La Luna 3º al N de Mercurio
7 Vesta 2º al N de Mercurio y 2º al S de la Luna
8 Metis 0º,4 al N de la Luna (Ocultación)
10 Venus en perihelio
12 Luna en apogeo
13 Júpiter 5º al N de Aldebarán
13 Cuarto creciente (día 14 hora oficial)
14 La Luna 0º,9 al N de Espiga (Ocultación)
15 Marte 0º,6 al S de Urano
17 La Luna 0º,3 al N de Antares (Ocultación)
19 Marte 5º al S de Alcíone
20 Ceres 2º al S de la Luna
21 Luna llena
22 El Sol entra en Leo
22 Máxima elongación Este de Mercurio (26º,9)
24 La Luna 0º,4 al N de Saturno (Ocultación)
24 Luna en perigeo
24 Vesta 2º al N de Venus
27 Hygiea 2º al N de la Luna
25 La Luna 1º,0 al N de Neptuno (Ocultación)
27 Mercurio 3º al S de Régulo
27 Mercurio en afelio
28 Cuarto menguante
29 La Luna 0º,1 al S de Alcíone (Ocultación)
29 La Luna 4º al N de Urano
30 La Luna 5º al N de Júpiter y 5º al N de Marte
30 Máximo de las δ acuáridas
31 La Luna 0º,7 al S de Elnath (Ocultación)

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta (^{h} ^{m})		Declin. (^{o} $'$)		Magnitud
Mercurio	9	25,2	15	34	0,2
Venus	8	26,9	20	29	−3,8
Marte	3	35,2	18	27	1,0
Júpiter	4	38,8	21	26	−1,9
Saturno	23	23,6	−6	8	1,0



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

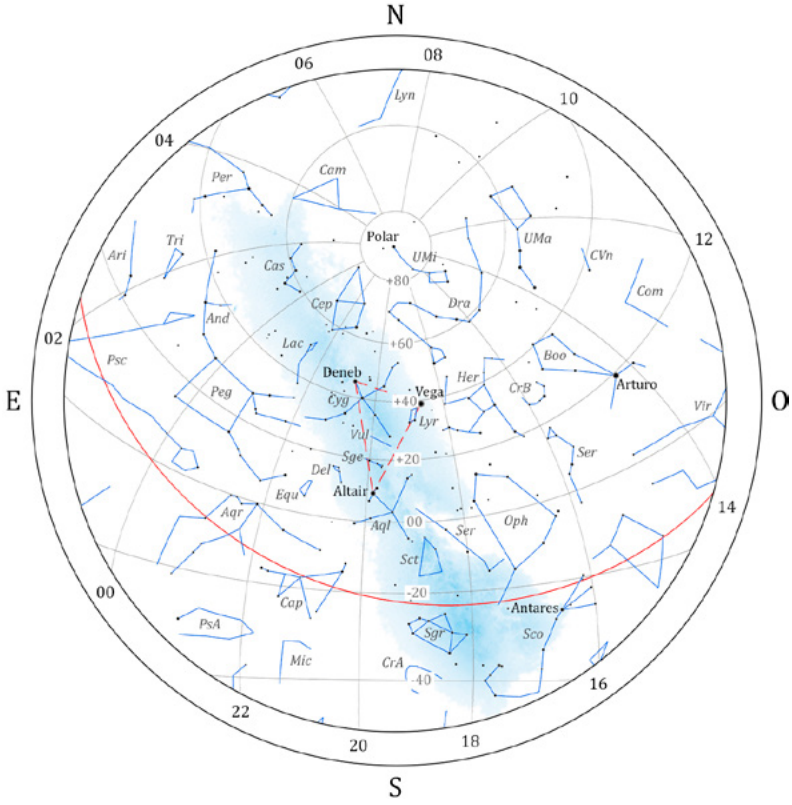
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En línea discontinua roja se muestra el asterismo del triángulo de verano. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Agosto 2024

4 Luna nueva
4 Mercurio estacionario en ascensión recta
4 Venus 1°,1 al N de Régulo
5 La Luna 2° al N de Venus
5 Marte 5° al N de Aldebarán
6 Astraea 0°,3 al S de la Luna (Ocultación)
6 La Luna 7° al N de Mercurio
6 Mercurio 6° al S de Venus
6 Metis 1°,3 al N de la Luna
9 Luna en apogeo
10 La Luna 0°,7 al N de Espiga (Ocultación)
11 Mercurio 6° al S de Régulo
11 Metis 3° al N de Venus
12 Cuarto creciente
12 Máximo de las perseidas
14 La Luna 0°,1 al N de Antares (Ocultación)
14 Marte 0°,3 al N de Júpiter
16 Ceres 3° al S de la Luna
16 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
19 Luna llena
19 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
20 Astraea 0°,9 al N de Venus
21 La Luna 0°,5 al N de Saturno (Ocultación)
21 La Luna 0°,7 al N de Neptuno (Ocultación)
21 Luna en perigeo
22 El Sol entra en Virgo
23 Marte 6° al S de Elnath
24 Hygiea 2° al N de la Luna
26 Cuarto menguante
26 La Luna 0°,0 al N de Alcíone (Ocultación)
26 La Luna 4° al N de Urano
27 La Luna 0°,4 al S de Elnath (Ocultación)
27 La Luna 5° al N de Júpiter
28 La Luna 5° al N de Marte
28 Mercurio estacionario en ascensión recta

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta (h m)		Declin. (° ′)		Magnitud
Mercurio	10	1,6	6	58	3,9
Venus	10	56,4	8	18	−3,8
Marte	5	3,3	22	25	0,8
Júpiter	5	2,6	22	5	−2,0
Saturno	23	18,4	−6	48	0,7



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

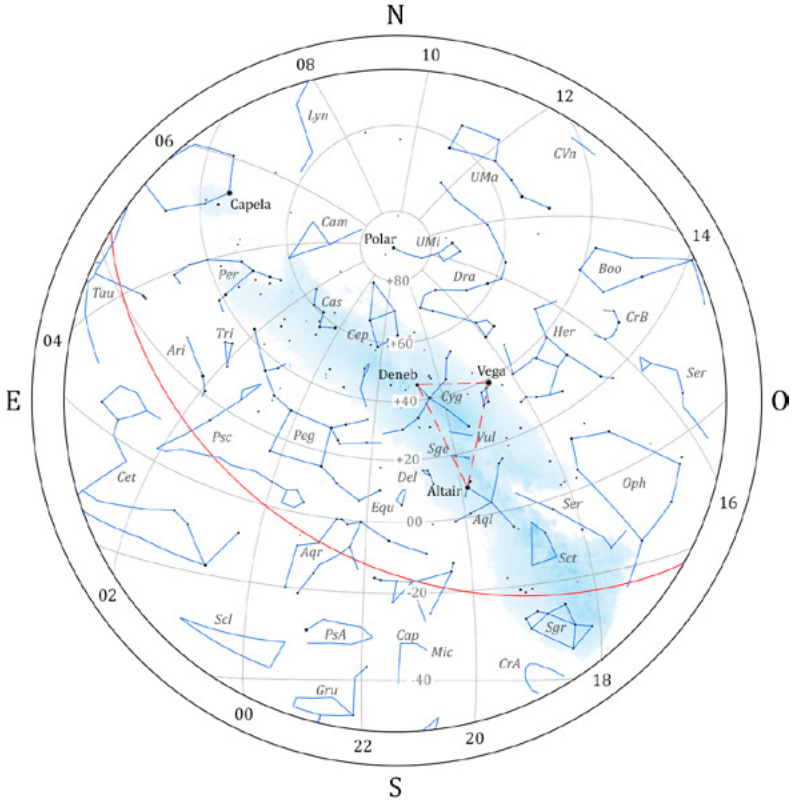
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En línea discontinua roja se muestra el asterismo del triángulo de verano. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Setiembre 2024

1 La Luna 5° al N de Mercurio
1 Urano estacionario en ascensión recta
3 Luna nueva
4 Astraea 2° al N de la Luna
5 La Luna 1°,2 al S de Venus (Ocultación)
5 Luna en apogeo
5 Máxima elongación Oeste de Mercurio (18°,1)
6 La Luna 0°,6 al N de Espiga (Ocultación)
8 Saturno en oposición
9 Mercurio 0°,5 al N de Régulo
9 Mercurio en perihelio
10 La Luna 0°,0 al N de Antares (Ocultación)
11 Cuarto creciente
12 Ceres 3° al S de la Luna
16 Vesta 2° al N de Mercurio
17 La Luna 0°,4 al N de Saturno (Ocultación)
17 Venus 3° al N de Espiga
18 La Luna 0°,7 al N de Neptuno (Ocultación)
18 Luna en perigeo
18 Luna llena
18 Eclipse parcial de Luna
20 Hygiea 3° al N de la Luna
21 Neptuno en oposición
22 El Sol entra en Libra
22 Inicio del Otoño en el hemisferio boreal
22 La Luna 0°,0 al N de Alcíone (Ocultación)
22 La Luna 4° al N de Urano
23 La Luna 6° al N de Júpiter
24 Cuarto menguante
24 La Luna 0°,3 al S de Elnath (Ocultación)
25 La Luna 5° al N de Marte
28 Flora 2° al S de la Luna
30 Brillo máximo de Mercurio
30 Mercurio en conjunción superior con el Sol
30 Vesta 3° al N de la Luna

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta (^{h} ^{m})		Declin. ($^\circ$ $'$)		Magnitud
Mercurio	10	45,6	9	39	−1,1
Venus	13	15,0	−7	24	−3,8
Marte	6	26,2	23	29	0,6
Júpiter	5	18,3	22	23	−2,2
Saturno	23	10,1	−7	44	0,6



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

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

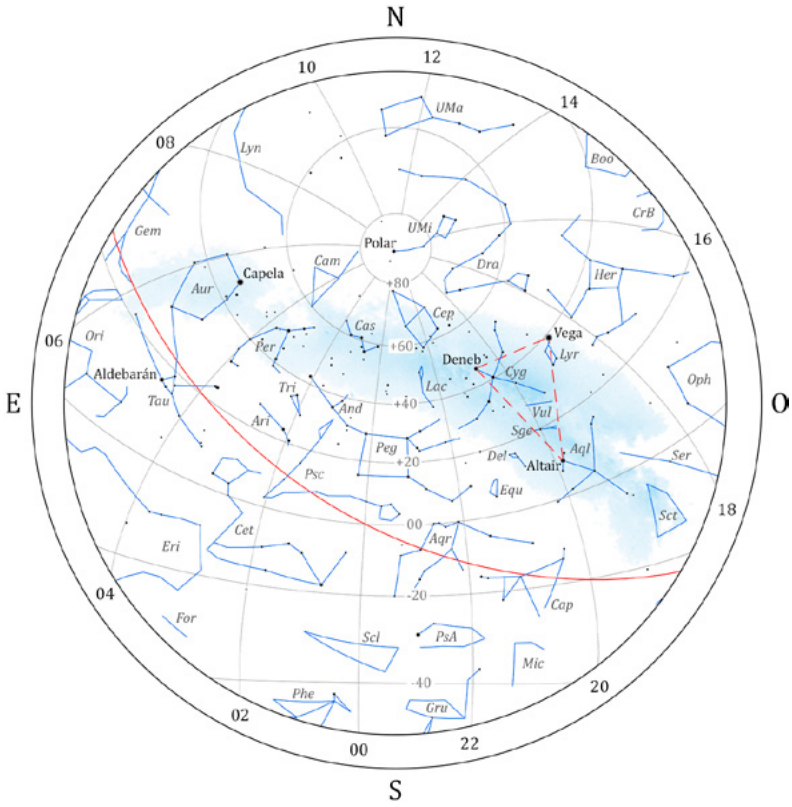
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En línea discontinua roja se muestra el asterismo del triángulo de verano. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Octubre 2024

2 Luna en apogeo
2 Luna nueva
3 La Luna 0º,5 al N de Espiga (Ocultación)
4 Astrea en conjunción con el Sol
5 La Luna 3º al S de Venus
5 Venus 0º,9 al S de Zuben el Genubi
7 La Luna 0º,1 al S de Antares (Ocultación)
8 Máximo de las dracónidas
9 Júpiter estacionario en ascensión recta
10 Ceres 2º al S de la Luna
10 Cuarto creciente
14 La Luna 0º,2 al N de Saturno (Ocultación)
15 La Luna 0º,6 al N de Neptuno (Ocultación)
16 Juno en conjunción con el Sol
17 Luna en perigeo
17 Luna llena
19 La Luna 0º,1 al N de Alcíone (Ocultación)
19 La Luna 4º al N de Urano
21 La Luna 0º,5 al S de Elnath (Ocultación)
21 La Luna 6º al N de Júpiter
21 Marte 6º al S de Pólux
21 Máximo de las oriónidas
21 Venus 2º al S de Graffias
22 El Sol entra en Escorpio
22 Hygiea en oposición
23 La Luna 4º al N de Marte
23 Mercurio en afelio
24 Cuarto menguante
24 Mercurio 2º al S de Zuben el Genubi
25 Venus 3º al N de Antares
27 Flora 0º,4 al S de la Luna (Ocultación)
29 Luna en apogeo
30 Venus en afelio
31 La Luna 0º,6 al N de Espiga (Ocultación)

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta (h m)		Declin. (º ′)		Magnitud
Mercurio	13	58,7	−12	19	−0,6
Venus	15	36,2	−20	21	−3,9
Marte	7	34,8	22	33	0,3
Júpiter	5	22,3	22	26	−2,4
Saturno	23	2,7	−8	29	0,7



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

30 de Setiembre a las 23h de TU
15 de Octubre a las 22h de TU
30 de Octubre a las 21 h de TU

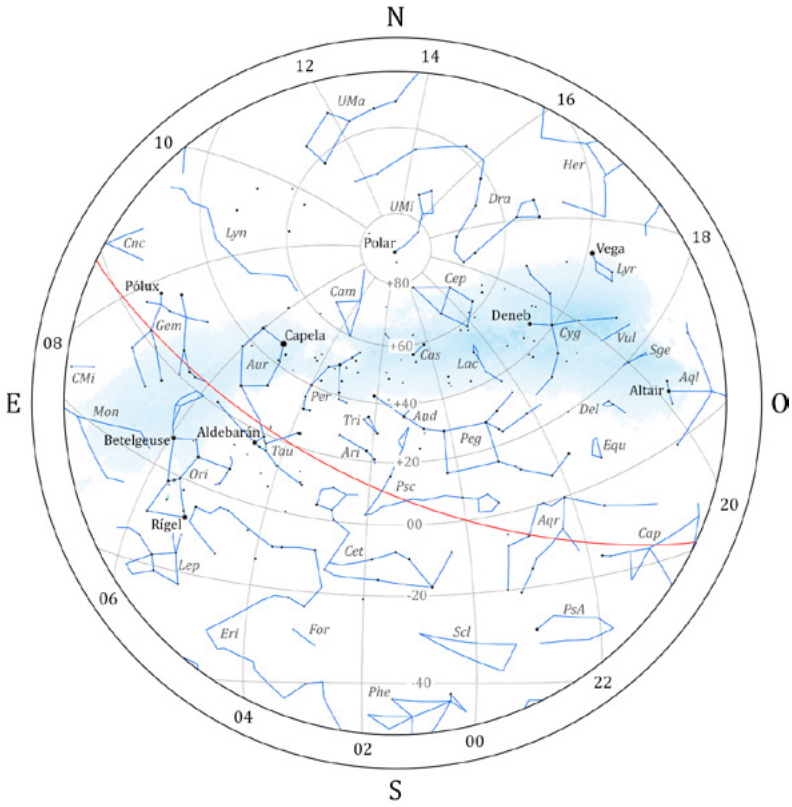
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En línea discontinua roja se muestra el asterismo del triángulo de verano. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Noviembre 2024

1 Luna nueva
3 La Luna 2º al S de Mercurio
4 La Luna 0º,1 al S de Antares (Ocultación)
5 La Luna 3º al S de Venus
5 Mercurio 3º al S de Graffias
7 Ceres 2º al S de la Luna
9 Cuarto creciente
10 Mercurio 2º al N de Antares
11 La Luna 0º,1 al N de Saturno (Ocultación)
12 La Luna 0º,6 al N de Neptuno (Ocultación)
13 Partenope en oposición
14 Luna en perigeo
15 Luna llena
16 La Luna 0º,1 al S de Alcíone (Ocultación)
16 La Luna 4º al N de Urano
16 Máxima elongación Este de Mercurio (22º,7)
16 Saturno estacionario en ascensión recta
17 La Luna 0º,5 al S de Elnath (Ocultación)
17 La Luna 5º al N de Júpiter
17 Máximo de las leónidas
17 Urano en oposición
20 La Luna 2º al N de Marte
21 El Sol entra en Sagitario
22 Venus 1º,1 al N de Nunki
23 Cuarto menguante
24 Flora 2º al N de la Luna
26 Luna en apogeo
26 Mercurio estacionario en ascensión recta
27 La Luna 0º,5 al N de Espiga (Ocultación)

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta (h m)		Declin. (º ′)		Magnitud
Mercurio	16	55,6	−25	17	−0,2
Venus	18	17,1	−25	37	−4,0
Marte	8	24,0	21	16	−0,2
Júpiter	5	13,2	22	18	−2,6
Saturno	22	59,4	−8	44	0,9



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

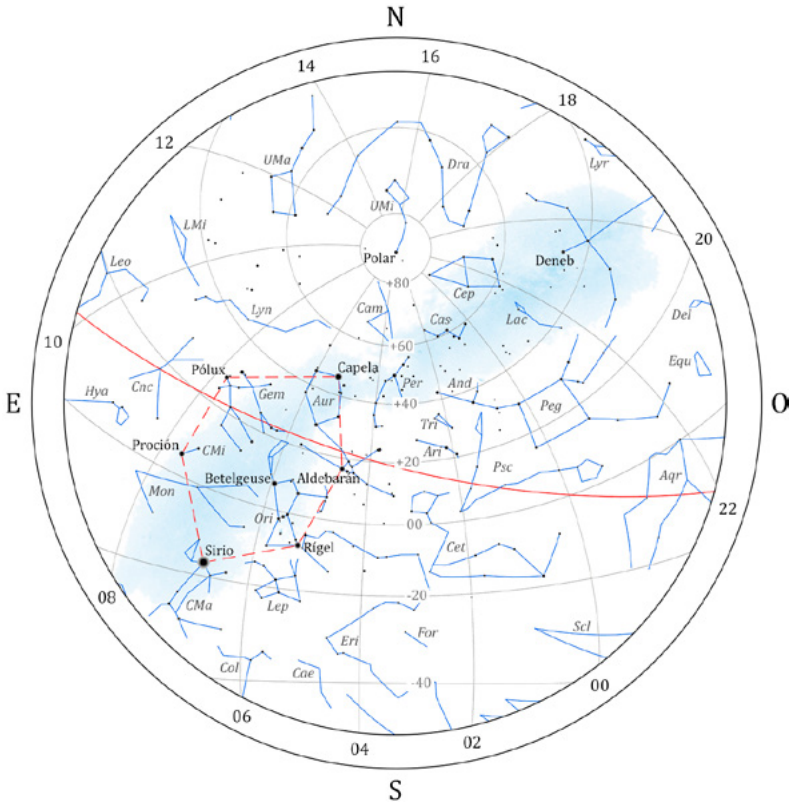
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Diciembre 2024

1 Luna nueva
2 Egeria en oposición
4 La Luna 2º al S de Venus
5 Ceres 3º al S de la Luna
6 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
6 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
6 Mercurio en perihelio
7 Júpiter en oposición
7 Marte estacionario en ascensión recta
7 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
8 Cuarto creciente
8 La Luna 0º,4 al N de Saturno (Ocultación)
8 Neptuno estacionario en ascensión recta
9 La Luna 0º,8 al N de Neptuno (Ocultación)
12 Luna en perigeo
13 La Luna 0º,0 al N de Alcíone (Ocultación)
13 La Luna 4º al N de Urano
14 La Luna 5º al N de Júpiter
14 Máximo de las gemínidas
15 La Luna 0º,7 al S de Elnath (Ocultación)
15 Luna llena
15 Mercurio estacionario en ascensión recta
18 La Luna 0º,7 al N de Marte (Ocultación)
21 El Sol entra en Capricornio
21 Inicio del Invierno en el hemisferio boreal
22 Cuarto menguante
22 Máximo de las úrsidas
22 Mercurio 7º al N de Antares
24 Euterpe en conjunción con el Sol (Ocultación)
24 La Luna 0º,2 al N de Espiga (Ocultación)
24 Luna en apogeo
25 Máxima elongación Oeste de Mercurio (21º,8)
28 La Luna 0º,1 al N de Antares (Ocultación)
29 La Luna 6º al S de Mercurio
30 Luna nueva

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta (^{h} ^{m})		Declin. (^{o} $'$)		Magnitud
Mercurio	16	20,5	−18	34	0,6
Venus	20	47,7	−20	12	−4,1
Marte	8	35,8	21	56	−0,8
Júpiter	4	56,4	21	59	−2,6
Saturno	23	2,1	−8	22	1,0



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

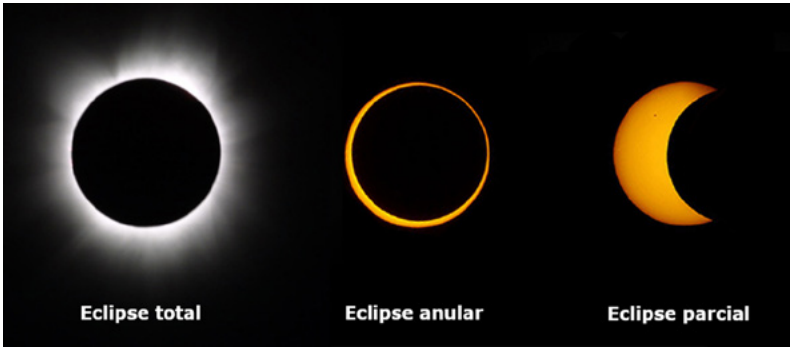
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En línea discontinua roja se muestra el asterismo del hexágono de invierno. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

1.5. Eclipses de Sol

Denominamos eclipse de Sol al fenómeno por el cual la luz del Sol es total o parcialmente ocultada al interponerse un astro entre el Sol y el observador. En los eclipses de Sol vistos desde la Tierra, el astro que oculta el Sol es la Luna.

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 el disco de la Luna no llega a cubrir el disco del Sol, aunque sus centros estén bien alineados. Esto es debido a que la Luna se encuentra ese día más lejos de la Tierra que en el caso de un eclipse total, de modo que su disco se ve más pequeño 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

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 mil 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 2024

Se producirán dos eclipses de Sol, uno total el 8 de abril y otro anular el 2 de octubre. El primero será visible muy débilmente desde el extremo noroeste de la península y las islas Canarias occidentales.

Se describen en detalle en las páginas siguientes.

Eclipse total de Sol del día 8 de abril (Saros 139)

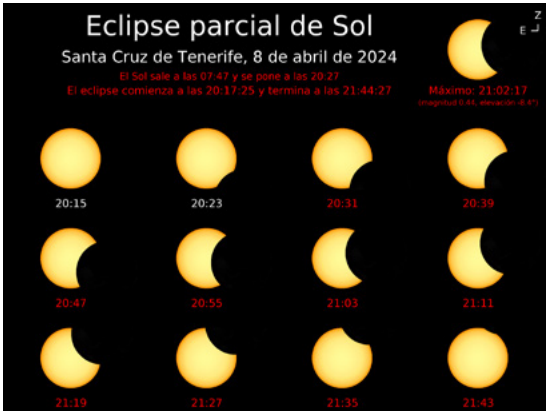
Este eclipse total es el número 30 de los 71 eclipses del ciclo Saros 139 y será visible, muy débilmente, desde el extremo noroeste peninsular y las islas Canarias occidentales.

El eclipse será visible como parcial en Norteamérica y Centroamérica. Se iniciará a las 15^h42^m TU (Tiempo Universal) a una latitud de −15° en el océano Pacífico y el fin del eclipse se producirá a las 20^h52^m TU a una latitud de +40° en el océano Atlántico. La duración total del fenómeno será de 310 minutos (algo más de 5 horas).

El eclipse total se iniciará a las 16^h38^m en un punto del Océano Pacífico al norte del atolón Penryn (Nueva Zelanda); se adentrará en los estados mexicanos de Sinaloa, Durango y Coahuila. Pasando a Estados Unidos por Texas, atravesará: Oklahoma, Arkansas, Misuri, Illinois, Kentucky, Indiana, Pensilvania, Nueva York, Vermont, Nuevo Hampshire y Maine; cruzará Canadá por el sur de Quebec, Nuevo Brunswick, isla Príncipe Eduardo y San Pedro y Miquelón. El eclipse terminará a las 19^h55^m en un punto del océano Atlántico al norte de las Azores (Portugal). La duración total del fenómeno será de 197 minutos (algo más de 3 horas).

El máximo del eclipse se dará a las 18^h17^m al norte de Nazas (México), siendo la duración máxima de la totalidad de 4 min 28 s. En el máximo la anchura de la sombra será de unos 197 km. En Torreón (México) la duración de la totalidad será de 4 min 10 s, en Dallas (Estados Unidos) 3 min 50 s y en Montreal (Canadá) 1 min 58 s.

En España, será visible muy débilmente al anochecer, hasta el momento del ocaso, en las islas Canarias occidentales y en el extremo noroeste peninsular. En Santa Cruz de Tenerife el eclipse se iniciará a las 20^h17^m y el ocaso de Sol se producirá a las 20^h27^m, horas oficiales en Canarias.



Eclipse total de 8 de abril de 2024



Características generales del eclipse

Fases	TU	Latitud	Longitud
Inicio del eclipse general	$15^h\,42^m$	–14º 57′	–143º 06′
Inicio del eclipse total	$16^h\,38^m$	–7º 49′	–158º 31′
Máximo del eclipse	$18^h\,17^m$	25º 17′	–104º 08′
Conjunción en Asc. Recta	$18^h\,36^m$		
Fin del eclipse total	$19^h\,55^m$	47º 37′	–19º 49′
Fin del eclipse general	$20^h\,52^m$	40º 32′	–36º 06′

Características del eclipse en el máximo

Duración de la fase total	$4^m\,28^s$
Anchura de la sombra	197 km
Razón entre el radio topocéntrico de la Luna y el del Sol	105,6%
Distancia mínima entre el eje de sombra de la Luna y el centro de la Tierra (en radios terrestres)	0,34
Altura del Sol	69º

Eclipse anular de Sol del día 2 de octubre (Saros 144)

Este eclipse anular es el número 17 de los 70 eclipses del ciclo Saros 144 y no será visible en España.

El eclipse será visible como parcial en el Pacífico y el sur de Sudamérica. Se iniciará en un punto del océano Pacífico al sureste de Hawái (Estados Unidos) a las 15^h42^m TU (Tiempo Universal) y terminará a las 21^h46^m TU en un punto del océano Atlántico al este de la península Valdés (Argentina). La duración total del fenómeno será de 364 minutos (algo más de 6 horas).

El eclipse anular se iniciará a las 16^h50^m en un punto del océano Pacífico al norte de la República de Kiribati, pasará por la isla de Pascua (Chile), cruzará Chile por la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo y Argentina por la provincia de Santa Cruz, en la Patagonia. El eclipse finalizará a las 20^h39^m en un punto del océano Atlántico al norte de las islas Georgias del Sur (Reino Unido). La duración total del fenómeno será de 229 minutos (algo menos de 4 horas).

El máximo del eclipse anular se dará a las 18^h44^m en un punto del océano Pacífico al norte de la isla de Pascua con una magnitud máxima de 0,93 y una máxima duración de 7 min 25 s. En la isla de Pascua (Chile) la duración de la anularidad será de 6 min 20 s, en Tortel (Chile) 6 min 20 s, en Cochrane (Chile) 5 min 53 s, en O'Higgins (Chile) 5 min 32 s, en Gobernador Gregores (Argentina) 5 min 48 s, en Puerto San Julián (Argentina) 5 min 23 s y en Puerto Deseado (Argentina) 3 min 44 s.

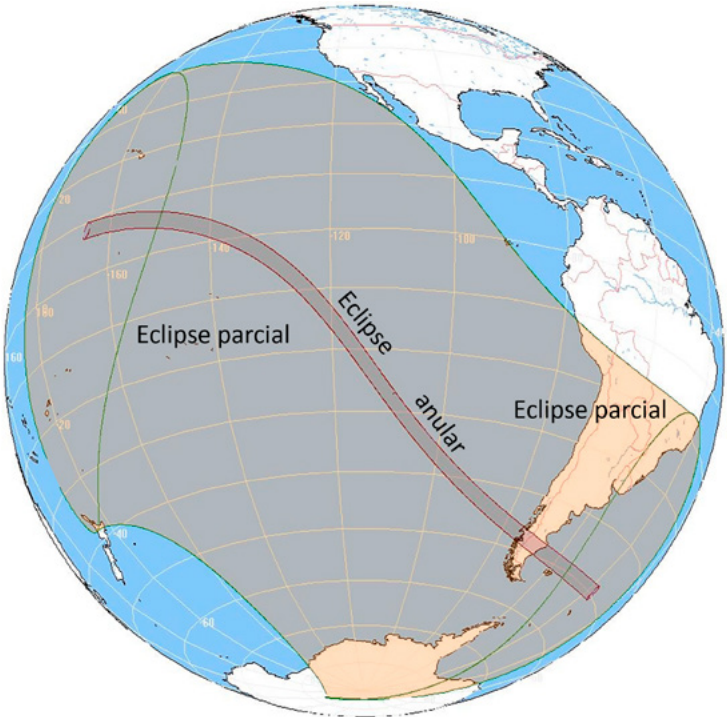
Características generales del eclipse

Fases	TU	Latitud	Longitud
Inicio del eclipse general	$15^h\,42^m$	16° 02′	–147° 19′
Inicio del eclipse anular	$16^h\,50^m$	8° 22′	–165° 32′
Máximo del eclipse	$18^h\,44^m$	–21° 57′	–114° 28′
Conjunción en Asc. Recta	$19^h\,07^m$		
Fin del eclipse anular	$20^h\,39^m$	–49° 28′	–37° 05′
Fin del eclipse general	$21^h\,46^m$	–41° 51′	–55° 52′

Características del eclipse en el máximo

Duración de la fase anular	$7^m\,25^s$
Anchura de la sombra	266 km
Razón entre el radio topocéntrico de la Luna y el del Sol	93,3%
Magnitud del eclipse anular	0,933
Distancia mínima entre el eje de sombra de la Luna y el centro de la Tierra (en radios terrestres)	0,351
Altura del Sol	69°

Eclipse anular de 2 de octubre de 2024



Eclipses de Sol en los próximos años

Fecha	Tipo	Duración (^{m} ^{s})	Magnitud	Visibilidad
2024 abril 8	total	4 28	1,06	Norteamérica y Centroamérica
2024 octubre 2	anular	7 25	0,93	Pacífico y S Sudamérica
2025 marzo 29	parcial		0,94	NO África, Europa, N Rusia
2025 setiembre 21	parcial		0,86	Pacífico, N Zelanda y Antártida
2026 febrero 17	anular	2 20	0,93	Sudamérica, África y Antártida
2026 agosto 12	total	2 18	1,04	Norteamérica, África y Europa
2027 febrero 6	anular	7 51	0,93	Sudamérica, África y Antártida
2027 agosto 2	total	6 23	1,08	África, Europa y Asia
2028 enero 26	anular	10 27	0,92	América, O Europa, O África
2028 julio 22	total	5 10	1,06	SE Asia y Oceanía
2029 enero 14	parcial		0,87	Norteamérica y Centroamérica
2029 junio 12	parcial		0,46	Ártico
2029 julio 11	parcial		0,23	S Sudamérica
2029 diciembre 05	parcial		0,89	S Sudamérica y Antártida
2030 junio 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 setiembre 23	parcial		0,69	S Sudamérica y Antártida
2034 marzo 20	total	4 09	1,05	África, Europa y O Asia
2034 setiembre 12	anular	2 58	0,97	Centroamérica y Sudamérica

En aquellos casos en que un eclipse se 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.

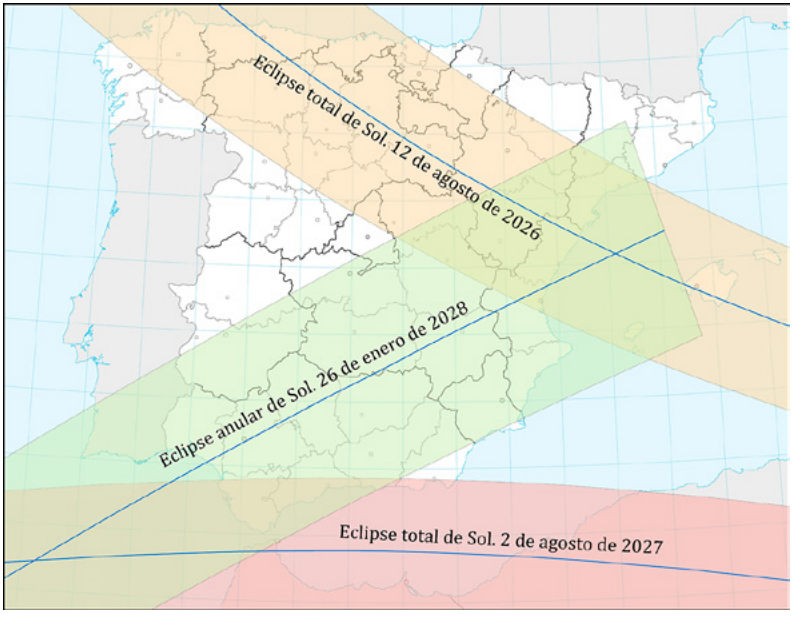
Eclipses de Sol visibles en España en los próximos años

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 se pudo ver en 1959, y solo desde las islas Canarias; la península Ibérica no ha visto un eclipse total de Sol desde 1912. Esta sequía de eclipses va a terminar próximamente, pues entre los años 2026 y 2028 habrá dos eclipses totales y uno anular que se podrán ver desde algún punto de nuestra geografía.

El primer eclipse total de Sol visible en la península en más de un siglo tendrá lugar el 12 de agosto de 2026. La franja de totalidad cruzará España de oeste a este y pasará por numerosas capitales de provincia desde A Coruña hasta Palma de Mallorca, incluyendo León, Bilbao, Zaragoza y Valencia. Nuestro país está situada al final de la franja de totalidad, por lo que esta sucederá cuando el Sol se esté poniendo muy cerca del horizonte, siendo conveniente observar el eclipse desde un lugar con buena visibilidad hacia el oeste.

Casi un año después, el 2 de agosto de 2027, otro eclipse total cruzará España. 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.

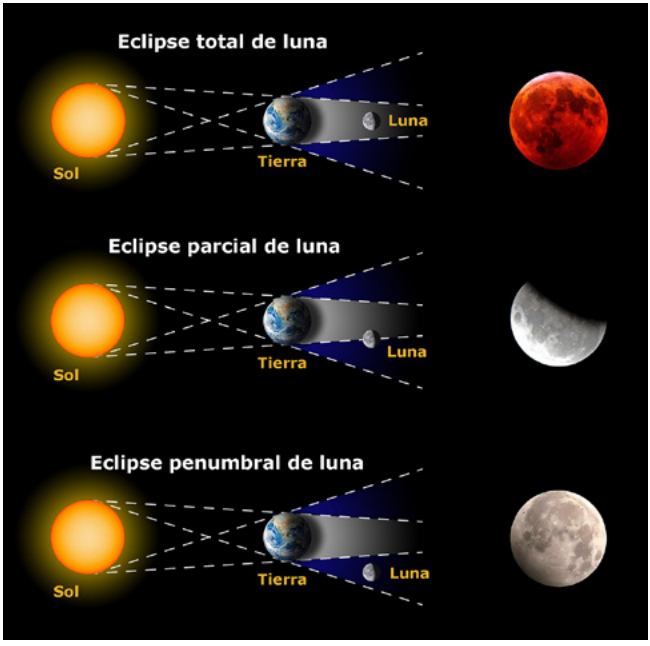
Por último, 26 de enero de 2028, se producirá un eclipse anular cuya franja de anularidad cruzará la península de sudoeste a noreste justo antes de la puesta de Sol, incluyendo ciudades como Sevilla, Málaga, Murcia y Valencia, donde la fase anular se verá completa. En Palma de Mallorca y Barcelona solo 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 situe en la umbra, el eclipse será parcial. Si la Luna se situa 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 la 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 2024

Se producirán dos eclipses de Luna, uno penumbral el 25 de marzo y otro parcial, muy débil, el 18 de setiembre. El segundo eclipse será visible en España.

Se describen en detalle en las páginas siguientes.

Eclipse penumbral de Luna del día 25 de marzo (Saros 113)

Este eclipse es el número 64 de los 71 eclipses del ciclo Saros 113 y será apenas visible en España al ponerse la Luna.

El inicio del eclipse tendrá lugar a las 4^h53^m de Tiempo Universal (TU). La zona en que será visible viene delimitada por la curva etiquetada con **iP** en la figura adjunta; corresponde a América y el oeste de Europa y África. El eclipse terminará a las 9^h32^m TU. Habrá sido visible en sus últimas fases en el este de Asia, este de Oceanía y América según delimita la curva **fP**.

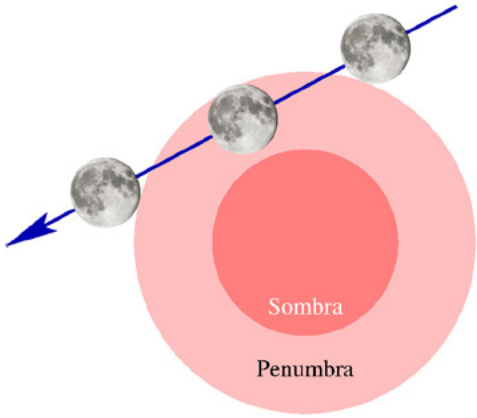
Características generales del eclipse

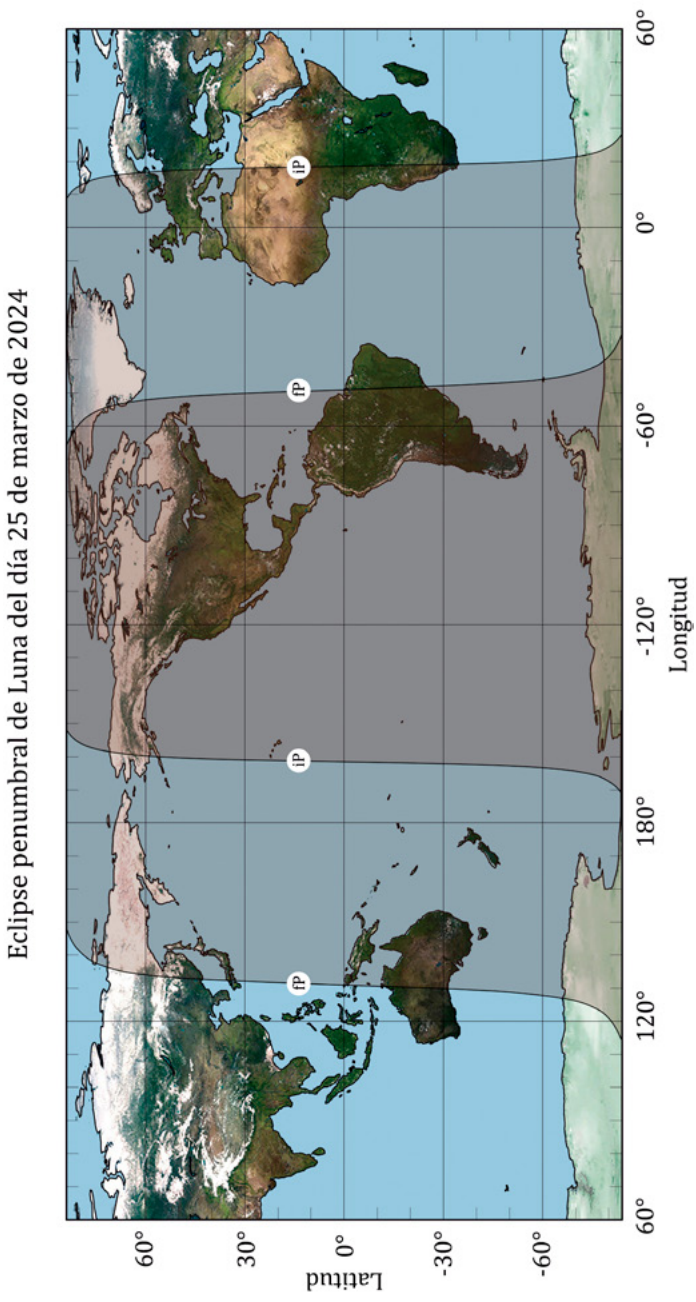
Fases	TU	Latitud	Long.(+E)	A.P.
Primer contacto con la penumbra	$4^h\,53^m$	−0° 38′	−71° 31′	160°
Máximo del eclipse	$7^h\,12^m$	−1° 11′	−105° 15′	207°
Ultimo contacto con la penumbra	$9^h\,32^m$	−1° 44′	−138° 59′	256°
Duración del eclipse penumbral	$4^h\,37^m$			
Magnitud del eclipse de penumbra	0,96			

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	96%
Distancia mínima entre el eje de la sombra de la Tierra y el centro de la Luna (en radios terrestres)	1,06




Eclipse penumbral de Luna del día 25 de marzo de 2024
Latitud
60°
30°
0°
-30°
-60°
Longitud
60°
120°
180°
-120°
-60°
0°
60°
iP
iP
iP
iP

Eclipse parcial de Luna del día 18 de setiembre (Saros 118)

Este eclipse es el número 52 de los 74 eclipses del ciclo Saros 118 y será visible en España.

El inicio del eclipse de penumbra tendrá lugar a las 0^h44^m de Tiempo Universal (TU). La zona en que será visible viene delimitada por la curva etiquetada con **iP** en la figura adjunta; corresponde al oeste de Asia, África, Europa y este de América. El eclipse parcial, muy débil, (**iS**) es visible a partir de las 2^h17^m y finaliza (**fS**) a las 3^h16^m, será visible en Europa, África y casi toda América, excepto su extremo más occidental. El eclipse terminará a las 4^h49^m TU. Habrá sido visible en sus últimas fases en Europa, África y América según delimita la curva **fP**.

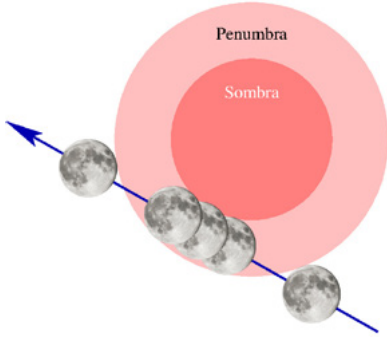
Características generales del eclipse

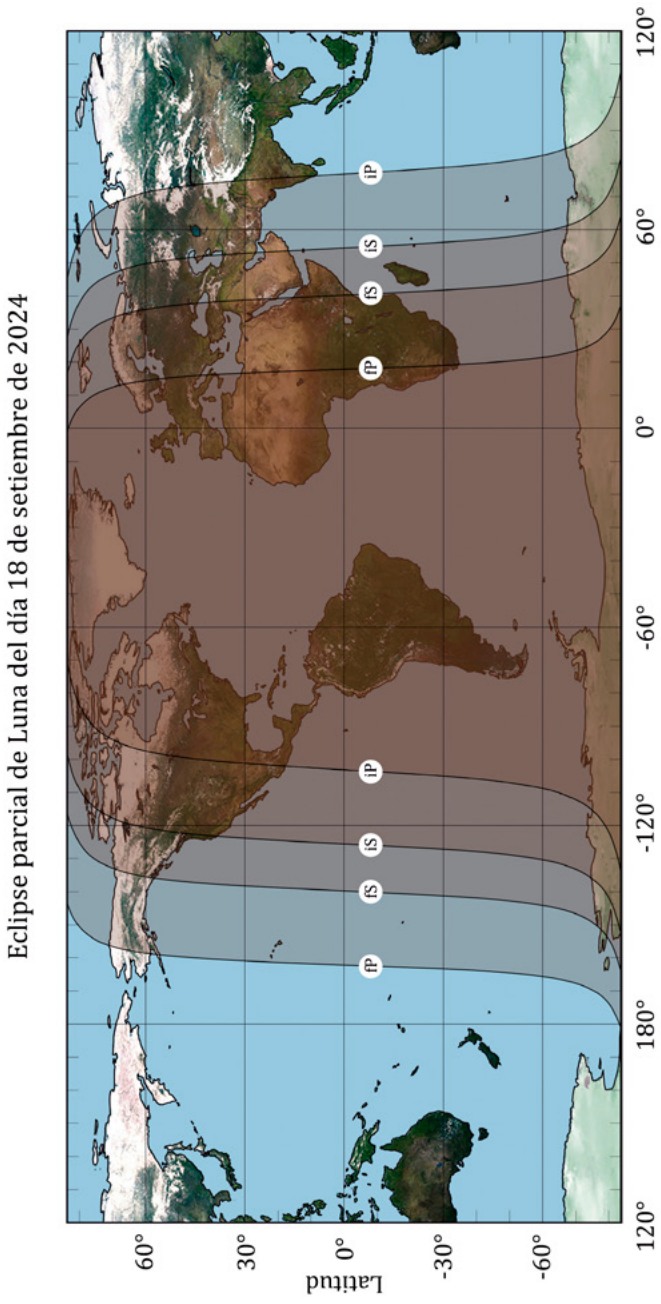
Fases	TU	Latitud	Long.(+E)	A.P.
Primer contacto con la penumbra	$0^h\,41^m$	−3° 12′	−13° 07′	21°
Primer contacto con la sombra	$2^h\,13^m$	−2° 44′	−35° 27′	347°
Máximo del eclipse	$2^h\,44^m$	−2° 35′	−42° 36′	330°
Último contacto con la sombra	$3^h\,16^m$	−2° 26′	−49° 44′	314°
Último contacto con la penumbra	$4^h\,47^m$	−1° 58′	−72° 04′	280°
Duración del eclipse penumbral	$4^h\,06^m$			
Duración del eclipse parcial	$1^h\,03^m$			
Magnitud del eclipse de penumbra	1,03			
Magnitud del eclipse de sombra	0,08			

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	103%
Fracción de diámetro lunar inmersa en la sombra	8%
Distancia mínima entre el eje de la sombra de la Tierra y el centro de la Luna (en radios terrestres)	0,98




Eclipse parcial de Luna del día 18 de setiembre de 2024
fP
fS
iS
iP
Latitud
60°
30°
0°
-30°
-60°
120°
180°
-120°
-60°
0°
60°
120°
Longitud

Eclipses de Luna en los próximos años

Fecha	Tipo	Duración (en min)	Dur. Totalidad (en min)	Magnitud
2024 marzo 25	penumbral			
2024 setiembre 18	parcial	63		0,09
2025 marzo 14	total	218	65	1,18
2025 setiembre 7	total	209	82	1,18
2026 marzo 3	total	207	58	1,15
2026 agosto 28	parcial	198		0,93
2027 febrero 20	penumbral			
2027 julio 18	penumbral			
2027 agosto 17	penumbral			
2028 enero 12	parcial	56		0,07
2028 julio 6	parcial	141		0,40
2028 diciembre 31	total	209	71	1,25
2029 junio 26	total	220	73	1,84
2029 diciembre 20	total	213	66	1,12
2030 junio 15	parcial	144		0,50
2030 diciembre 9	penumbral			
2031 mayo 7	penumbral			
2031 junio 5	penumbral			
2031 octubre 30	penumbral			
2032 abril 25	total	211	66	1,19
2032 octubre 18	total	196	47	1,10
2033 abril 14	total	215	49	1,09
2033 octubre 8	total	202	78	1,35
2034 abril 3	penumbral			
2034 setiembre 28	parcial	147		0,01

Duración se refiere a la de contacto con la sombra.

El próximo eclipse **total** de Luna visible en España será el 14 de marzo de 2025.

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

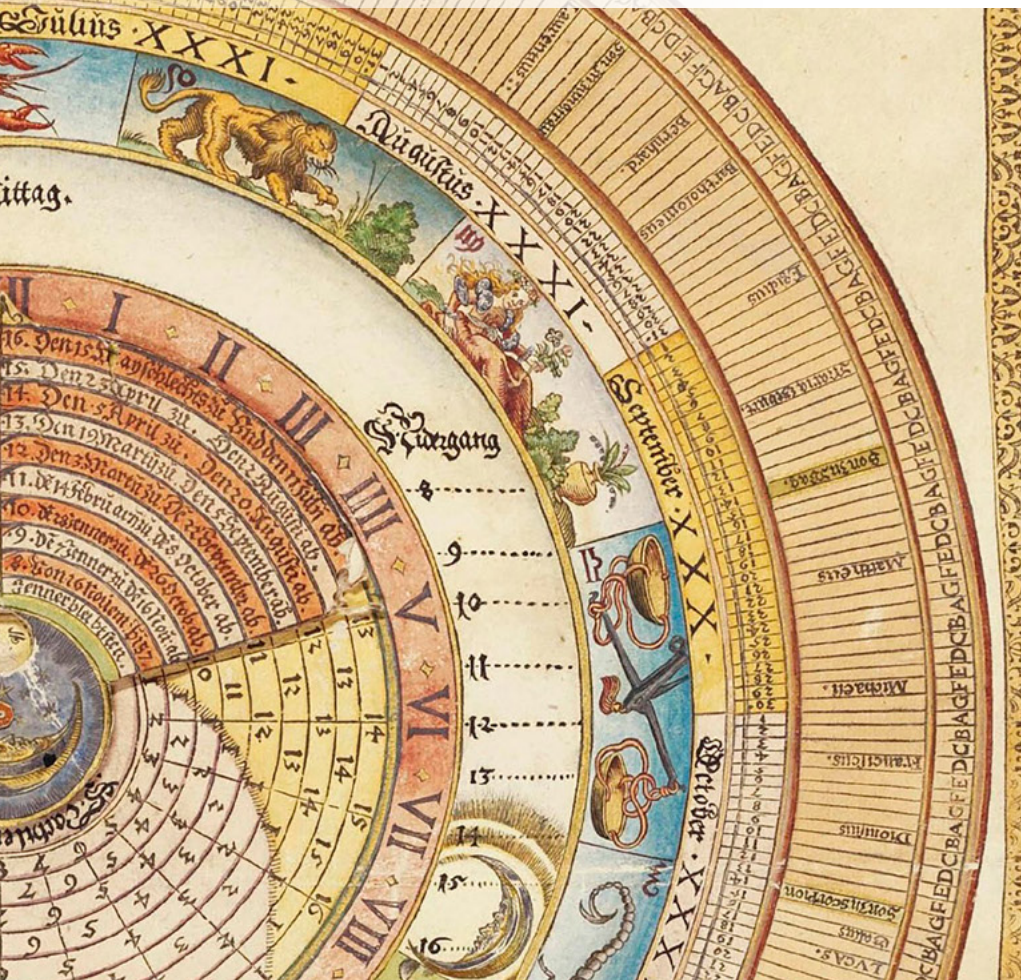
La última columna corresponde a la mínima distancia entre el planeta y el Sol.

Römischer Kalender auß der Geometria / auff alle jar / Sontags Buchstaben zuverstehen / wie dann der vnter Zirckel außweis gleichen wann sie auff vnd nider gehet. Sampt der vergleichung der Grosse ler Zeiger in neun zirckelrissen der tagleng getheilt / als 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. wir seind / vnd ob der tag zu oder abnimt / wie darob zu sehen / so zeigt derselbe Zirck nen Vhr an. Deßgleichen auch ist zu sehen / im Planetenzirckel / wie sich die sern / bey tag vnd nacht.



CAPÍTULO 2

La medida del tiempo





Calendario romano de geometría de la segunda mitad del siglo XVI.

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:

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

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:

$$TT-UT1 = 69{,}^{s}3 + 0{,}^{s}12\,(A-2020) - 0{,}^{s}038\,(A-2020)^2,$$

expresión válida entre 2013 y 2024.

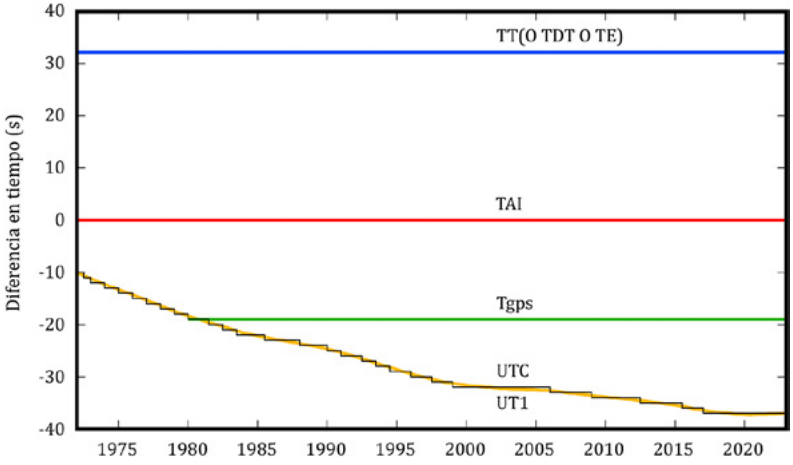
El Servicio Internacional de la Rotación Terrestre y de los Sistemas de Referencia (IERS) proporciona periódicamente los valores medidos y las predicciones de la diferencia *TT–UT1*.

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
2016 Ene 1	$68^s.10$
2017 Ene 1	$68^s.59$
2018 Ene 1	$68^s.97$
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	$69^s.12$
2025 Ene 1 (pred.)	$69^s.0$

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 2016 hasta 2025.

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:

$$\theta_v = 6^h,697\,374 + 0^h,065709824\,(DJ_{0^h} - 2\,451\,545) + EcEq + \\ + 1,0027379093\,UT\,1 + \lambda_E$$

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 2000 y el 2025. El resultado debe expresarse entre 0^h y 24^h. Si se desea obtener el tiempo sidéreo medio, basta con prescindir del sumando *EcEq*. El cálculo del tiempo sidéreo local θ_v es necesario, por ejemplo, para determinar el ángulo horario *AH* de un astro a observar en un instante dado y cuya ascensión recta α sea conocida:

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

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

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

$$\theta_v - EcEq - 6^h,745117 - 0^h,065709824\,(DJ_{0^h} - 2\,450\,450) - \lambda_E$$

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*.

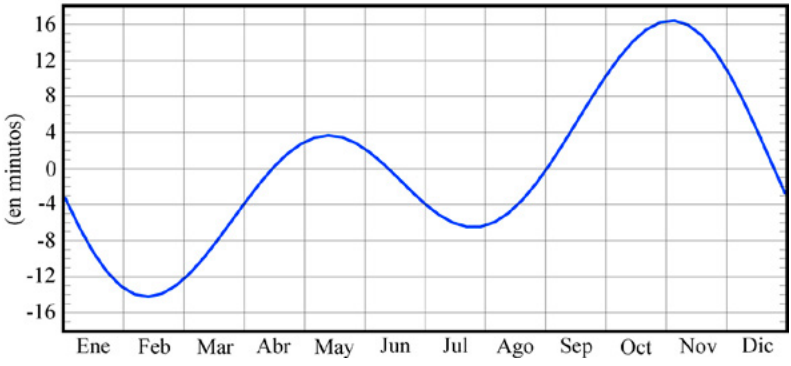
Se denomina *tiempo solar (local) medio* al que se obtiene considerando un Sol "ficticio" que se mueve en el plano del ecuador de manera que su ángulo horario varíe de manera uniforme, coincidiendo con el movimiento medio del Sol verdadero. La diferencia entre el tiempo solar verdadero y el medio se 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:

$$Ec.Tiempo = \text{tiempo solar verdadero} - \text{tiempo solar medio}$$

$$Ec.Tiempo = 595^s \operatorname{sen}(198^\circ + 1^\circ,9713\, d) + 442^s \operatorname{sen}(175^\circ + 0^\circ,9856\, d)$$

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:

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

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

Emisores de señales de tiempo

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

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

Emisoras de señales horarias con emisión continua

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

Los sistemas de navegación vía satélite (como GPS, GLONASS) permiten más precisión, pues la propagación puede ser modelada muy bien. Si se corrigen los retardos debidos a cables y se recibe la señal en un lugar no perturbado (por grandes estructuras, tendidos eléctricos o similares) se puede conseguir una precisión mejor que la décima de microsegundo.

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

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

Sincronización de ordenadores al UTC

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

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

Relaciones válidas en el año

Días desde el inicio de siglo = 8400 + día del año
Días hasta el fin de siglo = 28 124 − día del año
Día juliano = 2 460 309,5 + día del año + $TU/24^{h}$
Día juliano modificado = 60 309 + día del año + $TU/24^{h}$
Siglos julianos desde la época J2000 hasta la mitad del año:

$$T = (J2024.5 - J2000.0)/36\,525 = 0{,}245$$

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

$$\theta_{med} = 6^{h}{,}611\,132 + 0^{h}{,}065709825\ d + 1{,}00273791\ TU + \lambda_E$$

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

Ecuación de los equinoccios = $-0^{s}{,}33 + 0^{s}{,}00069\ d$ (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 15° (1^h) entre sí. Como origen se toma el huso número 0 centrado en el meridiano de Greenwich que, por lo tanto, está delimitado por los meridianos cuya longitud es −7°,5 y +7°,5. Con esta división se pretende favorecer que cada país adopte como tiempo oficial el correspondiente al huso en que se encuentra la mayor parte del país (tiempo legal). De esta manera, la diferencia entre el tiempo oficial de distintos países (o entre distintas zonas de un mismo país muy extenso) sería de un número entero de horas. Este sistema se complementa con una *línea internacional de cambio de fecha*, que zigzaguea alrededor del meridiano 180°. Al cruzarla viajando en la dirección Este, hay que disminuir la fecha en un día; en la dirección Oeste, incrementarla en un día.

En la práctica hay muchas desviaciones respecto del sistema anterior. Algunos países han adoptado un tiempo oficial adelantado o retrasado en una unidad a fin de coincidir con aquellos países vecinos con los que tiene mayores intercambios comerciales. Es el caso de España, que se encuentra en el huso 0 y emplea el tiempo legal en el huso 1. Hay varios países que, por razón de su extensión, se encuentran en varios husos horarios, por lo que tienen diferentes tiempos oficiales en distintas regiones. Tal es el caso de Australia, Brasil, Canadá, Estados Unidos, Indonesia, 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 setiembre como solía ser. La mayoría de estados en Estados Unidos y Canadá adelantan su tiempo oficial desde el primer domingo de abril al último de octubre. En algunos países del hemisferio sur también hay un cambio de horario en una hora, en general entre los meses de octubre y marzo. Actualmente unos 70 países del mundo adoptan un horario adelantado durante parte del año en algunos de sus territorios.

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

> *Ejemplo*: La diferencia horaria entre España (península 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*; Jordania*; Líbano*; Palestina*; Siria*
+ 3^h	Arabia Saudí; Bahrein; Iraq; Kuwait; Qatar; 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 (Aktau, Aktobe); 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; Kazajstán (Almatý, Astaná); 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)

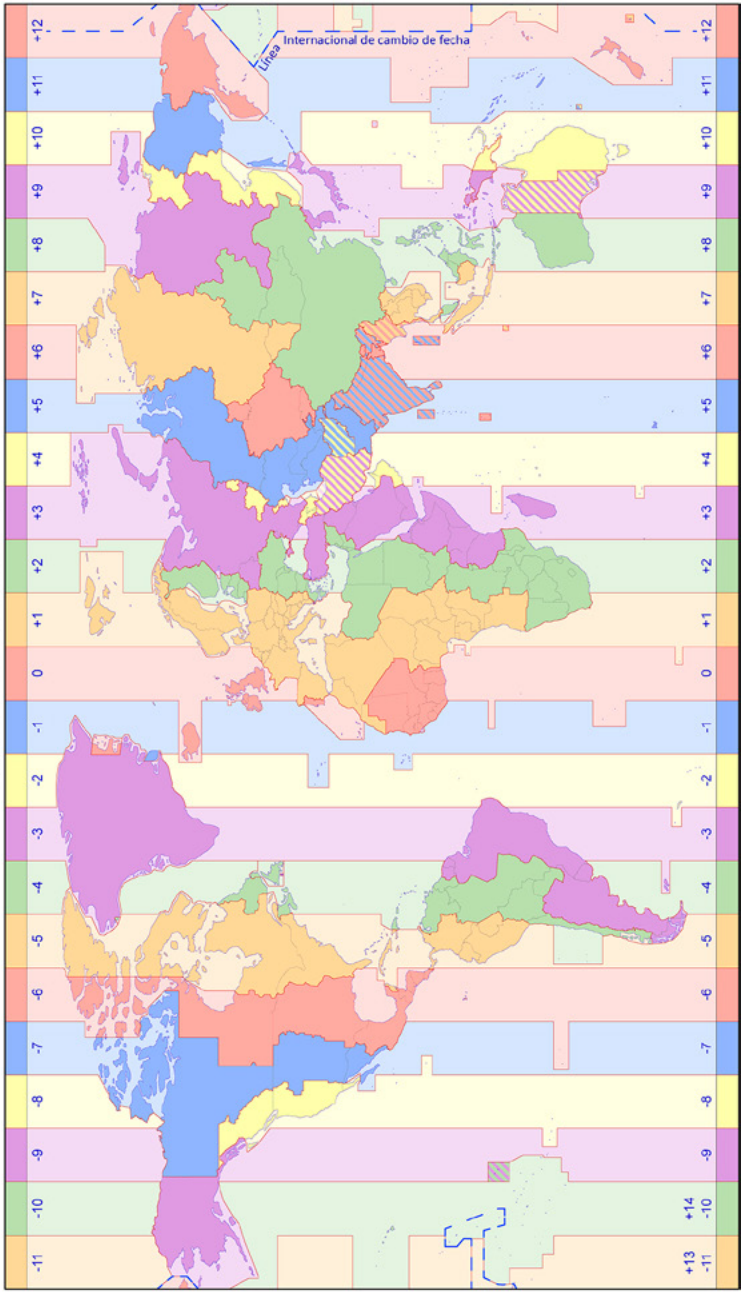
Tiempo oficial referido al Tiempo Universal

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*)
- 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; Paraguay*; 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); Thule* (Groenlandia, Dinamarca); 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; Groenlandia* (Dinamarca); Guayana francesa (Fr.); I. Malvinas (RU); Región de Magallanes (Chile); I. de San Pedro y Miquelón* (Fr.)
- 2^h	I. Fernando do Noronha (Brasil); I. Georgias del Sur y Sandwich del Sur (RU)
- 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 septiembre de 2022.

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 una propuesta para poner fin a los cambios de hora. Actualmente el Parlamento Europeo está debatiendo eliminarlos, aunque todavía no hay una decisión firme.

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

2024 Domingos 31 de marzo y 27 de octubre.
2025 Domingos 30 de marzo y 26 de octubre.
2026 Domingos 29 de marzo y 25 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 2024

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	1	2460310,5	06	40	36,303	-0,328	-03	04
2	M	2	2460311,5	06	44	32,857	-0,330	-03	33
3	M	3	2460312,5	06	48	29,409	-0,333	-04	01
4	J	4	2460313,5	06	52	25,960	-0,337	-04	28
5	V	5	2460314,5	06	56	22,513	-0,340	-04	56
6	S	6	2460315,5	07	00	19,068	-0,340	-05	23
7	D	7	2460316,5	07	04	15,625	-0,338	-05	49
8	L	8	2460317,5	07	08	12,186	-0,333	-06	15
9	M	9	2460318,5	07	12	08,750	-0,324	-06	41
10	M	10	2460319,5	07	16	05,317	-0,312	-07	06
11	J	11	2460320,5	07	20	01,885	-0,300	-07	30
12	V	12	2460321,5	07	23	58,452	-0,289	-07	54
13	S	13	2460322,5	07	27	55,015	-0,281	-08	18
14	D	14	2460323,5	07	31	51,573	-0,278	-08	41
15	L	15	2460324,5	07	35	48,127	-0,279	-09	03
16	M	16	2460325,5	07	39	44,679	-0,283	-09	24
17	M	17	2460326,5	07	43	41,230	-0,288	-09	45
18	J	18	2460327,5	07	47	37,782	-0,291	-10	05
19	V	19	2460328,5	07	51	34,336	-0,291	-10	24
20	S	20	2460329,5	07	55	30,895	-0,289	-10	43
21	D	21	2460330,5	07	59	27,456	-0,283	-11	00
22	L	22	2460331,5	08	03	24,019	-0,275	-11	17
23	M	23	2460332,5	08	07	20,583	-0,267	-11	34
24	M	24	2460333,5	08	11	17,146	-0,258	-11	49
25	J	25	2460334,5	08	15	13,708	-0,252	-12	04
26	V	26	2460335,5	08	19	10,268	-0,247	-12	17
27	S	27	2460336,5	08	23	06,825	-0,246	-12	31
28	D	28	2460337,5	08	27	03,379	-0,247	-12	43
29	L	29	2460338,5	08	30	59,930	-0,251	-12	54
30	M	30	2460339,5	08	34	56,481	-0,256	-13	05
31	M	31	2460340,5	08	38	53,030	-0,262	-13	15

Febrero 2024

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	32	2460341,5	08	42	49,580	-0,267	-13	24
2	V	33	2460342,5	08	46	46,132	-0,271	-13	32
3	S	34	2460343,5	08	50	42,686	-0,273	-13	40
4	D	35	2460344,5	08	54	39,243	-0,271	-13	46
5	L	36	2460345,5	08	58	35,803	-0,266	-13	52
6	M	37	2460346,5	09	02	32,366	-0,258	-13	57
7	M	38	2460347,5	09	06	28,931	-0,249	-14	02
8	J	39	2460348,5	09	10	25,496	-0,239	-14	05
9	V	40	2460349,5	09	14	22,058	-0,232	-14	08
10	S	41	2460350,5	09	18	18,616	-0,230	-14	10
11	D	42	2460351,5	09	22	15,170	-0,232	-14	11
12	L	43	2460352,5	09	26	11,719	-0,237	-14	11
13	M	44	2460353,5	09	30	08,267	-0,245	-14	11
14	M	45	2460354,5	09	34	04,816	-0,251	-14	10
15	J	46	2460355,5	09	38	01,368	-0,255	-14	08
16	V	47	2460356,5	09	41	57,922	-0,256	-14	05
17	S	48	2460357,5	09	45	54,480	-0,253	-14	02
18	D	49	2460358,5	09	49	51,041	-0,248	-13	58
19	L	50	2460359,5	09	53	47,602	-0,242	-13	53
20	M	51	2460360,5	09	57	44,163	-0,236	-13	47
21	M	52	2460361,5	10	01	40,723	-0,232	-13	41
22	J	53	2460362,5	10	05	37,280	-0,230	-13	34
23	V	54	2460363,5	10	09	33,835	-0,230	-13	27
24	S	55	2460364,5	10	13	30,387	-0,234	-13	19
25	D	56	2460365,5	10	17	26,937	-0,240	-13	10
26	L	57	2460366,5	10	21	23,485	-0,247	-13	00
27	M	58	2460367,5	10	25	20,032	-0,255	-12	51
28	M	59	2460368,5	10	29	16,579	-0,264	-12	40
29	J	60	2460369,5	10	33	13,128	-0,270	-12	29

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 2024

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	61	2460370,5	10	37	09,678	-0,275	-12	18
2	S	62	2460371,5	10	41	06,232	-0,277	-12	06
3	D	63	2460372,5	10	45	02,789	-0,276	-11	53
4	L	64	2460373,5	10	48	59,348	-0,271	-11	40
5	M	65	2460374,5	10	52	55,909	-0,265	-11	27
6	M	66	2460375,5	10	56	52,472	-0,259	-11	13
7	J	67	2460376,5	11	00	49,032	-0,253	-10	59
8	V	68	2460377,5	11	04	45,590	-0,251	-10	45
9	S	69	2460378,5	11	08	42,144	-0,253	-10	30
10	D	70	2460379,5	11	12	38,693	-0,259	-10	15
11	L	71	2460380,5	11	16	35,239	-0,268	-09	59
12	M	72	2460381,5	11	20	31,786	-0,277	-09	43
13	M	73	2460382,5	11	24	28,334	-0,284	-09	27
14	J	74	2460383,5	11	28	24,886	-0,287	-09	11
15	V	75	2460384,5	11	32	21,442	-0,286	-08	54
16	S	76	2460385,5	11	36	18,001	-0,283	-08	37
17	D	77	2460386,5	11	40	14,561	-0,278	-08	20
18	L	78	2460387,5	11	44	11,121	-0,273	-08	02
19	M	79	2460388,5	11	48	07,680	-0,269	-07	45
20	M	80	2460389,5	11	52	04,237	-0,268	-07	27
21	J	81	2460390,5	11	56	00,792	-0,269	-07	09
22	V	82	2460391,5	11	59	57,343	-0,273	-06	51
23	S	83	2460392,5	12	03	53,892	-0,279	-06	33
24	D	84	2460393,5	12	07	50,440	-0,287	-06	15
25	L	85	2460394,5	12	11	46,986	-0,296	-05	57
26	M	86	2460395,5	12	15	43,533	-0,305	-05	39
27	M	87	2460396,5	12	19	40,080	-0,313	-05	21
28	J	88	2460397,5	12	23	36,630	-0,319	-05	03
29	V	89	2460398,5	12	27	33,182	-0,322	-04	44
30	S	90	2460399,5	12	31	29,737	-0,322	-04	26
31	D	91	2460400,5	12	35	26,296	-0,319	-04	08

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 2024

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	92	2460401,5	12	39	22,856	-0,314	-03	50
2	M	93	2460402,5	12	43	19,417	-0,308	-03	33
3	M	94	2460403,5	12	47	15,978	-0,303	-03	15
4	J	95	2460404,5	12	51	12,537	-0,299	-02	58
5	V	96	2460405,5	12	55	09,092	-0,300	-02	41
6	S	97	2460406,5	12	59	05,643	-0,304	-02	24
7	D	98	2460407,5	13	03	02,190	-0,312	-02	07
8	L	99	2460408,5	13	06	58,737	-0,321	-01	50
9	M	100	2460409,5	13	10	55,285	-0,328	-01	34
10	M	101	2460410,5	13	14	51,835	-0,333	-01	18
11	J	102	2460411,5	13	18	48,391	-0,333	-01	02
12	V	103	2460412,5	13	22	44,950	-0,329	-00	46
13	S	104	2460413,5	13	26	41,511	-0,323	-00	31
14	D	105	2460414,5	13	30	38,073	-0,317	-00	16
15	L	106	2460415,5	13	34	34,634	-0,311	-00	02
16	M	107	2460416,5	13	38	31,193	-0,308	+00	12
17	M	108	2460417,5	13	42	27,749	-0,306	+00	26
18	J	109	2460418,5	13	46	24,303	-0,308	+00	40
19	V	110	2460419,5	13	50	20,854	-0,313	+00	53
20	S	111	2460420,5	13	54	17,403	-0,319	+01	06
21	D	112	2460421,5	13	58	13,951	-0,326	+01	18
22	L	113	2460422,5	14	02	10,499	-0,334	+01	30
23	M	114	2460423,5	14	06	07,047	-0,341	+01	41
24	M	115	2460424,5	14	10	03,598	-0,345	+01	52
25	J	116	2460425,5	14	14	00,151	-0,348	+02	03
26	V	117	2460426,5	14	17	56,707	-0,347	+02	13
27	S	118	2460427,5	14	21	53,267	-0,342	+02	22
28	D	119	2460428,5	14	25	49,829	-0,336	+02	31
29	L	120	2460429,5	14	29	46,392	-0,329	+02	40
30	M	121	2460430,5	14	33	42,954	-0,321	+02	48

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

$$\text{tiempo solar medio} = \text{TU} + \text{longitud}_{Este}$$

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

Mayo 2024

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	122	2460431,5	14	37	39,515	-0,316	+02	55
2	J	123	2460432,5	14	41	36,073	-0,314	+03	02
3	V	124	2460433,5	14	45	32,627	-0,315	+03	08
4	S	125	2460434,5	14	49	29,177	-0,319	+03	14
5	D	126	2460435,5	14	53	25,726	-0,326	+03	19
6	L	127	2460436,5	14	57	22,275	-0,332	+03	23
7	M	128	2460437,5	15	01	18,827	-0,336	+03	27
8	M	129	2460438,5	15	05	15,382	-0,336	+03	31
9	J	130	2460439,5	15	09	11,942	-0,332	+03	34
10	V	131	2460440,5	15	13	08,505	-0,324	+03	36
11	S	132	2460441,5	15	17	05,069	-0,315	+03	38
12	D	133	2460442,5	15	21	01,634	-0,306	+03	39
13	L	134	2460443,5	15	24	58,196	-0,299	+03	39
14	M	135	2460444,5	15	28	54,756	-0,294	+03	39
15	M	136	2460445,5	15	32	51,313	-0,293	+03	39
16	J	137	2460446,5	15	36	47,867	-0,294	+03	38
17	V	138	2460447,5	15	40	44,419	-0,297	+03	36
18	S	139	2460448,5	15	44	40,970	-0,302	+03	34
19	D	140	2460449,5	15	48	37,520	-0,308	+03	31
20	L	141	2460450,5	15	52	34,070	-0,312	+03	28
21	M	142	2460451,5	15	56	30,623	-0,316	+03	24
22	M	143	2460452,5	16	00	27,178	-0,316	+03	20
23	J	144	2460453,5	16	04	23,735	-0,314	+03	15
24	V	145	2460454,5	16	08	20,296	-0,308	+03	10
25	S	146	2460455,5	16	12	16,860	-0,300	+03	04
26	D	147	2460456,5	16	16	13,425	-0,290	+02	57
27	L	148	2460457,5	16	20	09,991	-0,280	+02	51
28	M	149	2460458,5	16	24	06,554	-0,272	+02	43
29	M	150	2460459,5	16	28	03,115	-0,266	+02	36
30	J	151	2460460,5	16	31	59,672	-0,265	+02	27
31	V	152	2460461,5	16	35	56,225	-0,267	+02	19

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 2024

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	153	2460462,5	16	39	52,776	-0,271	+02	10
2	D	154	2460463,5	16	43	49,327	-0,275	+02	00
3	L	155	2460464,5	16	47	45,880	-0,278	+01	50
4	M	156	2460465,5	16	51	42,436	-0,278	+01	40
5	M	157	2460466,5	16	55	38,995	-0,273	+01	29
6	J	158	2460467,5	16	59	35,559	-0,265	+01	18
7	V	159	2460468,5	17	03	32,125	-0,255	+01	07
8	S	160	2460469,5	17	07	28,691	-0,244	+00	56
9	D	161	2460470,5	17	11	25,256	-0,234	+00	44
10	L	162	2460471,5	17	15	21,819	-0,227	+00	32
11	M	163	2460472,5	17	19	18,379	-0,222	+00	20
12	M	164	2460473,5	17	23	14,935	-0,221	+00	07
13	J	165	2460474,5	17	27	11,490	-0,222	-00	05
14	V	166	2460475,5	17	31	08,042	-0,225	-00	18
15	S	167	2460476,5	17	35	04,593	-0,229	-00	31
16	D	168	2460477,5	17	39	01,145	-0,233	-00	44
17	L	169	2460478,5	17	42	57,698	-0,235	-00	57
18	M	170	2460479,5	17	46	54,253	-0,235	-01	10
19	M	171	2460480,5	17	50	50,811	-0,233	-01	23
20	J	172	2460481,5	17	54	47,372	-0,227	-01	36
21	V	173	2460482,5	17	58	43,936	-0,218	-01	49
22	S	174	2460483,5	18	02	40,502	-0,208	-02	02
23	D	175	2460484,5	18	06	37,069	-0,196	-02	14
24	L	176	2460485,5	18	10	33,634	-0,186	-02	27
25	M	177	2460486,5	18	14	30,197	-0,179	-02	40
26	M	178	2460487,5	18	18	26,755	-0,176	-02	53
27	J	179	2460488,5	18	22	23,310	-0,177	-03	05
28	V	180	2460489,5	18	26	19,862	-0,180	-03	17
29	S	181	2460490,5	18	30	16,413	-0,184	-03	29
30	D	182	2460491,5	18	34	12,966	-0,187	-03	41

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 2024

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	183	2460492,5	18	38	09,521	-0,188	-03	53
2	M	184	2460493,5	18	42	06,080	-0,184	-04	05
3	M	185	2460494,5	18	46	02,642	-0,177	-04	16
4	J	186	2460495,5	18	49	59,207	-0,168	-04	27
5	V	187	2460496,5	18	53	55,773	-0,157	-04	37
6	S	188	2460497,5	18	57	52,338	-0,147	-04	47
7	D	189	2460498,5	19	01	48,902	-0,139	-04	57
8	L	190	2460499,5	19	05	45,462	-0,134	-05	07
9	M	191	2460500,5	19	09	42,020	-0,132	-05	16
10	M	192	2460501,5	19	13	38,574	-0,132	-05	25
11	J	193	2460502,5	19	17	35,127	-0,136	-05	33
12	V	194	2460503,5	19	21	31,678	-0,140	-05	40
13	S	195	2460504,5	19	25	28,228	-0,144	-05	48
14	D	196	2460505,5	19	29	24,780	-0,148	-05	54
15	L	197	2460506,5	19	33	21,334	-0,150	-06	01
16	M	198	2460507,5	19	37	17,890	-0,149	-06	06
17	M	199	2460508,5	19	41	14,449	-0,145	-06	12
18	J	200	2460509,5	19	45	11,011	-0,139	-06	16
19	V	201	2460510,5	19	49	07,575	-0,130	-06	20
20	S	202	2460511,5	19	53	04,141	-0,119	-06	24
21	D	203	2460512,5	19	57	00,706	-0,109	-06	27
22	L	204	2460513,5	20	00	57,269	-0,102	-06	29
23	M	205	2460514,5	20	04	53,828	-0,099	-06	31
24	M	206	2460515,5	20	08	50,382	-0,099	-06	32
25	J	207	2460516,5	20	12	46,934	-0,104	-06	33
26	V	208	2460517,5	20	16	43,483	-0,109	-06	33
27	S	209	2460518,5	20	20	40,034	-0,114	-06	32
28	D	210	2460519,5	20	24	36,587	-0,117	-06	31
29	L	211	2460520,5	20	28	33,143	-0,116	-06	29
30	M	212	2460521,5	20	32	29,703	-0,111	-06	27
31	M	213	2460522,5	20	36	26,265	-0,104	-06	24

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 2024

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	214	2460523,5	20	40	22,829	-0,096	-06	21
2	V	215	2460524,5	20	44	19,393	-0,087	-06	17
3	S	216	2460525,5	20	48	15,955	-0,081	-06	12
4	D	217	2460526,5	20	52	12,514	-0,077	-06	07
5	L	218	2460527,5	20	56	09,071	-0,076	-06	01
6	M	219	2460528,5	21	00	05,624	-0,078	-05	55
7	M	220	2460529,5	21	04	02,175	-0,082	-05	47
8	J	221	2460530,5	21	07	58,724	-0,088	-05	40
9	V	222	2460531,5	21	11	55,273	-0,095	-05	32
10	S	223	2460532,5	21	15	51,822	-0,101	-05	23
11	D	224	2460533,5	21	19	48,373	-0,106	-05	13
12	L	225	2460534,5	21	23	44,925	-0,108	-05	03
13	M	226	2460535,5	21	27	41,481	-0,108	-04	53
14	M	227	2460536,5	21	31	38,040	-0,105	-04	42
15	J	228	2460537,5	21	35	34,601	-0,099	-04	30
16	V	229	2460538,5	21	39	31,164	-0,091	-04	18
17	S	230	2460539,5	21	43	27,727	-0,084	-04	05
18	D	231	2460540,5	21	47	24,289	-0,077	-03	51
19	L	232	2460541,5	21	51	20,847	-0,074	-03	38
20	M	233	2460542,5	21	55	17,401	-0,076	-03	23
21	M	234	2460543,5	21	59	13,951	-0,081	-03	09
22	J	235	2460544,5	22	03	10,499	-0,089	-02	53
23	V	236	2460545,5	22	07	07,047	-0,096	-02	38
24	S	237	2460546,5	22	11	03,596	-0,102	-02	22
25	D	238	2460547,5	22	15	00,150	-0,104	-02	05
26	L	239	2460548,5	22	18	56,707	-0,102	-01	48
27	M	240	2460549,5	22	22	53,267	-0,098	-01	31
28	M	241	2460550,5	22	26	49,828	-0,091	-01	13
29	J	242	2460551,5	22	30	46,390	-0,085	-00	55
30	V	243	2460552,5	22	34	42,950	-0,080	-00	37
31	S	244	2460553,5	22	38	39,508	-0,078	-00	19

Duración media de distintos tipos de años:

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

Setiembre 2024

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	245	2460554,5	22	42	36,063	-0,078	+00	00
2	L	246	2460555,5	22	46	32,615	-0,082	+00	19
3	M	247	2460556,5	22	50	29,164	-0,088	+00	39
4	M	248	2460557,5	22	54	25,712	-0,096	+00	59
5	J	249	2460558,5	22	58	22,258	-0,104	+01	19
6	V	250	2460559,5	23	02	18,805	-0,113	+01	39
7	S	251	2460560,5	23	06	15,353	-0,120	+01	59
8	D	252	2460561,5	23	10	11,904	-0,125	+02	20
9	L	253	2460562,5	23	14	08,457	-0,128	+02	40
10	M	254	2460563,5	23	18	05,012	-0,127	+03	01
11	M	255	2460564,5	23	22	01,571	-0,124	+03	23
12	J	256	2460565,5	23	25	58,131	-0,120	+03	44
13	V	257	2460566,5	23	29	54,692	-0,114	+04	05
14	S	258	2460567,5	23	33	51,252	-0,109	+04	26
15	D	259	2460568,5	23	37	47,810	-0,106	+04	48
16	L	260	2460569,5	23	41	44,365	-0,107	+05	09
17	M	261	2460570,5	23	45	40,915	-0,112	+05	31
18	M	262	2460571,5	23	49	37,462	-0,120	+05	53
19	J	263	2460572,5	23	53	34,008	-0,130	+06	14
20	V	264	2460573,5	23	57	30,556	-0,138	+06	35
21	S	265	2460574,5	00	01	27,106	-0,142	+06	57
22	D	266	2460575,5	00	05	23,662	-0,142	+07	18
23	L	267	2460576,5	00	09	20,220	-0,139	+07	39
24	M	268	2460577,5	00	13	16,781	-0,134	+08	00
25	M	269	2460578,5	00	17	13,342	-0,128	+08	21
26	J	270	2460579,5	00	21	09,903	-0,123	+08	42
27	V	271	2460580,5	00	25	06,460	-0,120	+09	02
28	S	272	2460581,5	00	29	03,015	-0,121	+09	22
29	D	273	2460582,5	00	32	59,567	-0,124	+09	42
30	L	274	2460583,5	00	36	56,117	-0,130	+10	02

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 2024

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	275	2460584,5	00	40	52,664	-0,138	+10	22
2	M	276	2460585,5	00	44	49,210	-0,147	+10	41
3	J	277	2460586,5	00	48	45,757	-0,156	+11	00
4	V	278	2460587,5	00	52	42,305	-0,164	+11	18
5	S	279	2460588,5	00	56	38,854	-0,170	+11	36
6	D	280	2460589,5	01	00	35,406	-0,173	+11	54
7	L	281	2460590,5	01	04	31,961	-0,173	+12	11
8	M	282	2460591,5	01	08	28,519	-0,171	+12	28
9	M	283	2460592,5	01	12	25,078	-0,167	+12	45
10	J	284	2460593,5	01	16	21,639	-0,162	+13	01
11	V	285	2460594,5	01	20	18,200	-0,156	+13	17
12	S	286	2460595,5	01	24	14,759	-0,153	+13	32
13	D	287	2460596,5	01	28	11,315	-0,152	+13	46
14	L	288	2460597,5	01	32	07,867	-0,155	+14	01
15	M	289	2460598,5	01	36	04,416	-0,161	+14	14
16	M	290	2460599,5	01	40	00,963	-0,170	+14	27
17	J	291	2460600,5	01	43	57,510	-0,178	+14	40
18	V	292	2460601,5	01	47	54,061	-0,183	+14	52
19	S	293	2460602,5	01	51	50,615	-0,184	+15	03
20	D	294	2460603,5	01	55	47,174	-0,180	+15	14
21	L	295	2460604,5	01	59	43,736	-0,174	+15	24
22	M	296	2460605,5	02	03	40,299	-0,166	+15	33
23	M	297	2460606,5	02	07	36,862	-0,158	+15	42
24	J	298	2460607,5	02	11	33,422	-0,153	+15	50
25	V	299	2460608,5	02	15	29,980	-0,151	+15	57
26	S	300	2460609,5	02	19	26,534	-0,152	+16	04
27	D	301	2460610,5	02	23	23,086	-0,156	+16	09
28	L	302	2460611,5	02	27	19,636	-0,162	+16	14
29	M	303	2460612,5	02	31	16,184	-0,169	+16	18
30	M	304	2460613,5	02	35	12,732	-0,176	+16	22
31	J	305	2460614,5	02	39	09,281	-0,182	+16	24

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 2024

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	306	2460615,5	02	43	05,832	-0,186	+16	26
2	S	307	2460616,5	02	47	02,386	-0,188	+16	27
3	D	308	2460617,5	02	50	58,942	-0,187	+16	28
4	L	309	2460618,5	02	54	55,501	-0,184	+16	27
5	M	310	2460619,5	02	58	52,063	-0,178	+16	25
6	M	311	2460620,5	03	02	48,625	-0,170	+16	23
7	J	312	2460621,5	03	06	45,188	-0,163	+16	20
8	V	313	2460622,5	03	10	41,749	-0,157	+16	16
9	S	314	2460623,5	03	14	38,308	-0,153	+16	12
10	D	315	2460624,5	03	18	34,864	-0,153	+16	06
11	L	316	2460625,5	03	22	31,416	-0,156	+16	00
12	M	317	2460626,5	03	26	27,966	-0,161	+15	53
13	M	318	2460627,5	03	30	24,516	-0,167	+15	44
14	J	319	2460628,5	03	34	21,067	-0,171	+15	36
15	V	320	2460629,5	03	38	17,622	-0,172	+15	26
16	S	321	2460630,5	03	42	14,182	-0,168	+15	15
17	D	322	2460631,5	03	46	10,745	-0,159	+15	04
18	L	323	2460632,5	03	50	07,311	-0,149	+14	52
19	M	324	2460633,5	03	54	03,878	-0,138	+14	39
20	M	325	2460634,5	03	58	00,442	-0,129	+14	25
21	J	326	2460635,5	04	01	57,004	-0,122	+14	10
22	V	327	2460636,5	04	05	53,562	-0,119	+13	55
23	S	328	2460637,5	04	09	50,117	-0,119	+13	38
24	D	329	2460638,5	04	13	46,670	-0,122	+13	21
25	L	330	2460639,5	04	17	43,221	-0,126	+13	03
26	M	331	2460640,5	04	21	39,772	-0,131	+12	45
27	M	332	2460641,5	04	25	36,324	-0,135	+12	25
28	J	333	2460642,5	04	29	32,877	-0,137	+12	05
29	V	334	2460643,5	04	33	29,432	-0,137	+11	44
30	S	335	2460644,5	04	37	25,990	-0,134	+11	22

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:

$$595^{s} \operatorname{sen}(198^{\circ} + 1{,}9713\ d) + 441^{s} \operatorname{sen}(175^{\circ} + 0{,}9856\ d)$$

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

Diciembre 2024

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	336	2460645,5	04	41	22,551	-0,128	+11	00
2	L	337	2460646,5	04	45	19,115	-0,120	+10	37
3	M	338	2460647,5	04	49	15,680	-0,111	+10	14
4	M	339	2460648,5	04	53	12,245	-0,101	+09	50
5	J	340	2460649,5	04	57	08,810	-0,092	+09	25
6	V	341	2460650,5	05	01	05,371	-0,085	+09	00
7	S	342	2460651,5	05	05	01,930	-0,082	+08	34
8	D	343	2460652,5	05	08	58,485	-0,082	+08	08
9	L	344	2460653,5	05	12	55,038	-0,085	+07	41
10	M	345	2460654,5	05	16	51,590	-0,089	+07	14
11	M	346	2460655,5	05	20	48,142	-0,091	+06	47
12	J	347	2460656,5	05	24	44,697	-0,092	+06	19
13	V	348	2460657,5	05	28	41,257	-0,087	+05	51
14	S	349	2460658,5	05	32	37,821	-0,079	+05	23
15	D	350	2460659,5	05	36	34,387	-0,068	+04	54
16	L	351	2460660,5	05	40	30,956	-0,055	+04	25
17	M	352	2460661,5	05	44	27,523	-0,043	+03	56
18	M	353	2460662,5	05	48	24,088	-0,033	+03	27
19	J	354	2460663,5	05	52	20,649	-0,027	+02	57
20	V	355	2460664,5	05	56	17,207	-0,025	+02	27
21	S	356	2460665,5	06	00	13,762	-0,025	+01	58
22	D	357	2460666,5	06	04	10,315	-0,028	+01	28
23	L	358	2460667,5	06	08	06,867	-0,031	+00	58
24	M	359	2460668,5	06	12	03,419	-0,034	+00	28
25	M	360	2460669,5	06	15	59,973	-0,036	-00	02
26	J	361	2460670,5	06	19	56,528	-0,036	-00	31
27	V	362	2460671,5	06	23	53,087	-0,033	-01	01
28	S	363	2460672,5	06	27	49,648	-0,027	-01	30
29	D	364	2460673,5	06	31	46,211	-0,019	-02	00
30	L	365	2460674,5	06	35	42,777	-0,009	-02	29
31	M	366	2460675,5	06	39	39,343	+0,002	-02	58

La ecuación de tiempo se anula en las siguientes cuatro fechas: 15 de abril, 12 de junio, 31 de agosto y 24 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 25 de julio. Su valor es máximo el día 2 de noviembre, con un máximo secundario el 13 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 2024 se escribe como 2024-02-28 o bien 20240228.

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, aunque su uso está peor definido que el de los siglos. 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 20 de marzo de 2024 es 2 460 389,5.

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
2024 Ene 0	2460309,5
2024 Feb 0	2460340,5
2024 Mar 0	2460369,5
2024 Abr 0	2460400,5
2024 May 0	2460430,5
2024 Jun 0	2460461,5

Día a 0^h de TU	Día juliano
2024 Jul 0	2460491,5
2024 Ago 0	2460522,5
2024 Set 0	2460553,5
2024 Oct 0	2460583,5
2024 Nov 0	2460614,5
2024 Dic 0	2460644,5

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

2016	2457387,5	2021	2459214,5	2026	2461040,5
2017	2457753,5	2022	2459579,5	2027	2461405,5
2018	2458118,5	2023	2459944,5	2028	2461770,5
2019	2458483,5	2024	2460309,5	2029	2462136,5
2020	2458848,5	2025	2460675,5	2030	2462501,5

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	Set	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 20 de marzo de 2024 a las 0^h TU son:

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

$DJF(23) = 365 * 24 + int[24/4] = 8766$

$DJM(\text{marzo}) = 59$

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

$2\,451\,544{,}5 + 8766 + 59 + 20 = 2\,460\,389{,}5.$

Tal día será miércoles.

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 20 de marzo de 2024 a las 0^h TU es 2 460 389,5; el día juliano **modificado** correspondiente es 60 389.

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 2024

Cómputo eclesiástico

Número áureo	11	(ciclo lunar de 19 años)
Epacta	19	(edad de la Luna al 1 de enero)
Ciclo solar	17	(ciclo de 28 años)
Letra dominical	G y F	(ciclo de 28 años)
Indicción romana	2	(ciclo de 15 años)

Principales fiestas movibles

Septuagésima	Ene	28
Miércoles de Ceniza	Feb	14
Primer domingo de Cuaresma	Feb	18
Viernes Santo	Mar	29
Pascua	Mar	31
Ascensión	May	9
Pentecostés	May	19
La Santísima Trinidad	May	26
Corpus Christi	May	30
El Sagrado Corazón de Jesús	Jun	7
Primer domingo de Adviento	Dic	1

Témporas

I	Feb 21, 23, 24
II	May 22, 24, 25
III	Set 18, 20, 21
IV	Dic 18, 20, 21

Velaciones

Se cierran:
Feb 13 y Nov 30
Se abren:
Abr 2 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 2024

Pascua	22 de abril (juliano) 5 de mayo (gregoriano)
Epacta	28
Letra dominical	A y G

Cronología

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

Calendario musulmán

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

En su versión religiosa tradicional, el inicio de cada mes se determina observacionalmente coincidiendo con la primera visión de la luna creciente. En un lugar dado, el mes se inicia a la puesta de sol del día en que el creciente lunar ha sido visto. Como consecuencia, el mes se inicia en fechas distintas en distintos lugares. En las últimas décadas se ha realizado un considerable esfuerzo en modelar la visibilidad del creciente lunar en base a la posición de la Luna respecto del Sol, su distancia a la Tierra, las condiciones atmosféricas y climáticas, el modo de observación, la posición geográfica y altitud del lugar de observación, etc, con el fin de poder sustituir por un método preciso las observaciones del creciente o las reglas empíricas adoptadas en distintos países, entre ellos Arabia Saudí. Se ha propuesto, incluso, el establecimiento de una línea internacional de cambio de mes como regla única, pero la falta de acuerdo en los criterios específicos para su establecimiento y su posición cambiante sobre la Tierra mes a mes dificultan su adopción.

El calendario civil trata de ajustar la duración del mes lunar medio (29,530589 días) con un ciclo de 30 años (360 meses) preestablecido. Cada año consta de 12 meses, en que los impares tienen 30 días y los pares 29, salvo en el caso de los años *embolísticos* o *abundantes* en que el último mes tiene 30 días. En cada ciclo de 30 años, se consideran abundantes los años 2, 5, 7, 10, 13, 16, 18, 21, 24, 26 y 29 del ciclo. Ello da lugar a una duración media del mes que difiere del mes lunar medio en unos 3 segundos. La duración media del año musulmán es de 354,3667 días.

Para transformar una época gregoriana (G) a musulmana (M) o viceversa de una manera orientativa se pueden usar las fórmulas siguientes:

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

Ejemplo: el 1 de enero de 2024 (G = 2024,00) corresponde a M = 1445,48, o sea a mediados del año musulmán 1445. Este es un año abundante pues es el año 5 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		
1445	Raŷab	1	2024	Ene	12
1445	Ša'bān	1	2024	Feb	11
1445	Ramaḍān	1	2024	Mar	11
1445	Šawwāl	1	2024	Abr	10
1445	Ḏū-l-qa'da	1	2024	May	9
1445	Ḏū-l-ḥiŷŷa	1	2024	Jun	8
1446	Muḥarram	1	2024	Jul	8
1446	Ṣafar	1	2024	Ago	7
1446	Rabī' al-awwal	1	2024	Set	5
1446	Rabī' al-ṯānī	1	2024	Oct	5
1446	Ŷumādà al-ūlà	1	2024	Nov	3
1446	Ŷumādà al-ājira	1	2024	Dic	3

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

Ascensión del Profeta	2024	Feb	7
Primer día del ramadán	2024	Mar	11
Conquista de la Meca	2024	Mar	30
Revelación del Corán	2024	Abr	6
Último día del ramadán	2024	Abr	9
Pascua postayuno	2024	Abr	10
Pascua de Inmolación	2024	Jun	17
Primer día del año	2024	Jul	8
'Āshūrā'	2024	Jul	17
Huida del Profeta *(Hégira)*	2024	Set	5
Nacimiento del Profeta	2024	Set	16

El calendario musulmán que se usa en cada lugar debe regirse, en sentido estricto, por el inicio de un mes dado por la primera visión del creciente lunar que sigue al novilunio. Se trata de una observación astronómica en un lugar dado, por lo que dependerá de condiciones tales como la altura de la Luna sobre el horizonte y la transparencia de la atmósfera. A lo largo de la historia se ha tratado de encontrar criterios para predecir la visibilidad del creciente bajo buenas condiciones atmosféricas. En la tabla siguiente se indica la predicción de visibilidad del creciente lunar en Madrid bajo uno de estos criterios. A diferencia de la tabla que da el inicio de los meses según una determinada regla, en la tabla que sigue cada mes se inicia a la puesta de sol del día que figura ella.

Visibilidad del creciente lunar en Madrid

Mes musulmán		Fecha gregoriana		
1445	Raŷab	2024	Ene	12
1445	Ša'bān	2024	Feb	11
1445	Ramaḍān	2024	Mar	11
1445	Šawwāl	2024	Abr	9
1445	Ḏū-l-qa'da	2024	May	9
1445	Ḏū-l-ḥiŷŷa	2024	Jun	7
1446	Muḥarram	2024	Jul	6
1446	Ṣafar	2024	Ago	5
1446	Rabī' al-awwal	2024	Set	4
1446	Rabī' al-ṯānī	2024	Oct	4
1446	Ŷumādà al-ūlà	2024	Nov	3
1446	Ŷumādà al-ājira	2024	Dic	3
1446	Raŷab	2025	Ene	1

Calendario israelita

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

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

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

Primer día del año	Fecha gregoriana	Duración (días)
5779	2018 Set 10	385
5780	2019 Set 30	355
5781	2020 Set 19	353
5782	2021 Set 7	384
5783	2022 Set 26	355
5784	2023 Set 16	383
5785	2024 Oct 3	355
5786	2025 Set 23	354
5787	2026 Set 12	385
5788	2027 Oct 2	355
5789	2028 Set 21	354

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

Inicio del mes			Fecha gregoriana		
5784	Šebāṭ	1	2024	Ene	11
5784	Adār	1	2024	Feb	10
5784	ve-Adār	1	2024	Mar	11
5784	Nisan	1	2024	Abr	9
5784	Iyyār	1	2024	May	9
5784	Siwān	1	2024	Jun	7
5784	Tammūz	1	2024	Jul	7
5784	Ab	1	2024	Ago	5
5784	Elūl	1	2024	Set	4
5785	Tišrī	1	2024	Oct	3
5785	Ḥešwān	1	2024	Nov	2
5785	Kislew	1	2024	Dic	2

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 israelita 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	2024	Ene	25
Ayuno de Ester	2024	Mar	21
Suertes *(Purim)*	2024	Mar	24
Pascua *(Pesaḥ)*	2024	Abr	23
Lag B'Omer	2024	May	26
Pentecostés *(Shavuot)*	2024	Jun	12
Ayuno del mes de tammūz	2024	Jul	23
Ayuno. Destrucción de Jerusalén	2024	Ago	13
Año nuevo *(Rosh-hashana)*	2024	Oct	3
Ayuno de Guedaliah	2024	Oct	6
Expiación *(Yom Kippur)*	2024	Oct	12
Tabernáculos *(Sukkot)*	2024	Oct	17
Alegría de la Ley	2024	Oct	25
Dedicación del Templo *(Ḥanukka)*	2024	Dic	26

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		Set	Jul	Oct
					Dic		

(B = bisiesto)

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

Día de la semana	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb	Dom

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: 20 de marzo de 2024: a 20␣␣ le corresponde el índice 7; a ␣␣24, el índice 1; a marzo, el índice 3; y al día 20, el índice 6. La suma es: 7 + 1 + 3 + 6 = 17. Restándole dos veces 7 se obtiene 3, índice que corresponde a miércoles.



CAPÍTULO 3

Tierra





Vista de la Tierra desde la Estación Espacial Internacional. Internacional Space Station program and JSC Earth Science & Remote Sensing Unit/ARES Division/ Exploration Integration Science Directorate.

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 tercio 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 Observatorio Astronómico Nacional) 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: 0,306
- *Albedo geométrico.* Ratio 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):

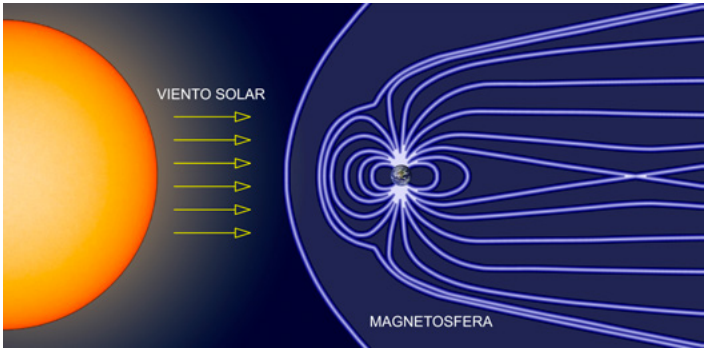
$$g = g_{(h=0)} - 3{,}086\ 10^{-6}\ h$$

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

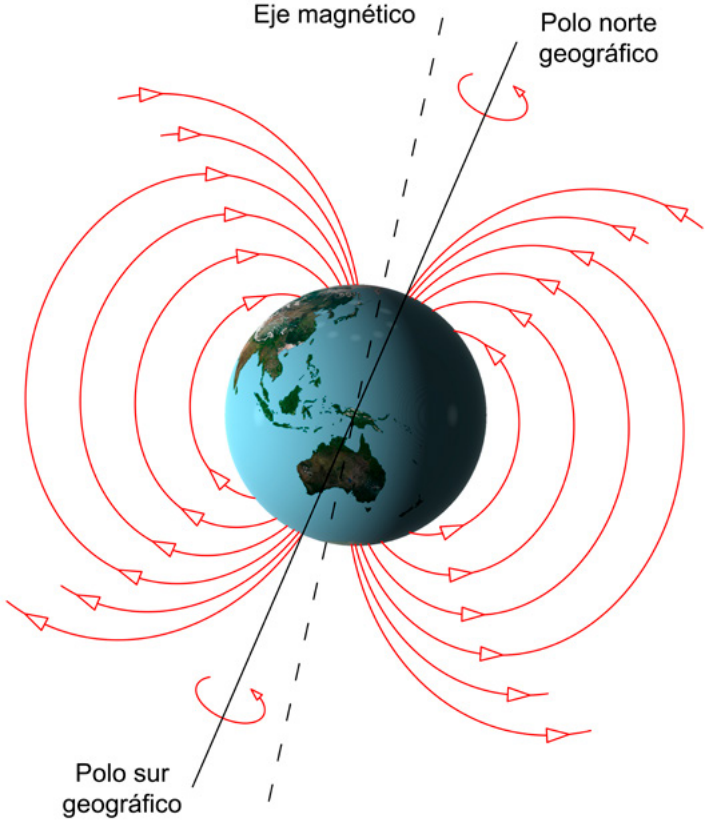
Campo magnético

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). 86.50 N, 164.04 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.



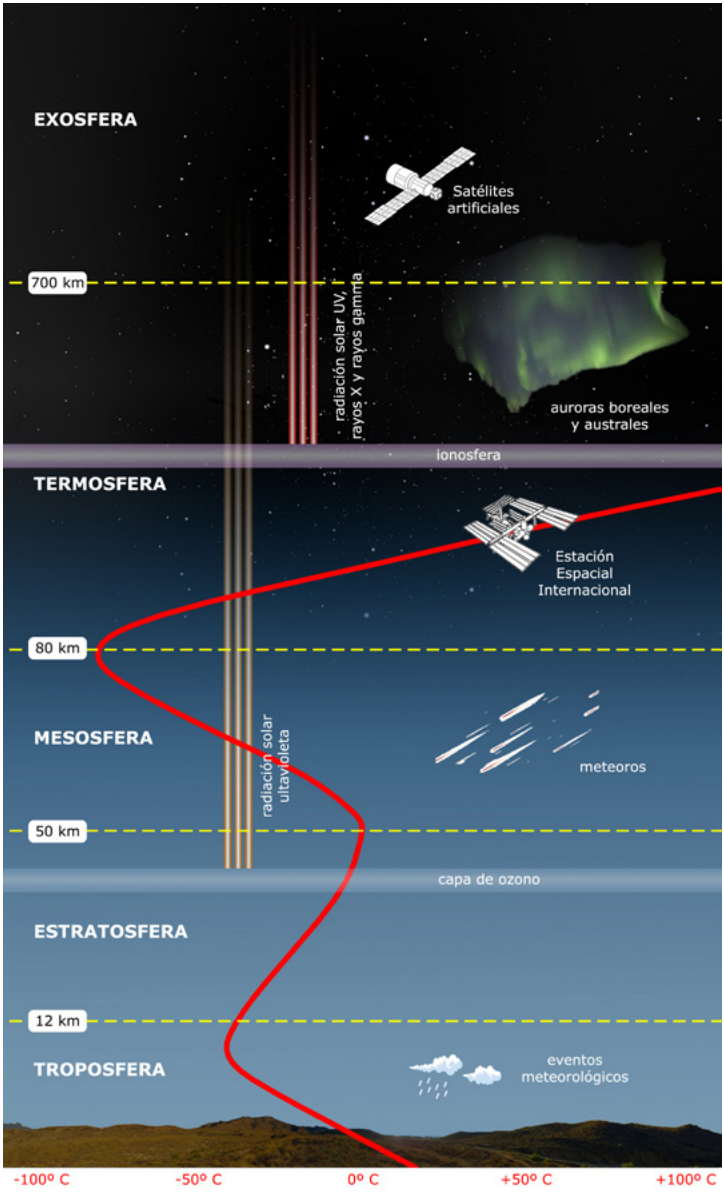
3.2. Atmósfera

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 x 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 = 2,718182.

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)	421 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 zenit) 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:

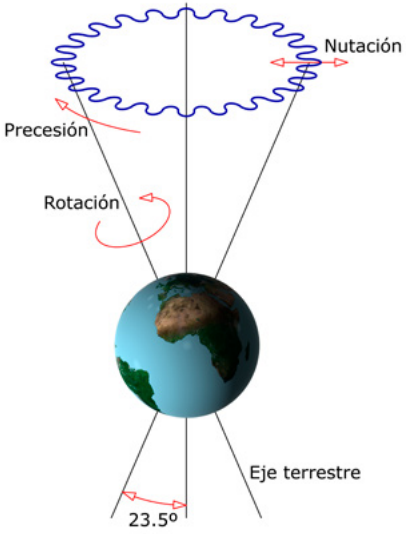
Oblicuidad de la eclíptica	23º,44
Inclinación respecto al plano orbital	23º,44
Velocidad angular media de rotación	$7{,}2921150\ 10^{-5}$ rad s^{-1}
	= 15,0410672 "/s
Velocidad lineal de rotación en el ecuador	465,12 m s^{-1}
	= 1674 km h^{-1}
Aceleración centrífuga en el ecuador	– 0,034 m s^{-2}

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.

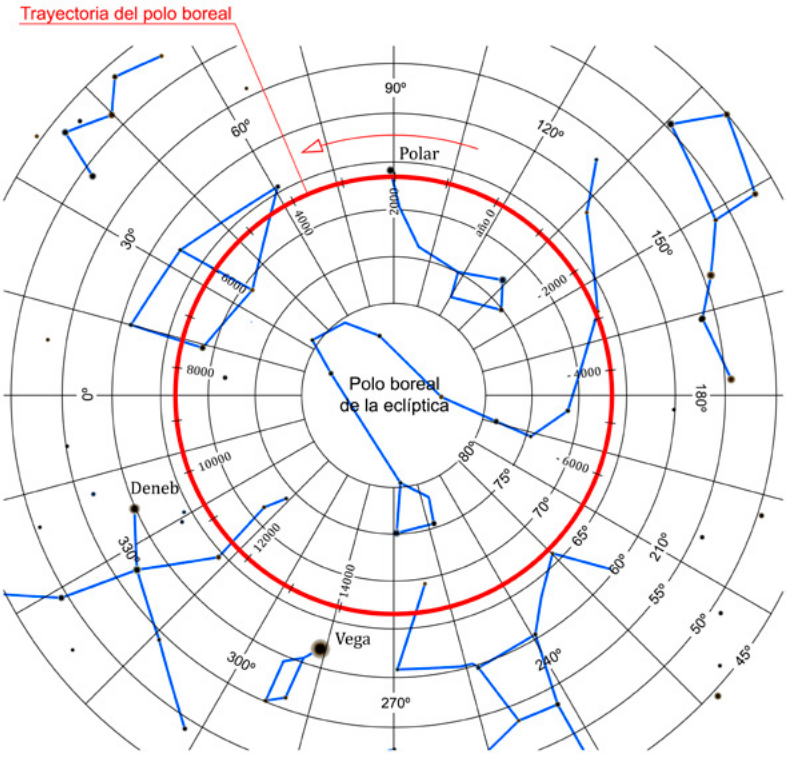
Precesión y nutación

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 25776 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 éste 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		Pδ	ascensión recta, α		Pδ
$00^h\ 00^m$	$24^h\ 00^m$	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 δ ≥ 0		Pα								si δ ≤ 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 117.

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:

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

3) Cálculo de los ángulos auxiliares para la fecha:

$$\zeta = \zeta_1\,t + \zeta_2\,t^2 + \zeta_3\,t^3$$
$$z = z_1\,t + z_2\,t^2 + z_3\,t^3$$
$$\theta = \theta_1\,t + \theta_2\,t^2 + \theta_3\,t^3$$

4) Transformación de las coordenadas ecuatoriales de la época origen (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:

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

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

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

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

Corrección de las coordenadas por nutación

La corrección por precesión da como resultado las coordenadas referidas al ecuador y equinoccio medios de la fecha considerada. Si se desea obtener las coordenadas referidas al ecuador y equinoccio *verdaderos* de la fecha es necesaria una corrección adicional, de pequeña magnitud, que recibe el nombre de *corrección por nutación*. Tal corrección involucra una gran cantidad de términos de corto periodo. Si se considera solamente el más significativo (ligado a la longitud media del nodo lunar, $\Omega_{☾}$), 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 104), y $\Omega_{☾}$ viene dada para este año en el apartado de *Datos lunares* en la página 197 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 165. 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 149597870,700 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 ánua

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 ánua. 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 165, o se puede considerar de modo general en función del día juliano *DJ* mediante:

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

3.5. Satélites artificiales

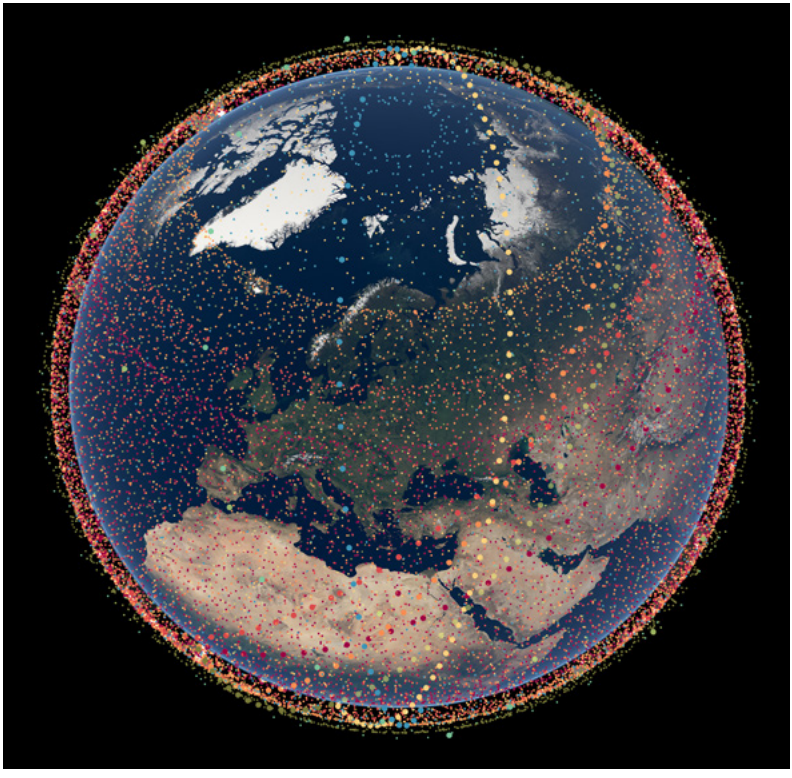
Desde los años 50 del pasado siglo el número de satélites artificiales en torno a la Tierra ha ido en aumento, contribuyendo al desarrollo de campos como la investigación espacial, la observación de la propia Tierra, la meteorología o las telecomunicaciones. Su proliferación ha producido que, según la 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 (2023) más de 4500 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://spotthestation.nasa.gov/home.cfm
Satélites: ***https://www.satflare.com/home.asp***
Satélites: ***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, EELT (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
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.

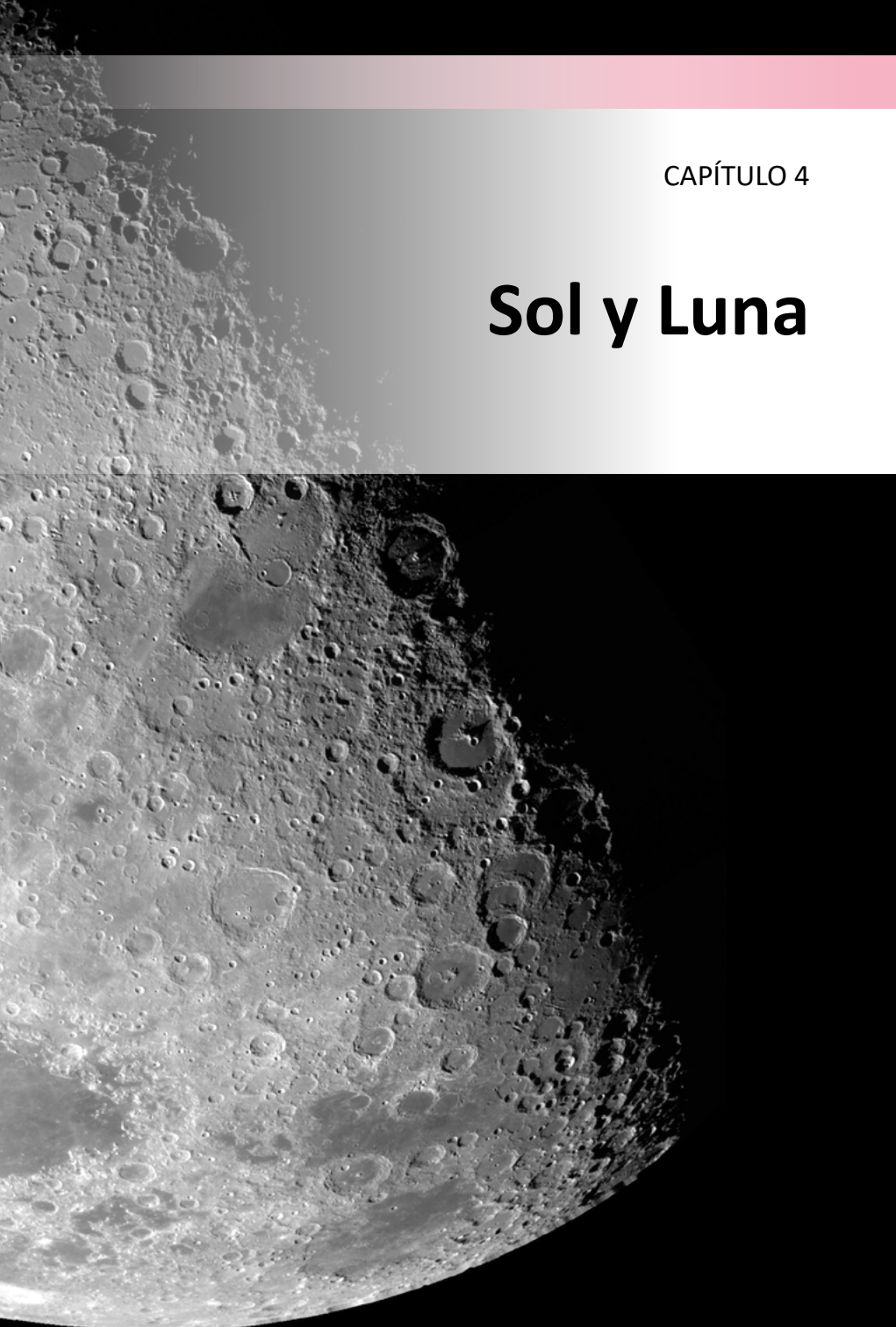
Búsqueda de las coordenadas de observatorios:
https://www.eso.org/~ndelmott/obs_sites.html

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



CAPÍTULO 4

Sol y Luna





Vista del polo norte de la Luna, tomada por el sistema de imágenes Galileo de la NASA. NASA/JPL

4.1. Datos solares

Elementos medios de la órbita para 2024

Longitud media	$L_\odot = 279^\circ,173213 + 0^\circ,98564736\ d$
Anomalía media	$M_\odot = 355^\circ,822226 + 0^\circ,98560028\ d$
Longitud media del perigeo	$\varpi_\odot = 283^\circ,350987 + 0^\circ,00004708\ d$
Excentricidad promedio	$e_\odot = 0{,}01669880$
Oblicuidad media de la eclíptica	$\varepsilon = 23^\circ,436171 - 0^\circ,00000036\ d$

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

Longitud verdadera (error < 30″)

$$\begin{aligned}\odot &= L_\odot + 1^\circ,913\ \mathrm{sen}(M_\odot) + 0^\circ,020\ \mathrm{sen}(2\,M_\odot)\\ &= 279^\circ,170 + 0^\circ,98563\ d + 1^\circ,913\ \mathrm{sen}(0^\circ,9856\ d - 4^\circ,2)\\ &\qquad + 0^\circ,020\ \mathrm{sen}(2^\circ d - 12^\circ)\end{aligned}$$

Duración de los años

año trópico:	$365^d,242188$	$365^d05^h48^m45^s,06$	(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)	$\omega = 14{,}713 - 2{,}396\ \mathrm{sen}^2\phi_\odot - 1{,}787\ \mathrm{sen}^4\phi_\odot$
Velocidad superficial en el ecuador solar ($\phi_\odot = 0°$)	2,1 km s^{-1}
Periodo de rotación sidéreo en el ecuador solar	$24^d\ 11^h 14^m$
〃 〃 sidéreo (a $\phi_\odot = 26°$)	$25^d\ 09^h 07^m$
〃 〃 sinódico (a $\phi_\odot = 26°$)	$27^d\ 06^h 36^m$
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	G2 V	
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:

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

$T(\lambda > 2\ \mathrm{m}) \simeq 10^6$ 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:	$\alpha_{1900} = 271^{\circ}$	$\delta_{1900} = +30^{\circ}$
	V_{LSR} = 19,5 km s^{-1}=0,01126 UA/día	
Según Mihalas y Binney:	$\alpha_{1900} = 267^{\circ}$	$\delta_{1900} = +28^{\circ}$
	V_{LSR} = 16,5 km s^{-1}=0,00953 UA/día	
Convenio radioastronómico:	$\alpha_{1900} = 270^{\circ}$	$\delta_{1900} = +30^{\circ}$
	V_{LSR} = 20,0 km s^{-1}=0,01155 UA/día	

Movimiento del LSR respecto de la Galaxia:

Distancia al centro galáctico	~ 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. Se supone que tales abundancias también representan las *abundancias cósmicas*.

La abundancia de átomos de los elementos más comunes en el Sol se encuentra en la tabla siguiente, en la que se indica el número de átomos de cada especie por millón de átomos de hidrógeno (H). En ella constan los elementos cuya abundancia es superior a 1 en un millón.

Elemento	Número atómico	Abundancia (H = 10^6)
H	1	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

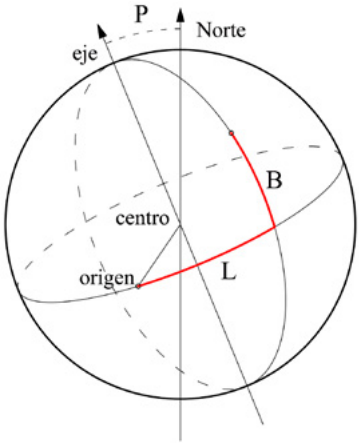
4.2. Efemérides solares diarias para el año 2024

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 185). Asímismo, un cálculo preciso para cualquier lugar de posición geográfica conocida se puede realizar consultando el apartado de **Efemérides** en la *web* del Real Instituto y Observatorio de la Armada: ***http://www.roa.es***.

En las dos columnas centrales de las tablas se indica la posición aparente geocéntrica del Sol a las 0^h de TU, expresada en coordenadas ecuatoriales, **ascensión recta** y **declinación**. Para obtener las coordenadas en cualquier otro instante debe realizarse una interpolación de segundo grado partiendo de los valores de dichas columnas (véase el apartado *Interpolación* en la página 437).

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 104);
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 setiembre 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 2024

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 38	12 18 04	16 58	18 43 41,1	-23 03 31		02,2	-2,9	227,5
2 M	7 38	12 18 32	16 59	18 48 05,9	-22 58 40		01,8	-3,1	214,3
3 M	7 38	12 19 00	17 00	18 52 30,5	-22 53 23		01,3	-3,2	201,1
4 J	7 38	12 19 28	17 01	18 56 54,8	-22 47 38		00,9	-3,2	187,9
5 V	7 38	12 19 55	17 02	19 01 18,7	-22 41 26		00,4	-3,4	174,8
6 S	7 38	12 20 22	17 03	19 05 42,1	-22 34 46		-00,1	-3,5	161,6
7 D	7 38	12 20 48	17 04	19 10 05,2	-22 27 40		-00,6	-3,6	148,4
8 L	7 38	12 21 14	17 05	19 14 27,8	-22 20 08		-01,1	-3,7	135,3
9 M	7 38	12 21 39	17 06	19 18 50,0	-22 12 09		-01,6	-3,9	122,0
10 M	7 38	12 22 04	17 07	19 23 11,6	-22 03 43		-02,0	-4,0	108,9
11 J	7 37	12 22 28	17 08	19 27 32,7	-21 54 52		-02,5	-4,0	95,8
12 V	7 37	12 22 52	17 09	19 31 53,2	-21 45 35		-03,0	-4,2	82,5
13 S	7 37	12 23 15	17 10	19 36 13,1	-21 35 53		-03,5	-4,3	69,4
14 D	7 36	12 23 37	17 11	19 40 32,4	-21 25 45		-03,9	-4,4	56,2
15 L	7 36	12 23 59	17 12	19 44 51,1	-21 15 13		-04,4	-4,5	43,1
16 M	7 36	12 24 20	17 13	19 49 09,0	-21 04 17		-04,9	-4,5	29,8
17 M	7 35	12 24 40	17 14	19 53 26,3	-20 52 56		-05,4	-4,7	16,8
18 J	7 35	12 25 00	17 16	19 57 42,8	-20 41 11		-05,8	-4,8	3,6
19 V	7 34	12 25 19	17 17	20 01 58,7	-20 29 03		-06,3	-4,9	350,3
20 S	7 34	12 25 37	17 18	20 06 13,7	-20 16 31		-06,7	-5,0	337,3
21 D	7 33	12 25 55	17 19	20 10 28,1	-20 03 37		-07,2	-5,0	324,1
22 L	7 33	12 26 11	17 20	20 14 41,6	-19 50 20		-07,5	-5,2	310,8
23 M	7 32	12 26 27	17 21	20 18 54,4	-19 36 41		-08,1	-5,2	297,8
24 M	7 31	12 26 42	17 23	20 23 06,4	-19 22 41		-08,5	-5,3	284,6
25 J	7 30	12 26 56	17 24	20 27 17,6	-19 08 19		-09,0	-5,4	271,3
26 V	7 30	12 27 10	17 25	20 31 28,1	-18 53 36		-09,4	-5,5	258,3
27 S	7 29	12 27 22	17 26	20 35 37,7	-18 38 33		-09,8	-5,5	245,1
28 D	7 28	12 27 34	17 27	20 39 46,5	-18 23 09		-10,3	-5,7	231,9
29 L	7 27	12 27 45	17 29	20 43 54,6	-18 07 25		-10,6	-5,7	218,8
30 M	7 26	12 27 56	17 30	20 48 01,8	-17 51 21		-11,1	-5,8	205,6
31 M	7 26	12 28 05	17 31	20 52 08,2	-17 34 59		-11,5	-5,9	192,4

SOL Febrero 2024

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	7	25	12	28	14	17	32	20	56	13,8	-17	18	17	-11,9	-6,0	179,3
2 V	7	24	12	28	22	17	33	21	00	18,7	-17	01	18	-12,3	-6,0	166,1
3 S	7	23	12	28	29	17	35	21	04	22,7	-16	43	60	-12,8	-6,0	152,9
4 D	7	22	12	28	35	17	36	21	08	25,9	-16	26	24	-13,1	-6,2	139,8
5 L	7	21	12	28	40	17	37	21	12	28,4	-16	08	31	-13,5	-6,3	126,5
6 M	7	20	12	28	45	17	38	21	16	30,0	-15	50	22	-13,9	-6,3	113,4
7 M	7	19	12	28	49	17	40	21	20	30,9	-15	31	56	-14,3	-6,4	100,3
8 J	7	17	12	28	52	17	41	21	24	31,0	-15	13	14	-14,6	-6,4	87,0
9 V	7	16	12	28	54	17	42	21	28	30,3	-14	54	16	-15,1	-6,5	73,9
10 S	7	15	12	28	56	17	43	21	32	28,8	-14	35	03	-15,4	-6,5	60,7
11 D	7	14	12	28	57	17	44	21	36	26,5	-14	15	36	-15,8	-6,5	47,6
12 L	7	13	12	28	57	17	46	21	40	23,4	-13	55	55	-16,2	-6,7	34,4
13 M	7	12	12	28	56	17	47	21	44	19,6	-13	35	59	-16,5	-6,7	21,3
14 M	7	10	12	28	54	17	48	21	48	15,0	-13	15	50	-16,8	-6,8	8,1
15 J	7	09	12	28	52	17	49	21	52	09,6	-12	55	29	-17,2	-6,8	354,8
16 V	7	08	12	28	49	17	50	21	56	03,5	-12	34	55	-17,5	-6,8	341,8
17 S	7	06	12	28	45	17	52	21	59	56,6	-12	14	08	-17,8	-6,9	328,6
18 D	7	05	12	28	41	17	53	22	03	49,1	-11	53	11	-18,2	-6,9	315,3
19 L	7	04	12	28	35	17	54	22	07	40,8	-11	32	02	-18,5	-7,0	302,3
20 M	7	02	12	28	30	17	55	22	11	31,8	-11	10	42	-18,8	-7,0	289,1
21 M	7	01	12	28	23	17	56	22	15	22,1	-10	49	12	-19,1	-7,0	275,8
22 J	7	00	12	28	16	17	58	22	19	11,8	-10	27	32	-19,3	-7,0	262,7
23 V	6	58	12	28	08	17	59	22	23	00,8	-10	05	42	-19,7	-7,0	249,6
24 S	6	57	12	27	59	18	00	22	26	49,2	-09	43	43	-20,0	-7,0	236,4
25 D	6	55	12	27	50	18	01	22	30	37,0	-09	21	35	-20,3	-7,0	223,1
26 L	6	54	12	27	41	18	02	22	34	24,2	-08	59	19	-20,6	-7,2	210,1
27 M	6	52	12	27	30	18	03	22	38	10,9	-08	36	55	-20,8	-7,2	196,9
28 M	6	51	12	27	20	18	04	22	41	56,9	-08	14	23	-21,1	-7,2	183,6
29 J	6	49	12	27	09	18	06	22	45	42,5	-07	51	44	-21,3	-7,2	170,5

SOL Marzo 2024

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 48	12 26 57	18 07	22 49 27,6	-07 28 58		-21,6	-7,2	157,4
2 S	6 46	12 26 45	18 08	22 53 12,1	-07 06 05		-21,8	-7,2	144,1
3 D	6 45	12 26 32	18 09	22 56 56,2	-06 43 06		-22,1	-7,2	131,0
4 L	6 43	12 26 19	18 10	23 00 39,9	-06 20 01		-22,3	-7,2	117,9
5 M	6 42	12 26 05	18 11	23 04 23,1	-05 56 51		-22,6	-7,3	104,7
6 M	6 40	12 25 51	18 12	23 08 05,9	-05 33 36		-22,8	-7,3	91,5
7 J	6 39	12 25 37	18 13	23 11 48,4	-05 10 16		-23,0	-7,3	78,3
8 V	6 37	12 25 22	18 14	23 15 30,4	-04 46 52		-23,2	-7,3	65,2
9 S	6 35	12 25 07	18 15	23 19 12,1	-04 23 25		-23,3	-7,2	52,0
10 D	6 34	12 24 52	18 17	23 22 53,5	-03 59 53		-23,6	-7,2	38,7
11 L	6 32	12 24 36	18 18	23 26 34,5	-03 36 19		-23,8	-7,2	25,6
12 M	6 31	12 24 20	18 19	23 30 15,2	-03 12 43		-24,0	-7,2	12,4
13 M	6 29	12 24 04	18 20	23 33 55,6	-02 49 04		-24,1	-7,2	359,3
14 J	6 27	12 23 47	18 21	23 37 35,7	-02 25 23		-24,3	-7,2	346,1
15 V	6 26	12 23 30	18 22	23 41 15,6	-02 01 41		-24,5	-7,2	332,8
16 S	6 24	12 23 13	18 23	23 44 55,2	-01 37 58		-24,6	-7,0	319,7
17 D	6 22	12 22 56	18 24	23 48 34,6	-01 14 14		-24,8	-7,0	306,5
18 L	6 21	12 22 39	18 25	23 52 13,8	-00 50 30		-24,8	-7,0	293,3
19 M	6 19	12 22 21	18 26	23 55 52,8	-00 26 47		-25,0	-7,0	280,2
20 M	6 18	12 22 03	18 27	23 59 31,7	-00 03 04		-25,2	-7,0	267,0
21 J	6 16	12 21 45	18 28	00 03 10,4	+00 20 39		-25,3	-7,0	253,8
22 V	6 14	12 21 27	18 29	00 06 49,0	+00 44 20		-25,3	-7,0	240,6
23 S	6 13	12 21 09	18 30	00 10 27,5	+01 07 59		-25,5	-6,9	227,4
24 D	6 11	12 20 51	18 31	00 14 05,9	+01 31 37		-25,6	-6,9	214,3
25 L	6 09	12 20 33	18 32	00 17 44,3	+01 55 12		-25,7	-6,9	201,1
26 M	6 08	12 20 15	18 33	00 21 22,7	+02 18 45		-25,8	-6,8	187,9
27 M	6 06	12 19 57	18 35	00 25 01,0	+02 42 14		-25,8	-6,8	174,6
28 J	6 04	12 19 38	18 36	00 28 39,4	+03 05 41		-25,8	-6,7	161,5
29 V	6 03	12 19 20	18 37	00 32 17,8	+03 29 04		-26,0	-6,7	148,3
30 S	6 01	12 19 02	18 38	00 35 56,3	+03 52 23		-26,1	-6,5	135,1
31 D	6 00	12 18 44	18 39	00 39 34,9	+04 15 38		-26,1	-6,5	121,9

Inicio de la primavera el día 20 a las 3^h 6^m de TU.

SOL Abril 2024

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	5	58	12	18	27	18 40	00	43	13,6	+04	38	49	-26,2	-6,5	108,7
2 M	5	56	12	18	09	18 41	00	46	52,4	+05	01	55	-26,2	-6,5	95,5
3 M	5	55	12	17	52	18 42	00	50	31,4	+05	24	55	-26,2	-6,4	82,4
4 J	5	53	12	17	34	18 43	00	54	10,5	+05	47	50	-26,2	-6,4	69,2
5 V	5	51	12	17	17	18 44	00	57	49,9	+06	10	39	-26,3	-6,3	56,0
6 S	5	50	12	17	00	18 45	01	01	29,4	+06	33	22	-26,3	-6,2	42,7
7 D	5	48	12	16	44	18 46	01	05	09,1	+06	55	58	-26,3	-6,2	29,6
8 L	5	47	12	16	27	18 47	01	08	49,1	+07	18	27	-26,2	-6,0	16,3
9 M	5	45	12	16	11	18 48	01	12	29,3	+07	40	48	-26,2	-6,0	3,2
10 M	5	44	12	15	55	18 49	01	16	09,8	+08	03	02	-26,2	-6,0	350,0
11 J	5	42	12	15	39	18 50	01	19	50,6	+08	25	07	-26,2	-5,9	336,8
12 V	5	40	12	15	24	18 51	01	23	31,6	+08	47	05	-26,1	-5,8	323,6
13 S	5	39	12	15	09	18 52	01	27	13,0	+09	08	53	-26,1	-5,8	310,3
14 D	5	37	12	14	54	18 53	01	30	54,6	+09	30	32	-26,0	-5,7	297,2
15 L	5	36	12	14	40	18 54	01	34	36,6	+09	52	01	-26,0	-5,5	284,0
16 M	5	34	12	14	26	18 55	01	38	19,0	+10	13	21	-25,8	-5,5	270,8
17 M	5	33	12	14	12	18 56	01	42	01,6	+10	34	30	-25,8	-5,4	257,6
18 J	5	31	12	13	59	18 57	01	45	44,7	+10	55	28	-25,8	-5,4	244,4
19 V	5	30	12	13	46	18 58	01	49	28,1	+11	16	16	-25,7	-5,3	231,1
20 S	5	28	12	13	33	18 59	01	53	11,9	+11	36	52	-25,6	-5,2	217,9
21 D	5	27	12	13	21	19 00	01	56	56,2	+11	57	17	-25,5	-5,0	204,6
22 L	5	26	12	13	10	19 01	02	00	40,8	+12	17	30	-25,3	-5,0	191,5
23 M	5	24	12	12	58	19 02	02	04	25,9	+12	37	31	-25,2	-4,9	178,3
24 M	5	23	12	12	48	19 03	02	08	11,5	+12	57	19	-25,1	-4,8	165,1
25 J	5	21	12	12	37	19 05	02	11	57,6	+13	16	55	-25,0	-4,7	151,9
26 V	5	20	12	12	28	19 06	02	15	44,1	+13	36	17	-24,8	-4,5	138,6
27 S	5	19	12	12	18	19 07	02	19	31,2	+13	55	26	-24,7	-4,5	125,5
28 D	5	17	12	12	10	19 08	02	23	18,8	+14	14	22	-24,5	-4,5	112,3
29 L	5	16	12	12	01	19 09	02	27	06,9	+14	33	03	-24,3	-4,4	99,0
30 M	5	15	12	11	54	19 10	02	30	55,5	+14	51	30	-24,2	-4,3	85,8

SOL Mayo 2024

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	14	12	11	47	19	11	02	34	44,7	+15	09	43	-24,0	-4,2	72,5
2 J	5	12	12	11	40	19	12	02	38	34,4	+15	27	41	-23,8	-4,0	59,4
3 V	5	11	12	11	34	19	13	02	42	24,7	+15	45	23	-23,7	-4,0	46,2
4 S	5	10	12	11	29	19	14	02	46	15,6	+16	02	50	-23,5	-3,7	33,0
5 D	5	09	12	11	24	19	15	02	50	07,0	+16	20	01	-23,3	-3,7	19,7
6 L	5	08	12	11	20	19	16	02	53	59,1	+16	36	55	-23,1	-3,6	6,5
7 M	5	06	12	11	16	19	17	02	57	51,7	+16	53	34	-22,8	-3,5	353,3
8 M	5	05	12	11	13	19	18	03	01	44,8	+17	09	55	-22,6	-3,4	340,1
9 J	5	04	12	11	11	19	19	03	05	38,6	+17	25	59	-22,3	-3,2	326,8
10 V	5	03	12	11	09	19	20	03	09	32,9	+17	41	45	-22,1	-3,2	313,6
11 S	5	02	12	11	07	19	21	03	13	27,8	+17	57	14	-21,8	-3,1	300,3
12 D	5	01	12	11	06	19	22	03	17	23,2	+18	12	24	-21,6	-3,0	287,2
13 L	5	00	12	11	06	19	23	03	21	19,2	+18	27	16	-21,3	-2,9	274,0
14 M	4	59	12	11	06	19	24	03	25	15,8	+18	41	49	-21,1	-2,7	260,7
15 M	4	58	12	11	07	19	25	03	29	12,9	+18	56	03	-20,8	-2,6	247,5
16 J	4	57	12	11	09	19	26	03	33	10,6	+19	09	58	-20,6	-2,5	234,3
17 V	4	56	12	11	10	19	27	03	37	08,7	+19	23	33	-20,3	-2,4	221,1
18 S	4	55	12	11	13	19	27	03	41	07,5	+19	36	49	-20,0	-2,2	207,8
19 D	4	55	12	11	16	19	28	03	45	06,7	+19	49	44	-19,7	-2,2	194,6
20 L	4	54	12	11	19	19	29	03	49	06,5	+20	02	19	-19,3	-2,1	181,4
21 M	4	53	12	11	23	19	30	03	53	06,9	+20	14	33	-19,1	-2,0	168,1
22 M	4	52	12	11	28	19	31	03	57	07,7	+20	26	27	-18,7	-1,8	154,9
23 J	4	52	12	11	33	19	32	04	01	09,1	+20	37	59	-18,3	-1,7	141,6
24 V	4	51	12	11	39	19	33	04	05	10,9	+20	49	10	-18,1	-1,6	128,5
25 S	4	50	12	11	45	19	34	04	09	13,3	+21	00	00	-17,8	-1,5	115,2
26 D	4	50	12	11	51	19	34	04	13	16,2	+21	10	28	-17,3	-1,3	102,0
27 L	4	49	12	11	58	19	35	04	17	19,6	+21	20	35	-17,1	-1,2	88,8
28 M	4	49	12	12	06	19	36	04	21	23,4	+21	30	19	-16,7	-1,1	75,5
29 M	4	48	12	12	14	19	37	04	25	27,7	+21	39	41	-16,3	-1,0	62,2
30 J	4	47	12	12	22	19	38	04	29	32,5	+21	48	41	-16,0	-0,9	49,1
31 V	4	47	12	12	31	19	38	04	33	37,7	+21	57	17	-15,6	-0,8	35,7

SOL Junio 2024

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	4 47	12 12 40	19 39	04 37 43,3	+22 05 31		-15,3	-0,6	22,6
2 D	4 46	12 12 50	19 40	04 41 49,4	+22 13 22		-14,9	-0,5	9,4
3 L	4 46	12 13 00	19 40	04 45 55,8	+22 20 50		-14,5	-0,4	356,1
4 M	4 45	12 13 11	19 41	04 50 02,6	+22 27 54		-14,1	-0,3	342,8
5 M	4 45	12 13 21	19 42	04 54 09,8	+22 34 34		-13,6	-0,2	329,7
6 J	4 45	12 13 33	19 42	04 58 17,3	+22 40 51		-13,3	+0,0	316,3
7 V	4 45	12 13 44	19 43	05 02 25,2	+22 46 44		-12,9	+0,1	303,2
8 S	4 45	12 13 56	19 44	05 06 33,3	+22 52 12		-12,5	+0,2	290,0
9 D	4 44	12 14 08	19 44	05 10 41,6	+22 57 17		-12,1	+0,3	276,7
10 L	4 44	12 14 20	19 45	05 14 50,2	+23 01 57		-11,6	+0,4	263,5
11 M	4 44	12 14 32	19 45	05 18 59,0	+23 06 13		-11,3	+0,6	250,3
12 M	4 44	12 14 44	19 46	05 23 07,9	+23 10 05		-10,9	+0,6	237,0
13 J	4 44	12 14 57	19 46	05 27 17,0	+23 13 32		-10,5	+0,8	223,8
14 V	4 44	12 15 10	19 46	05 31 26,3	+23 16 34		-10,0	+0,9	210,5
15 S	4 44	12 15 23	19 47	05 35 35,6	+23 19 12		-09,6	+1,0	197,3
16 D	4 44	12 15 36	19 47	05 39 45,0	+23 21 25		-09,1	+1,2	184,1
17 L	4 44	12 15 49	19 48	05 43 54,5	+23 23 13		-08,6	+1,3	170,8
18 M	4 44	12 16 02	19 48	05 48 04,1	+23 24 36		-08,3	+1,3	157,6
19 M	4 44	12 16 15	19 48	05 52 13,7	+23 25 35		-07,9	+1,5	144,4
20 J	4 45	12 16 28	19 48	05 56 23,2	+23 26 08		-07,4	+1,6	131,1
21 V	4 45	12 16 41	19 49	06 00 32,8	+23 26 17		-07,0	+1,8	117,9
22 S	4 45	12 16 53	19 49	06 04 42,3	+23 26 02		-06,5	+1,8	104,5
23 D	4 45	12 17 06	19 49	06 08 51,7	+23 25 21		-06,0	+2,0	91,4
24 L	4 46	12 17 19	19 49	06 13 01,1	+23 24 16		-05,5	+2,1	78,2
25 M	4 46	12 17 32	19 49	06 17 10,4	+23 22 46		-05,2	+2,2	64,9
26 M	4 46	12 17 44	19 49	06 21 19,5	+23 20 52		-04,8	+2,2	51,7
27 J	4 47	12 17 57	19 49	06 25 28,6	+23 18 33		-04,3	+2,4	38,5
28 V	4 47	12 18 09	19 49	06 29 37,4	+23 15 49		-03,9	+2,6	25,2
29 S	4 48	12 18 21	19 49	06 33 46,1	+23 12 41		-03,4	+2,7	12,0
30 D	4 48	12 18 33	19 49	06 37 54,6	+23 09 09		-02,9	+2,7	358,8

Inicio del verano el día 20 a las $20^h\ 51^m$ de TU.

SOL Julio 2024

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	4	49	12	18	44	19 49	06	42	02,8	+23	05	12	-02,5	+2,9	345,5
2 M	4	49	12	18	56	19 49	06	46	10,9	+23	00	51	-02,0	+3,0	332,3
3 M	4	50	12	19	07	19 48	06	50	18,6	+22	56	05	-01,6	+3,1	319,0
4 J	4	50	12	19	17	19 48	06	54	26,1	+22	50	56	-01,1	+3,2	305,8
5 V	4	51	12	19	28	19 48	06	58	33,2	+22	45	23	-00,6	+3,2	292,6
6 S	4	51	12	19	38	19 48	07	02	40,1	+22	39	26	-00,2	+3,4	279,3
7 D	4	52	12	19	48	19 47	07	06	46,5	+22	33	05	00,2	+3,5	266,1
8 L	4	53	12	19	57	19 47	07	10	52,5	+22	26	21	00,6	+3,6	252,9
9 M	4	53	12	20	06	19 47	07	14	58,2	+22	19	14	01,1	+3,7	239,6
10 M	4	54	12	20	14	19 46	07	19	03,4	+22	11	44	01,6	+3,9	226,4
11 J	4	55	12	20	22	19 46	07	23	08,1	+22	03	50	02,0	+4,0	213,1
12 V	4	55	12	20	30	19 45	07	27	12,4	+21	55	34	02,5	+4,0	199,9
13 S	4	56	12	20	37	19 45	07	31	16,2	+21	46	56	02,9	+4,2	186,6
14 D	4	57	12	20	43	19 44	07	35	19,5	+21	37	55	03,4	+4,3	173,5
15 L	4	58	12	20	49	19 44	07	39	22,3	+21	28	32	03,7	+4,4	160,1
16 M	4	58	12	20	54	19 43	07	43	24,5	+21	18	47	04,3	+4,4	147,0
17 M	4	59	12	20	59	19 42	07	47	26,2	+21	08	41	04,7	+4,5	133,8
18 J	5	00	12	21	04	19 42	07	51	27,4	+20	58	13	05,0	+4,5	120,5
19 V	5	01	12	21	07	19 41	07	55	28,1	+20	47	24	05,5	+4,7	107,3
20 S	5	02	12	21	11	19 40	07	59	28,1	+20	36	14	06,0	+4,8	94,0
21 D	5	03	12	21	13	19 39	08	03	27,6	+20	24	43	06,4	+4,9	80,8
22 L	5	03	12	21	15	19 39	08	07	26,5	+20	12	52	06,9	+5,0	67,5
23 M	5	04	12	21	17	19 38	08	11	24,9	+20	00	41	07,3	+5,0	54,4
24 M	5	05	12	21	18	19 37	08	15	22,7	+19	48	10	07,7	+5,2	41,2
25 J	5	06	12	21	18	19 36	08	19	19,8	+19	35	18	08,1	+5,3	27,8
26 V	5	07	12	21	18	19 35	08	23	16,5	+19	22	08	08,5	+5,3	14,6
27 S	5	08	12	21	17	19 34	08	27	12,5	+19	08	38	09,0	+5,4	1,5
28 D	5	09	12	21	16	19 33	08	31	07,9	+18	54	49	09,4	+5,5	348,2
29 L	5	10	12	21	14	19 32	08	35	02,8	+18	40	41	09,8	+5,5	335,0
30 M	5	11	12	21	11	19 31	08	38	57,1	+18	26	15	10,1	+5,7	321,8
31 M	5	12	12	21	08	19 30	08	42	50,8	+18	11	31	10,6	+5,7	308,6

SOL Agosto 2024

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	13	12	21	04	19	29	08	46	43,9	+17	56	28	11,0	+5,8	295,3
2 V	5	13	12	21	00	19	28	08	50	36,4	+17	41	08	11,4	+5,9	282,1
3 S	5	14	12	20	55	19	27	08	54	28,3	+17	25	31	11,8	+5,9	268,8
4 D	5	15	12	20	49	19	26	08	58	19,6	+17	09	37	12,1	+6,0	255,6
5 L	5	16	12	20	43	19	24	09	02	10,3	+16	53	26	12,5	+6,0	242,4
6 M	5	17	12	20	36	19	23	09	06	00,4	+16	36	58	12,9	+6,0	229,1
7 M	5	18	12	20	29	19	22	09	09	49,9	+16	20	15	13,3	+6,2	216,0
8 J	5	19	12	20	21	19	21	09	13	38,8	+16	03	16	13,6	+6,3	202,8
9 V	5	20	12	20	12	19	20	09	17	27,1	+15	46	01	14,0	+6,3	189,5
10 S	5	21	12	20	03	19	18	09	21	14,8	+15	28	32	14,4	+6,4	176,3
11 D	5	22	12	19	54	19	17	09	25	01,9	+15	10	47	14,6	+6,4	163,1
12 L	5	23	12	19	43	19	16	09	28	48,5	+14	52	48	15,1	+6,5	149,9
13 M	5	24	12	19	32	19	14	09	32	34,4	+14	34	35	15,4	+6,5	136,6
14 M	5	25	12	19	21	19	13	09	36	19,8	+14	16	08	15,8	+6,5	123,4
15 J	5	26	12	19	09	19	12	09	40	04,7	+13	57	28	16,1	+6,7	110,2
16 V	5	27	12	18	56	19	10	09	43	49,0	+13	38	34	16,5	+6,7	97,0
17 S	5	28	12	18	43	19	09	09	47	32,8	+13	19	28	16,8	+6,7	83,8
18 D	5	29	12	18	30	19	07	09	51	16,0	+13	00	09	17,1	+6,8	70,5
19 L	5	30	12	18	16	19	06	09	54	58,8	+12	40	38	17,3	+6,8	57,4
20 M	5	31	12	18	01	19	05	09	58	41,0	+12	20	55	17,8	+6,9	44,1
21 M	5	32	12	17	46	19	03	10	02	22,8	+12	00	60	18,1	+6,9	30,8
22 J	5	33	12	17	31	19	02	10	06	04,1	+11	40	54	18,3	+6,9	17,7
23 V	5	34	12	17	15	19	00	10	09	45,0	+11	20	36	18,7	+7,0	4,5
24 S	5	35	12	16	59	18	59	10	13	25,5	+11	00	08	19,0	+7,0	351,3
25 D	5	36	12	16	42	18	57	10	17	05,5	+10	39	29	19,3	+7,0	338,1
26 L	5	37	12	16	25	18	55	10	20	45,2	+10	18	40	19,5	+7,0	324,8
27 M	5	38	12	16	07	18	54	10	24	24,6	+09	57	41	19,8	+7,0	311,6
28 M	5	39	12	15	50	18	52	10	28	03,5	+09	36	32	20,1	+7,0	298,3
29 J	5	40	12	15	31	18	51	10	31	42,1	+09	15	15	20,3	+7,0	285,2
30 V	5	40	12	15	13	18	49	10	35	20,4	+08	53	48	20,6	+7,2	272,0
31 S	5	41	12	14	54	18	48	10	38	58,4	+08	32	12	20,8	+7,2	258,8

SOL Setiembre 2024

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 42	12 14 35	18 46	10 42 36,1	+08 10 29		21,2	+7,2	245,6
2 L	5 43	12 14 16	18 44	10 46 13,5	+07 48 37		21,3	+7,2	232,4
3 M	5 44	12 13 56	18 43	10 49 50,6	+07 26 38		21,6	+7,2	219,1
4 M	5 45	12 13 37	18 41	10 53 27,4	+07 04 31		21,8	+7,2	206,0
5 J	5 46	12 13 16	18 40	10 57 04,0	+06 42 18		22,1	+7,2	192,8
6 V	5 47	12 12 56	18 38	11 00 40,4	+06 19 58		22,3	+7,2	179,5
7 S	5 48	12 12 36	18 36	11 04 16,5	+05 57 32		22,6	+7,3	166,3
8 D	5 49	12 12 15	18 35	11 07 52,5	+05 34 60		22,8	+7,3	153,1
9 L	5 50	12 11 54	18 33	11 11 28,2	+05 12 22		23,0	+7,3	139,9
10 M	5 51	12 11 33	18 31	11 15 03,9	+04 49 40		23,2	+7,3	126,7
11 M	5 52	12 11 12	18 30	11 18 39,3	+04 26 52		23,3	+7,2	113,5
12 J	5 53	12 10 51	18 28	11 22 14,7	+04 03 60		23,6	+7,2	100,3
13 V	5 54	12 10 29	18 26	11 25 49,9	+03 41 04		23,8	+7,2	87,0
14 S	5 55	12 10 08	18 25	11 29 25,1	+03 18 04		23,8	+7,2	73,9
15 D	5 56	12 09 46	18 23	11 33 00,2	+02 55 00		24,1	+7,2	60,7
16 L	5 57	12 09 25	18 21	11 36 35,2	+02 31 53		24,3	+7,2	47,5
17 M	5 58	12 09 03	18 20	11 40 10,2	+02 08 44		24,3	+7,2	34,2
18 M	5 59	12 08 42	18 18	11 43 45,2	+01 45 32		24,6	+7,2	21,1
19 J	6 00	12 08 20	18 16	11 47 20,3	+01 22 17		24,7	+7,0	7,9
20 V	6 01	12 07 59	18 15	11 50 55,4	+00 59 01		24,8	+7,0	354,7
21 S	6 02	12 07 38	18 13	11 54 30,5	+00 35 43		25,0	+7,0	341,5
22 D	6 03	12 07 16	18 11	11 58 05,8	+00 12 23		25,1	+7,0	328,3
23 L	6 04	12 06 55	18 10	12 01 41,2	-00 10 58		25,2	+7,0	315,1
24 M	6 05	12 06 34	18 08	12 05 16,8	-00 34 19		25,3	+7,0	301,8
25 M	6 06	12 06 14	18 06	12 08 52,5	-00 57 41		25,5	+7,0	288,7
26 J	6 07	12 05 53	18 05	12 12 28,4	-01 21 03		25,6	+6,9	275,5
27 V	6 08	12 05 33	18 03	12 16 04,5	-01 44 25		25,7	+6,9	262,3
28 S	6 09	12 05 13	18 01	12 19 40,9	-02 07 46		25,8	+6,8	249,1
29 D	6 10	12 04 53	18 00	12 23 17,4	-02 31 06		25,8	+6,8	235,9
30 L	6 11	12 04 33	17 58	12 26 54,3	-02 54 24		25,8	+6,8	222,6

Inicio del otoño el día 22 a las $12^h\ 44^m$ de TU.

SOL Octubre 2024

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	6 12	12 04 14	17 56	12 30 31,4	-03 17 41		26,0	+6,7	209,5
2 M	6 13	12 03 55	17 55	12 34 08,8	-03 40 56		26,0	+6,7	196,3
3 J	6 14	12 03 36	17 53	12 37 46,6	-04 04 08		26,1	+6,5	183,1
4 V	6 15	12 03 18	17 51	12 41 24,6	-04 27 18		26,1	+6,5	169,9
5 S	6 16	12 03 00	17 50	12 45 03,0	-04 50 24		26,2	+6,5	156,6
6 D	6 17	12 02 43	17 48	12 48 41,8	-05 13 26		26,2	+6,5	143,6
7 L	6 18	12 02 25	17 47	12 52 21,0	-05 36 25		26,2	+6,4	130,4
8 M	6 19	12 02 09	17 45	12 56 00,6	-05 59 19		26,2	+6,3	117,2
9 M	6 20	12 01 52	17 43	12 59 40,6	-06 22 08		26,3	+6,3	104,0
10 J	6 21	12 01 37	17 42	13 03 21,1	-06 44 53		26,3	+6,2	90,8
11 V	6 22	12 01 21	17 40	13 07 02,0	-07 07 31		26,3	+6,0	77,5
12 S	6 23	12 01 06	17 39	13 10 43,3	-07 30 04		26,2	+6,0	64,4
13 D	6 24	12 00 52	17 37	13 14 25,2	-07 52 30		26,2	+6,0	51,2
14 L	6 25	12 00 38	17 36	13 18 07,5	-08 14 50		26,2	+5,9	38,0
15 M	6 26	12 00 24	17 34	13 21 50,4	-08 37 03		26,2	+5,9	24,8
16 M	6 27	12 00 12	17 33	13 25 33,9	-08 59 08		26,1	+5,8	11,6
17 J	6 28	11 59 59	17 31	13 29 17,9	-09 21 06		26,1	+5,7	358,3
18 V	6 29	11 59 48	17 30	13 33 02,5	-09 42 55		26,0	+5,5	345,2
19 S	6 30	11 59 37	17 28	13 36 47,7	-10 04 36		25,8	+5,5	332,1
20 D	6 31	11 59 26	17 27	13 40 33,6	-10 26 09		25,8	+5,5	318,8
21 L	6 33	11 59 17	17 25	13 44 20,2	-10 47 32		25,8	+5,4	305,7
22 M	6 34	11 59 08	17 24	13 48 07,4	-11 08 46		25,7	+5,3	292,5
23 M	6 35	11 58 59	17 23	13 51 55,3	-11 29 50		25,6	+5,2	279,3
24 J	6 36	11 58 52	17 21	13 55 43,9	-11 50 43		25,5	+5,0	266,1
25 V	6 37	11 58 45	17 20	13 59 33,2	-12 11 26		25,3	+5,0	252,9
26 S	6 38	11 58 39	17 19	14 03 23,3	-12 31 58		25,3	+4,9	239,6
27 D	6 39	11 58 33	17 17	14 07 14,1	-12 52 18		25,2	+4,9	226,5
28 L	6 40	11 58 29	17 16	14 11 05,7	-13 12 27		25,0	+4,8	213,4
29 M	6 41	11 58 25	17 15	14 14 58,1	-13 32 23		24,8	+4,7	200,1
30 M	6 43	11 58 22	17 14	14 18 51,2	-13 52 06		24,7	+4,5	187,0
31 J	6 44	11 58 20	17 12	14 22 45,1	-14 11 36		24,6	+4,5	173,8

SOL Noviembre 2024

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 45	11 58 18	17 11	14 26 39,9	-14 30 53		24,3	+4,4	160,6
2 S	6 46	11 58 18	17 10	14 30 35,4	-14 49 55		24,2	+4,3	147,4
3 D	6 47	11 58 18	17 09	14 34 31,7	-15 08 43		24,1	+4,2	134,1
4 L	6 48	11 58 19	17 08	14 38 28,9	-15 27 16		23,8	+4,0	121,0
5 M	6 50	11 58 21	17 07	14 42 26,9	-15 45 34		23,7	+4,0	107,9
6 M	6 51	11 58 23	17 06	14 46 25,7	-16 03 36		23,5	+3,7	94,7
7 J	6 52	11 58 27	17 05	14 50 25,3	-16 21 22		23,2	+3,7	81,5
8 V	6 53	11 58 31	17 03	14 54 25,8	-16 38 52		23,0	+3,6	68,3
9 S	6 54	11 58 36	17 02	14 58 27,0	-16 56 04		22,8	+3,5	55,1
10 D	6 55	11 58 42	17 02	15 02 29,1	-17 12 59		22,6	+3,4	42,0
11 L	6 57	11 58 49	17 01	15 06 32,0	-17 29 36		22,3	+3,2	28,8
12 M	6 58	11 58 57	17 00	15 10 35,8	-17 45 56		22,1	+3,2	15,6
13 M	6 59	11 59 05	16 59	15 14 40,4	-18 01 56		21,8	+3,1	2,4
14 J	7 00	11 59 14	16 58	15 18 45,8	-18 17 38		21,5	+2,9	349,2
15 V	7 01	11 59 25	16 57	15 22 52,0	-18 33 00		21,3	+2,7	336,0
16 S	7 02	11 59 36	16 56	15 26 59,1	-18 48 03		21,0	+2,7	322,8
17 D	7 04	11 59 47	16 56	15 31 07,1	-19 02 46		20,7	+2,6	309,7
18 L	7 05	12 00 00	16 55	15 35 15,8	-19 17 09		20,3	+2,5	296,5
19 M	7 06	12 00 13	16 54	15 39 25,4	-19 31 10		20,1	+2,4	283,3
20 M	7 07	12 00 28	16 54	15 43 35,9	-19 44 51		19,8	+2,2	270,1
21 J	7 08	12 00 43	16 53	15 47 47,2	-19 58 11		19,5	+2,1	256,8
22 V	7 09	12 00 59	16 52	15 51 59,3	-20 11 09		19,1	+2,0	243,8
23 S	7 10	12 01 16	16 52	15 56 12,1	-20 23 44		18,8	+1,8	230,6
24 D	7 11	12 01 33	16 51	16 00 25,8	-20 35 57		18,5	+1,7	217,4
25 L	7 13	12 01 51	16 51	16 04 40,3	-20 47 47		18,1	+1,6	204,1
26 M	7 14	12 02 10	16 50	16 08 55,5	-20 59 14		17,8	+1,5	191,0
27 M	7 15	12 02 30	16 50	16 13 11,5	-21 10 18		17,3	+1,3	177,9
28 J	7 16	12 02 51	16 50	16 17 28,3	-21 20 57		17,1	+1,2	164,6
29 V	7 17	12 03 12	16 49	16 21 45,7	-21 31 12		16,7	+1,1	151,5
30 S	7 18	12 03 34	16 49	16 26 03,8	-21 41 03		16,3	+1,0	138,3

SOL Diciembre 2024

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	7 19	12 03 57	16 49	16 30 22,6	-21 50 29		15,9	+0,9	125,0
2 L	7 20	12 04 20	16 49	16 34 42,1	-21 59 30		15,5	+0,6	112,0
3 M	7 21	12 04 44	16 48	16 39 02,2	-22 08 05		15,1	+0,6	98,8
4 M	7 22	12 05 08	16 48	16 43 22,8	-22 16 15		14,6	+0,5	85,5
5 J	7 23	12 05 33	16 48	16 47 44,1	-22 23 59		14,3	+0,4	72,4
6 V	7 24	12 05 58	16 48	16 52 05,8	-22 31 17		13,9	+0,2	59,2
7 S	7 25	12 06 24	16 48	16 56 28,1	-22 38 08		13,5	+0,1	46,1
8 D	7 25	12 06 51	16 48	17 00 50,8	-22 44 32		13,1	+0,0	32,9
9 L	7 26	12 07 18	16 48	17 05 13,9	-22 50 30		12,6	-0,2	19,7
10 M	7 27	12 07 45	16 48	17 09 37,5	-22 56 01		12,1	-0,3	6,5
11 M	7 28	12 08 12	16 48	17 14 01,5	-23 01 04		11,8	-0,4	353,3
12 J	7 29	12 08 40	16 48	17 18 25,8	-23 05 40		11,3	-0,6	340,2
13 V	7 29	12 09 09	16 49	17 22 50,5	-23 09 49		10,9	-0,6	327,0
14 S	7 30	12 09 37	16 49	17 27 15,4	-23 13 30		10,5	-0,8	313,8
15 D	7 31	12 10 06	16 49	17 31 40,7	-23 16 43		10,0	-0,9	300,7
16 L	7 32	12 10 35	16 50	17 36 06,2	-23 19 29		09,5	-1,1	287,5
17 M	7 32	12 11 04	16 50	17 40 31,9	-23 21 46		09,1	-1,2	274,3
18 M	7 33	12 11 34	16 50	17 44 57,8	-23 23 36		08,6	-1,3	261,1
19 J	7 33	12 12 03	16 51	17 49 23,9	-23 24 57		08,1	-1,3	248,0
20 V	7 34	12 12 33	16 51	17 53 50,1	-23 25 51		07,7	-1,6	234,8
21 S	7 34	12 13 03	16 52	17 58 16,3	-23 26 16		07,2	-1,7	221,6
22 D	7 35	12 13 33	16 52	18 02 42,7	-23 26 13		06,8	-1,8	208,4
23 L	7 35	12 14 02	16 53	18 07 09,1	-23 25 42		06,3	-1,8	195,3
24 M	7 36	12 14 32	16 53	18 11 35,5	-23 24 42		05,8	-2,1	182,1
25 M	7 36	12 15 02	16 54	18 16 01,8	-23 23 15		05,3	-2,2	168,9
26 J	7 37	12 15 32	16 55	18 20 28,1	-23 21 19		04,8	-2,2	155,8
27 V	7 37	12 16 01	16 55	18 24 54,3	-23 18 54		04,4	-2,4	142,6
28 S	7 37	12 16 31	16 56	18 29 20,4	-23 16 02		03,9	-2,6	129,4
29 D	7 37	12 17 00	16 57	18 33 46,2	-23 12 42		03,4	-2,7	116,2
30 L	7 38	12 17 29	16 58	18 38 11,9	-23 08 53		02,9	-2,7	103,0
31 M	7 38	12 17 58	16 58	18 42 37,3	-23 04 37		02,4	-2,9	89,9

Inicio del invierno el día 21 a las $9^h\ 20^m$ 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:

$$\text{paso del semidiámetro} \simeq \frac{66^{s}{,}6}{R}\ [1 + 0{,}043 \cos (2\,d + 13^{\circ})]$$

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 2024

Fecha		distancia R (UA)	semidiámetro, s	movimiento diario (′/día)	paralaje horizontal	paso semidiám. por meridiano
Ene	1	0,98332	16′ 17″	61	8″,94	70^s,6
Ene	11	0,98346	16′ 17″	61	8″,94	70^s,0
Ene	21	0,98400	16′ 17″	61	8″,94	69^s,1
Ene	31	0,98509	16′ 16″	61	8″,93	68^s,0
Feb	10	0,98667	16′ 14″	61	8″,91	66^s,9
Feb	20	0,98855	16′ 12″	61	8″,90	65^s,9
Mar	1	0,99083	16′ 10″	60	8″,88	65^s,0
Mar	11	0,99342	16′ 08″	60	8″,85	64^s,4
Mar	21	0,99610	16′ 05″	60	8″,83	64^s,1
Mar	31	0,99895	16′ 02″	59	8″,80	64^s,1
Abr	10	1,00186	15′ 59″	59	8″,78	64^s,4
Abr	20	1,00461	15′ 57″	59	8″,75	64^s,9
Abr	30	1,00728	15′ 54″	58	8″,73	65^s,6
May	10	1,00976	15′ 52″	58	8″,71	66^s,4
May	20	1,01187	15′ 50″	58	8″,69	67^s,2
May	30	1,01369	15′ 48″	58	8″,68	67^s,9
Jun	9	1,01514	15′ 47″	57	8″,66	68^s,4
Jun	19	1,01607	15′ 46″	57	8″,66	68^s,5
Jun	29	1,01661	15′ 45″	57	8″,65	68^s,4
Jul	9	1,01668	15′ 45″	57	8″,65	67^s,9
Jul	19	1,01620	15′ 46″	57	8″,65	67^s,3
Jul	29	1,01534	15′ 47″	57	8″,66	66^s,4
Ago	8	1,01402	15′ 48″	58	8″,67	65^s,6
Ago	18	1,01223	15′ 50″	58	8″,69	64^s,8
Ago	28	1,01017	15′ 52″	58	8″,71	64^s,2
Set	7	1,00778	15′ 54″	58	8″,73	63^s,8
Set	17	1,00510	15′ 56″	58	8″,75	63^s,6
Set	27	1,00235	15′ 59″	59	8″,77	63^s,8
Oct	7	0,99950	16′ 02″	59	8″,80	64^s,3
Oct	17	0,99659	16′ 04″	59	8″,82	65^s,0
Oct	27	0,99387	16′ 07″	60	8″,85	66^s,0
Nov	6	0,99129	16′ 10″	60	8″,87	67^s,1
Nov	16	0,98891	16′ 12″	60	8″,89	68^s,3
Nov	26	0,98695	16′ 14″	61	8″,91	69^s,4
Dic	6	0,98535	16′ 15″	61	8″,92	70^s,2
Dic	16	0,98414	16′ 17″	61	8″,94	70^s,7
Dic	26	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 187. 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 29 de febrero en Palencia (latitud 42º0). En las dos tablas siguientes se encuentra que las correcciones a aplicar son de $+3^m$ en longitud y de $+1^m$ en latitud. El horario oficial es el de invierno.

orto = $6^h49^m + (+3^m) + (+1^m) = 6^h53^m$ TU = 7^h53^m TO

ocaso = $18^h06^m + (+3^m) - (+1^m) = 18^h08^m$ TU = 19^h08^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 1 de abril en un lugar de las Canarias de latitud $\phi = 28°06'$ y longitud $\lambda_E = -1^h1^m39^s$, en horario de verano:
orto $= 5^h58^m - 15^m - (-1^h2^m) + 6^m = 6^h51^m$ TU $= 7^h51^m$ TO
ocaso $= 18^h40^m - 15^m - (-1^h2^m) - 6^m = 19^h21^m$ TU $= 20^h21^m$ 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	-33	-13	-10	-7	-5	-2	2	5	8	12	Dic 22
Dic 26	-32	-13	-10	-7	-4	-1	2	5	8	12	Dic 17
Dic 31	-32	-13	-10	-7	-4	-1	2	5	8	12	Dic 12
Ene 5	-31	-12	-10	-7	-4	-1	2	5	8	11	Dic 7
Ene 10	-30	-12	-9	-7	-4	-1	2	5	8	11	Dic 2
Ene 15	-29	-11	-9	-6	-4	-1	2	4	7	10	Nov 27
Ene 20	-27	-11	-8	-6	-4	-1	2	4	7	10	Nov 22
Ene 25	-25	-10	-8	-6	-3	-1	1	4	7	9	Nov 17
Ene 30	-23	-9	-7	-5	-3	-1	1	4	6	8	Nov 12
Feb 4	-21	-8	-7	-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	-7	-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
Feb 29	-9	-4	-3	-2	-1	0	1	1	2	3	Oct 13
Mar 5	-7	-3	-2	-1	-1	0	0	1	2	2	Oct 8
Mar 10	-4	-2	-1	-1	-1	0	0	1	1	2	Oct 3
Mar 15	-2	-1	-1	0	0	0	0	0	0	1	Set 27
Mar 20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Set 22
Mar 25	3	1	1	1	0	0	0	-1	-1	-1	Set 17
Mar 30	6	2	2	1	1	0	0	-1	-1	-2	Set 12
Abr 4	8	3	3	2	1	0	0	-1	-2	-3	Set 7
Abr 9	11	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	Set 2
Abr 14	13	5	4	3	2	1	-1	-2	-3	-5	Ago 28
Abr 19	15	6	5	3	2	1	-1	-2	-4	-6	Ago 23
Abr 24	18	7	5	4	2	1	-1	-3	-5	-6	Ago 18
Abr 29	20	8	6	4	3	1	-1	-3	-5	-7	Ago 13
May 4	22	9	7	5	3	1	-1	-3	-6	-8	Ago 8
May 9	24	10	8	5	3	1	-1	-4	-6	-9	Ago 3
May 14	26	10	8	6	3	1	-2	-4	-7	-10	Jul 29
May 19	28	11	9	6	4	1	-2	-4	-7	-10	Jul 24
May 24	30	12	9	7	4	1	-2	-5	-8	-11	Jul 19
May 29	31	12	10	7	4	1	-2	-5	-8	-12	Jul 14
Jun 3	32	13	10	7	4	1	-2	-5	-9	-12	Jul 9
Jun 8	33	13	10	7	4	1	-2	-5	-9	-12	Jul 4
Jun 13	34	13	11	8	5	1	-2	-5	-9	-13	Jun 28
Jun 18	34	14	11	8	5	1	-2	-5	-9	-13	Jun 23

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

Los instantes de orto y ocaso del Sol para un lugar dado de latitud 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 186 o según se indica en la sección *Paso del Sol por el meridiano* en la página 191.
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: $19^{s}\, h$ (m)$/D$ (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	-33	Dic 17
Dic 31	-26	-27	-28	-30	-32	Dic 12
Ene 5	-25	-26	-28	-29	-31	Dic 7
Ene 10	-25	-26	-27	-29	-30	Dic 2
Ene 15	-24	-25	-26	-27	-29	Nov 27
Ene 20	-23	-23	-25	-26	-28	Nov 22
Ene 25	-21	-22	-23	-24	-26	Nov 17
Ene 30	-20	-21	-22	-23	-24	Nov 12
Feb 4	-18	-19	-20	-21	-22	Nov 7
Feb 9	-16	-17	-18	-19	-20	Nov 2
Feb 14	-15	-15	-16	-17	-18	Oct 28
Feb 19	-13	-13	-14	-14	-15	Oct 23
Feb 24	-10	-11	-11	-12	-13	Oct 18
Feb 29	-8	-9	-9	-9	-10	Oct 13
Mar 5	-6	-6	-7	-7	-7	Oct 8
Mar 10	-4	-4	-4	-4	-5	Oct 3
Mar 15	-2	-2	-2	-2	-2	Set 27
Mar 20	0	1	1	1	1	Set 22
Mar 25	3	3	3	3	4	Set 17
Mar 30	5	5	6	6	6	Set 12
Abr 4	7	7	8	8	9	Set 7
Abr 9	9	10	10	11	12	Set 2
Abr 14	11	12	13	13	14	Ago 28
Abr 19	13	14	15	16	17	Ago 23
Abr 24	15	16	17	18	19	Ago 18
Abr 29	17	18	19	20	21	Ago 13
May 4	19	20	21	22	24	Ago 8
May 9	20	21	22	24	26	Ago 3
May 14	22	23	24	26	27	Jul 29
May 19	23	24	26	27	29	Jul 24
May 24	24	25	27	29	31	Jul 19
May 29	25	26	28	30	32	Jul 14
Jun 3	26	27	29	31	33	Jul 9
Jun 8	27	28	29	31	34	Jul 4
Jun 13	27	28	30	32	34	Jun 28
Jun 18	27	29	30	32	35	Jun 23

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

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

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

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

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 104. 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 1 de julio la Ecuación de Tiempo es -3^m59^s, luego el Sol pasará por el meridiano de Madrid a las:

$$12^h - (-3^m59^s) - (-14^m45^s) = 12^h18^m44^s\ TU$$

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 184:

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

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

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

instante son visibles el horizonte y las estrellas más brillantes de las principales constelaciones. Cuando es $h = -18^\circ$ se habla de crepúsculo **astronómico**; en este momento es noche cerrada y, si el cielo está bien despejado, son visibles estrellas de hasta sexta magnitud.

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

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

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

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

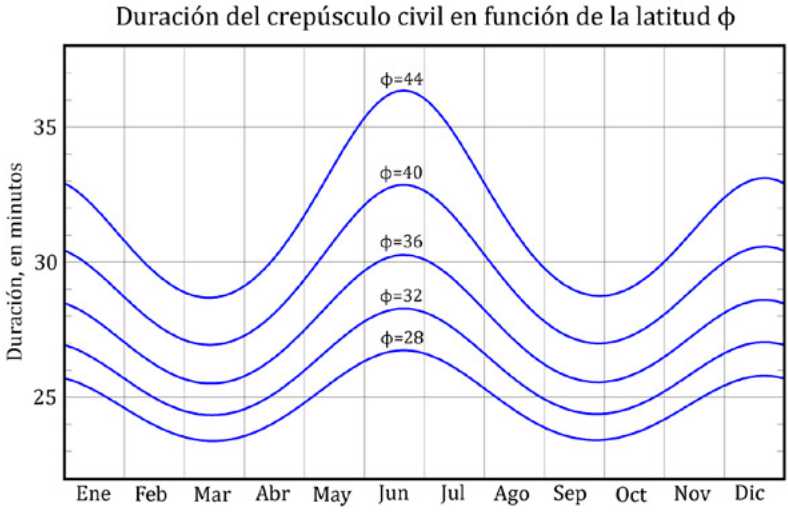
Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
28°	54	52	51	52	56	59	58	54	51	51	53	55
32°	56	54	53	55	59	63	61	56	53	53	55	57
36°	59	56	55	58	63	68	66	60	56	56	58	61
40°	63	59	58	62	69	74	72	64	59	59	62	65
44°	68	63	62	66	76	84	80	70	63	62	66	69

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

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

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

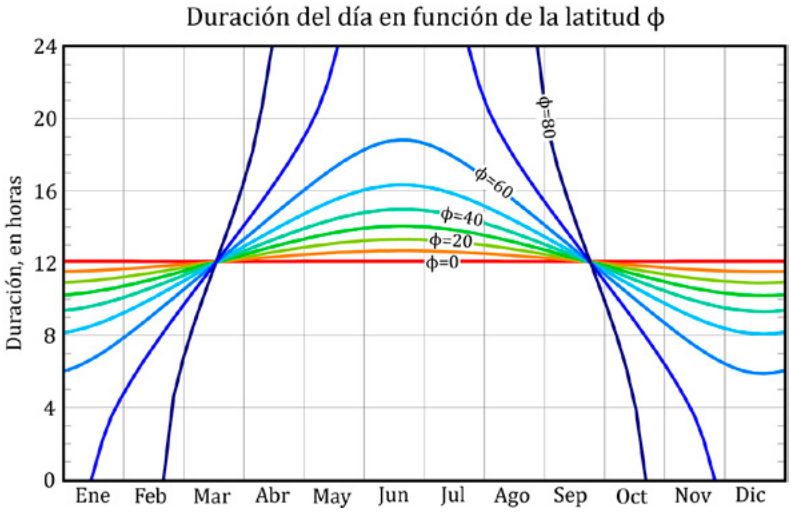
$$\text{Duración del crepúsculo civil} = \frac{21^m}{\sqrt{\cos(\phi - \delta_\odot)\cos(\phi + \delta_\odot)}}$$



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 2024:

Día en que el Sol sale más tarde: 5 de enero
Día en que el Sol sale más pronto: 14 de junio
Día en que el Sol se pone más tarde: 27 de junio
Día en que el Sol se pone más pronto: 7 de diciembre
Día de mayor duración: 20 de junio (15^h3^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*, determinando, por interpolación, el instante en que la longitud heliográfica *L* se anula.

Instante de inicio de las rotaciones sinódicas del Sol en 2024

NRC	mes	día	hora	NRC	mes	día	hora	NRC	mes	día	hora
2280	Ene	18	7	2285	Jun	2	17	2290	Oct	16	21
2281	Feb	14	15	2286	Jun	29	22	2291	Nov	13	4
2282	Mar	12	23	2287	Jul	27	3	2292	Dic	10	12
2283	Abr	9	6	2288	Ago	23	8	2293	Ene	6	20
2284	May	6	12	2289	Set	19	14				

La primera rotación que se iniciará en 2024 es la número 2280, lo cual tendrá lugar el día 18 de enero a las $6^{h},5$ TU. La primera rotación en 2025 será la número 2293, iniciándose el 6 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.

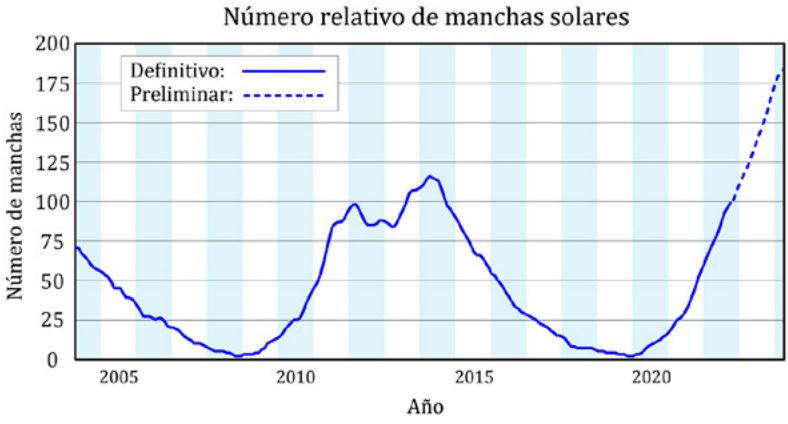
En la siguiente tabla se proporcionan los promedios anuales del número de manchas diario observado en los últimos 20 años, basada en la recalibración introducida el pasado 1 de julio de 2015 por el Solar Influences Data Analysis Center (SIDC): ***http://sidc.oma.be/silso/***.

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

año	manchas	año	manchas	año	manchas	año	manchas
2004	66	2009	6	2014	107	2019	4
2005	45	2010	26	2015	72	2020	8
2006	26	2011	73	2016	41	2021	33
2007	13	2012	90	2017	21	2022	84
2008	4	2013	95	2018	8	2023	137

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

En la siguiente imagen se muestra el número relativo 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 2024

Longitud media	$L_{☾} = 142^{\circ},854569 + 13^{\circ},17639645\ d$
Anomalía media	$M_{☾} = 163^{\circ},105384 + 13^{\circ},06499306\ d$
Longitud del perigeo medio	$\varpi_{☾} = 339^{\circ},749181 + 0^{\circ},11140339\ d$
Long. media del nodo ascendente	$\Omega_{☾} = 20^{\circ},931326 - 0^{\circ},05295373\ d$
Elongación media referida al Sol	$D_{☾} = 223^{\circ},681359 + 12^{\circ},19074909\ d$

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

Coordenadas eclípticas verdaderas

Desarrollos aproximados de longitud eclíptica, latitud eclíptica y paralaje:

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

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

$\pi_{☾} = 57' + 3' \cos M_{☾}$

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:

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

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

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

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

$\pi_{\leftmoon}$		$s_{\leftmoon}$		Distancia, $r_{\leftmoon}$	
′	″	′	″	$\mathcal{R}_\oplus$	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 104:

   $\theta = 15$ (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 ($\alpha_{\leftmoon}$, $\delta_{\leftmoon}$) y la distancia r (en radios terrestres) para el instante TU considerado.

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

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

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:

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

$\delta_t = \operatorname{arcsen}(z/r_t)$

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

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

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

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

4.8. Efemérides de la Luna para 2024

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 215).

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 437). 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 2024

Día	En Madrid (TU) Orto h	m	Culmin. h	m	Ocaso h	m	a 0h de TU Asc. Recta h	m	s	Declinación °	′	″	Distancia $\mathcal{R}_\oplus$
1 L	22	21	4	18	11	03	10	36	28,6	+12	37	38	63,4407
2 M	23	20	4	58	11	23	11	19	30,3	+07	21	42	63,4660
3 M	**	**	5	37	11	43	12	01	31,3	+01	50	30	63,3004
4 J	0	20	6	16	12	03	12	43	35,3	-03	46	56	62,9364
5 V	1	21	6	57	12	24	13	26	49,7	-09	21	22	62,3822
6 S	2	25	7	41	12	49	14	12	24,5	-14	41	59	61,6633
7 D	3	33	8	29	13	19	15	01	28,5	-19	34	48	60,8217
8 L	4	43	9	22	13	57	15	54	58,6	-23	41	29	59,9157
9 M	5	54	10	21	14	46	16	53	18,5	-26	39	35	59,0143
10 M	7	01	11	23	15	47	17	55	50,6	-28	05	39	58,1922
11 J	7	59	12	27	16	59	19	00	43,2	-27	41	45	57,5195
12 V	8	47	13	29	18	18	20	05	20,1	-25	22	50	57,0525
13 S	9	26	14	27	19	38	21	07	24,1	-21	19	43	56,8236
14 D	9	57	15	22	20	56	22	05	46,5	-15	55	23	56,8379
15 L	10	24	16	12	22	11	23	00	31,4	-09	37	54	57,0734
16 M	10	49	17	01	23	25	23	52	30,3	-02	54	44	57,4881
17 M	11	13	17	48	**	**	00	42	55,8	+03	49	58	58,0294
18 J	11	38	18	37	0	37	01	33	03,6	+10	15	35	58,6451
19 V	12	06	19	27	1	48	02	24	01,7	+16	04	09	59,2899
20 S	12	39	20	19	3	00	03	16	40,7	+20	59	23	59,9297
21 D	13	18	21	13	4	09	04	11	22,8	+24	46	32	60,5431
22 L	14	05	22	08	5	15	05	07	51,3	+27	13	18	61,1187
23 M	14	59	23	03	6	13	06	05	08,4	+28	11	60	61,6515
24 M	16	00	23	56	7	03	07	01	49,7	+27	41	35	62,1396
25 J	17	03	**	**	7	44	07	56	32,5	+25	48	15	62,5787
26 V	18	07	0	45	8	17	08	48	21,9	+22	43	44	62,9613
27 S	19	10	1	31	8	44	09	37	01,3	+18	42	33	63,2737
28 D	20	11	2	14	9	07	10	22	47,5	+13	59	23	63,4967
29 L	21	11	2	55	9	27	11	06	19,3	+08	47	32	63,6079
30 M	22	10	3	34	9	47	11	48	27,7	+03	18	32	63,5830
31 M	23	10	4	13	10	06	12	30	10,2	-02	17	34	63,4010

Cuarto menguante	$04^d03^h30^m$
Luna nueva	$11^d11^h57^m$
Cuarto creciente	$18^d03^h53^m$
Luna llena	$25^d17^h54^m$

Apogeo	1^d15^h
Perigeo	13^d10^h
Apogeo	29^d08^h

LUNA Febrero 2024

Día	En Madrid (TU) Orto		Culmin.		Ocaso		a 0h de TU Asc. Recta			Declinación			Distancia
	h	m	h	m	h	m	h	m	s	°	′	″	$\mathcal{R}_\oplus$
1 J	**	**	4	52	10	26	13	12	28,3	-07	51	19	63,0466
2 V	0	12	5	34	10	49	13	56	26,8	-13	12	46	62,5144
3 S	1	16	6	19	11	15	14	43	11,8	-18	10	11	61,8131
4 D	2	24	7	09	11	49	15	33	44,7	-22	28	46	60,9678
5 L	3	33	8	03	12	31	16	28	48,4	-25	49	50	60,0219
6 M	4	40	9	03	13	25	17	28	24,3	-27	51	53	59,0359
7 M	5	42	10	05	14	31	18	31	30,1	-28	14	24	58,0850
8 J	6	35	11	08	15	47	19	36	02,3	-26	44	19	57,2517
9 V	7	18	12	09	17	08	20	39	37,5	-23	22	02	56,6144
10 S	7	53	13	07	18	30	21	40	30,7	-18	22	41	56,2361
11 D	8	23	14	00	19	49	22	38	04,8	-12	11	54	56,1512
12 L	8	49	14	52	21	06	23	32	43,5	-05	19	43	56,3599
13 M	9	14	15	41	22	22	00	25	24,9	+01	44	26	56,8288
14 M	9	40	16	31	23	36	01	17	19,7	+08	34	20	57,4986
15 J	10	08	17	22	**	**	02	09	34,8	+14	47	45	58,2982
16 V	10	39	18	15	0	50	03	03	02,0	+20	06	04	59,1560
17 S	11	16	19	09	2	02	03	58	07,1	+24	14	04	60,0092
18 D	12	01	20	04	3	09	04	54	40,1	+27	00	10	60,8105
19 L	12	53	20	59	4	10	05	51	52,8	+28	17	35	61,5279
20 M	13	52	21	52	5	02	06	48	31,4	+28	05	35	62,1446
21 M	14	55	22	42	5	45	07	43	20,4	+26	29	45	62,6547
22 J	15	58	23	29	6	19	08	35	26,6	+23	40	42	63,0598
23 V	17	01	**	**	6	48	09	24	30,6	+19	51	50	63,3642
24 S	18	03	0	12	7	12	10	10	44,0	+15	17	07	63,5716
25 D	19	03	0	53	7	33	10	54	39,9	+10	09	50	63,6830
26 L	20	02	1	33	7	52	11	37	03,8	+04	42	01	63,6945
27 M	21	02	2	12	8	11	12	18	47,7	-00	55	27	63,5974
28 M	22	03	2	51	8	31	13	00	47,2	-06	32	15	63,3806
29 J	23	06	3	31	8	52	13	44	00,2	-11	57	59	63,0319

Cuarto menguante	$02^d23^h18^m$
Luna nueva	$09^d22^h59^m$
Cuarto creciente	$16^d15^h01^m$
Luna llena	$24^d12^h30^m$

Perigeo	10^d19^h
Apogeo	25^d15^h

LUNA Marzo 2024

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	**	**	4	15	9	17	14	29	25,6	-17	01	18	62,5426
2 S	0	11	5	01	9	46	15	17	59,1	-21	28	52	61,9105
3 D	1	18	5	53	10	23	16	10	24,1	-25	04	51	61,1452
4 L	2	25	6	48	11	10	17	06	55,6	-27	31	06	60,2705
5 M	3	28	7	48	12	09	18	07	01,9	-28	29	09	59,3274
6 M	4	23	8	49	13	19	19	09	18,5	-27	44	28	58,3742
7 J	5	09	9	49	14	36	20	11	48,7	-25	11	20	57,4846
8 V	5	47	10	48	15	57	21	12	47,6	-20	55	54	56,7387
9 S	6	19	11	43	17	18	22	11	18,3	-15	15	29	56,2138
10 D	6	47	12	36	18	37	23	07	19,9	-08	35	13	55,9692
11 L	7	13	13	27	19	55	00	01	33,0	-01	24	10	56,0351
12 M	7	39	14	19	21	13	00	54	59,2	+05	48	07	56,4047
13 M	8	06	15	11	22	30	01	48	42,5	+12	33	49	57,0366
14 J	8	37	16	05	23	46	02	43	35,4	+18	28	34	57,8627
15 V	9	13	17	01	**	**	03	40	04,8	+23	12	19	58,8025
16 S	9	56	17	57	0	59	04	38	00,4	+26	30	29	59,7754
17 D	10	47	18	54	2	04	05	36	31,9	+28	15	04	60,7117
18 L	11	44	19	48	3	00	06	34	21,5	+28	25	27	61,5570
19 M	12	46	20	39	3	45	07	30	10,5	+27	08	03	62,2752
20 M	13	50	21	27	4	22	08	23	04,5	+24	34	18	62,8473
21 J	14	53	22	11	4	52	09	12	45,1	+20	58	01	63,2671
22 V	15	55	22	53	5	17	09	59	25,7	+16	33	06	63,5406
23 S	16	56	23	32	5	39	10	43	41,2	+11	32	32	63,6787
24 D	17	55	**	**	5	58	11	26	18,1	+06	08	01	63,6959
25 L	18	55	0	11	6	17	12	08	08,1	+00	30	22	63,6051
26 M	19	56	0	50	6	36	12	50	05,3	-05	09	53	63,4163
27 M	20	58	1	31	6	57	13	33	04,8	-10	41	53	63,1351
28 J	22	03	2	13	7	20	14	18	01,4	-15	53	48	62,7626
29 V	23	09	2	59	7	48	15	05	45,6	-20	32	10	62,2975
30 S	**	**	3	48	8	22	15	56	55,9	-24	21	43	61,7381
31 D	0	16	4	41	9	05	16	51	46,3	-27	05	41	61,0860

Cuarto menguante	$03^d15^h24^m$
Luna nueva	$10^d09^h00^m$
Cuarto creciente	$17^d04^h11^m$
Luna llena	$25^d07^h00^m$

Perigeo	10^d07^h
Apogeo	23^d16^h

LUNA Abril 2024

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	1	19	5	38	9	58	17	49	51,7	-28	27	35	60,3514
2 M	2	16	6	37	11	02	18	50	02,4	-28	14	16	59,5554
3 M	3	04	7	36	12	14	19	50	40,6	-26	19	31	58,7335
4 J	3	43	8	33	13	31	20	50	13,3	-22	46	10	57,9363
5 V	4	17	9	28	14	49	21	47	45,1	-17	45	55	57,2266
6 S	4	45	10	20	16	07	22	43	09,0	-11	37	21	56,6726
7 D	5	11	11	12	17	25	23	36	58,2	-04	43	41	56,3383
8 L	5	36	12	03	18	43	00	30	10,0	+02	28	50	56,2708
9 M	6	03	12	55	20	02	01	23	49,7	+09	32	27	56,4898
10 M	6	32	13	49	21	21	02	18	56,1	+15	59	27	56,9815
11 J	7	06	14	46	22	38	03	16	05,2	+21	24	12	57,7011
12 V	7	47	15	44	23	49	04	15	14,3	+25	25	40	58,5808
13 S	8	36	16	43	**	**	05	15	32,4	+27	50	13	59,5416
14 D	9	33	17	40	0	51	06	15	29,5	+28	33	43	60,5048
15 L	10	35	18	33	1	42	07	13	27,4	+27	41	38	61,4017
16 M	11	40	19	23	2	23	08	08	14,3	+25	26	30	62,1786
17 M	12	44	20	09	2	55	08	59	22,4	+22	03	55	62,7982
18 J	13	47	20	51	3	21	09	47	03,9	+17	49	26	63,2422
19 V	14	47	21	31	3	44	10	31	57,0	+12	56	50	63,5063
20 S	15	47	22	10	4	04	11	14	53,2	+07	37	52	63,5995
21 D	16	47	22	49	4	23	11	56	48,9	+02	02	58	63,5394
22 L	17	47	23	29	4	42	12	38	41,9	-03	37	57	63,3492
23 M	18	50	**	**	5	02	13	21	30,1	-09	14	27	63,0537
24 M	19	54	0	11	5	25	14	06	10,0	-14	34	48	62,6765
25 J	21	01	0	56	5	51	14	53	33,4	-19	25	20	62,2370
26 V	22	08	1	45	6	23	15	44	19,5	-23	30	11	61,7496
27 S	23	13	2	37	7	04	16	38	42,3	-26	32	03	61,2230
28 D	**	**	3	33	7	54	17	36	16,1	-28	14	05	60,6634
29 L	0	12	4	31	8	54	18	35	50,4	-28	23	16	60,0761
30 M	1	02	5	29	10	03	19	35	45,7	-26	53	46	59,4691

Cuarto menguante	$02^d03^h15^m$
Luna nueva	$08^d18^h21^m$
Cuarto creciente	$15^d19^h13^m$
Luna llena	$23^d23^h49^m$

Perigeo	7^d18^h
Apogeo	20^d02^h

LUNA Mayo 2024

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	1	43	6	26	11	16	20	34	27,9	-23	48	37	58,8583
2 J	2	17	7	20	12	32	21	30	59,8	-19	18	46	58,2689
3 V	2	46	8	11	13	47	22	25	13,4	-13	40	30	57,7367
4 S	3	12	9	01	15	02	23	17	41,4	-07	13	14	57,3061
5 D	3	36	9	50	16	18	00	09	22,0	-00	18	27	57,0251
6 L	4	01	10	41	17	34	01	01	24,8	+06	40	35	56,9367
7 M	4	28	11	33	18	52	01	54	57,9	+13	18	50	57,0697
8 M	5	00	12	29	20	11	02	50	54,0	+19	10	18	57,4311
9 J	5	38	13	27	21	26	03	49	32,1	+23	50	09	58,0024
10 V	6	24	14	27	22	34	04	50	19,5	+26	58	18	58,7413
11 S	7	18	15	26	23	32	05	51	48,8	+28	23	28	59,5871
12 D	8	20	16	23	**	**	06	52	03,0	+28	05	53	60,4706
13 L	9	25	17	15	0	18	07	49	19,4	+26	16	09	61,3227
14 M	10	31	18	03	0	54	08	42	42,9	+23	10	54	62,0815
15 M	11	35	18	47	1	24	09	32	10,6	+19	08	01	62,6983
16 J	12	37	19	29	1	48	10	18	16,5	+14	23	28	63,1395
17 V	13	37	20	08	2	09	11	01	54,2	+09	10	26	63,3884
18 S	14	37	20	47	2	28	11	44	04,9	+03	39	42	63,4430
19 D	15	37	21	26	2	47	12	25	51,6	-01	59	13	63,3166
20 L	16	38	22	07	3	07	13	08	17,3	-07	36	53	63,0326
21 M	17	42	22	51	3	28	13	52	24,2	-13	02	39	62,6233
22 M	18	49	23	39	3	53	14	39	10,7	-18	03	41	62,1253
23 J	19	57	**	**	4	23	15	29	24,6	-22	24	17	61,5755
24 V	21	03	0	31	5	01	16	23	29,8	-25	46	20	61,0082
25 S	22	05	1	27	5	49	17	21	08,6	-27	51	09	60,4504
26 D	22	59	2	25	6	47	18	21	12,0	-28	23	20	59,9222
27 L	23	43	3	24	7	54	19	21	51,0	-27	15	10	59,4353
28 M	**	**	4	22	9	07	20	21	15,0	-24	29	08	58,9958
29 M	0	19	5	16	10	22	21	18	10,9	-20	16	57	58,6069
30 J	0	49	6	07	11	36	22	12	20,1	-14	56	02	58,2724
31 V	1	15	6	57	12	49	23	04	11,4	-08	46	06	58,0013

Cuarto menguante	$01^d11^h27^m$
Luna nueva	$08^d03^h22^m$
Cuarto creciente	$15^d11^h48^m$
Luna llena	$23^d13^h53^m$
Cuarto menguante	$30^d17^h13^m$

Perigeo	5^d22^h
Apogeo	17^d19^h

LUNA Junio 2024

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	1	39	7	45	14	02	23	54	42,9	-02	07	19	57,8082
2 D	2	03	8	33	15	16	00	45	06,5	+04	39	56	57,7140
3 L	2	28	9	23	16	31	01	36	36,6	+11	14	25	57,7414
4 M	2	57	10	15	17	48	02	30	18,5	+17	13	40	57,9107
5 M	3	31	11	12	19	03	03	26	53,4	+22	14	23	58,2330
6 J	4	13	12	10	20	15	04	26	18,3	+25	54	40	58,7059
7 V	5	04	13	10	21	18	05	27	31,9	+27	58	02	59,3096
8 S	6	03	14	09	22	09	06	28	43,1	+28	17	52	60,0083
9 D	7	08	15	04	22	50	07	27	49,8	+26	59	13	60,7535
10 L	8	15	15	55	23	23	08	23	24,3	+24	16	25	61,4897
11 M	9	21	16	41	23	49	09	14	54,6	+20	28	03	62,1610
12 M	10	25	17	24	**	**	10	02	37,8	+15	52	17	62,7166
13 J	11	26	18	04	0	12	10	47	20,9	+10	44	36	63,1147
14 V	12	26	18	43	0	32	11	30	04,2	+05	17	21	63,3274
15 S	13	25	19	22	0	51	12	11	52,7	-00	19	22	63,3405
16 D	14	26	20	02	1	10	12	53	52,3	-05	56	32	63,1564
17 L	15	28	20	45	1	30	13	37	09,4	-11	24	41	62,7914
18 M	16	33	21	31	1	54	14	22	48,4	-16	32	41	62,2759
19 M	17	41	22	21	2	22	15	11	47,8	-21	06	29	61,6511
20 J	18	49	23	16	2	56	16	04	48,1	-24	48	43	60,9655
21 V	19	54	**	**	3	41	17	01	53,2	-27	19	43	60,2703
22 S	20	52	0	15	4	36	18	02	11,9	-28	20	52	59,6143
23 D	21	40	1	15	5	41	19	03	58,5	-27	39	53	59,0377
24 L	22	20	2	14	6	55	20	05	04,9	-25	15	20	58,5701
25 M	22	52	3	11	8	11	21	03	49,7	-21	17	31	58,2260
26 M	23	19	4	04	9	26	21	59	29,5	-16	05	01	58,0071
27 J	23	44	4	54	10	40	22	52	17,9	-10	00	01	57,9049
28 V	**	**	5	43	11	53	23	43	06,7	-03	24	50	57,9058
29 S	0	07	6	30	13	06	00	33	06,6	+03	19	20	57,9961
30 D	0	31	7	19	14	19	01	23	33,4	+09	52	14	58,1657

Luna nueva	$06^d12^h38^m$
Cuarto creciente	$14^d05^h18^m$
Luna llena	$22^d01^h08^m$
Cuarto menguante	$28^d21^h53^m$

Perigeo	2^d07^h
Apogeo	14^d14^h
Perigeo	27^d12^h

LUNA Julio 2024

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	0	58	8	09	15	33	02	15	37,7	+15	53	49	58,4096
2 M	1	29	9	03	16	48	03	10	12,7	+21	03	42	58,7274
3 M	2	07	9	59	18	00	04	07	37,5	+25	01	55	59,1205
4 J	2	54	10	58	19	05	05	07	20,3	+27	31	27	59,5875
5 V	3	50	11	57	20	00	06	07	55,3	+28	22	02	60,1214
6 S	4	53	12	53	20	45	07	07	26,7	+27	33	30	60,7058
7 D	5	59	13	46	21	21	08	04	11,1	+25	15	44	61,3143
8 L	7	06	14	34	21	50	08	57	11,4	+21	45	14	61,9124
9 M	8	11	15	18	22	14	09	46	21,8	+17	20	31	62,4598
10 M	9	14	16	00	22	35	10	32	14,3	+12	18	42	62,9141
11 J	10	14	16	39	22	54	11	15	41,5	+06	54	03	63,2359
12 V	11	14	17	18	23	13	11	57	44,7	+01	18	09	63,3926
13 S	12	13	17	57	23	33	12	39	28,0	-04	19	19	63,3616
14 D	13	14	18	38	23	54	13	21	56,8	-09	49	16	63,1332
15 L	14	18	19	22	**	**	14	06	16,8	-15	01	49	62,7124
16 M	15	24	20	10	0	20	14	53	31,2	-19	45	05	62,1204
17 M	16	31	21	03	0	51	15	44	33,0	-23	43	59	61,3931
18 J	17	38	22	00	1	30	16	39	49,5	-26	40	15	60,5808
19 V	18	39	23	00	2	21	17	39	01,0	-28	14	15	59,7435
20 S	19	32	**	**	3	23	18	40	48,6	-28	09	20	58,9465
21 D	20	16	0	01	4	34	19	43	08,4	-26	17	36	58,2520
22 L	20	51	1	00	5	52	20	43	57,2	-22	43	34	57,7125
23 M	21	21	1	56	7	10	21	41	58,2	-17	43	18	57,3628
24 M	21	47	2	49	8	27	22	36	56,9	-11	39	59	57,2160
25 J	22	11	3	39	9	42	23	29	28,5	-04	59	09	57,2632
26 V	22	35	4	27	10	56	00	20	35,9	+01	54	28	57,4787
27 S	23	01	5	16	12	10	01	11	32,5	+08	37	59	57,8261
28 D	23	31	6	06	13	24	02	03	28,8	+14	50	24	58,2670
29 L	**	**	6	59	14	38	02	57	21,9	+20	12	01	58,7668
30 M	0	06	7	54	15	50	03	53	40,2	+24	24	33	59,2986
31 M	0	49	8	51	16	57	04	52	09,4	+27	12	24	59,8446

Luna nueva	$05^d22^h57^m$
Cuarto creciente	$13^d22^h49^m$
Luna llena	$21^d10^h17^m$
Cuarto menguante	$28^d02^h52^m$

Apogeo	12^d08^h
Perigeo	24^d06^h

LUNA Agosto 2024

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	41	9	49	17	55	05	51	45,8	+28	25	15	60,3939
2 V	2	41	10	45	18	42	06	50	50,8	+28	00	52	60,9395
3 S	3	46	11	39	19	21	07	47	45,0	+26	06	01	61,4745
4 D	4	53	12	28	19	51	08	41	22,2	+22	54	25	61,9891
5 L	5	59	13	14	20	17	09	31	22,2	+18	43	09	62,4680
6 M	7	02	13	56	20	38	10	18	03,4	+13	49	18	62,8907
7 M	8	04	14	36	20	58	11	02	08,6	+08	28	08	63,2305
8 J	9	03	15	15	21	17	11	44	31,8	+02	52	30	63,4594
9 V	10	03	15	54	21	36	12	26	12,1	-02	46	42	63,5490
10 S	11	03	16	34	21	57	13	08	10,1	-08	19	43	63,4749
11 D	12	05	17	16	22	20	13	51	27,4	-13	36	57	63,2202
12 L	13	09	18	01	22	48	14	37	04,9	-18	27	40	62,7792
13 M	14	14	18	51	23	23	15	25	57,8	-22	39	02	62,1600
14 M	15	20	19	45	**	**	16	18	45,2	-25	55	25	61,3867
15 J	16	23	20	43	0	07	17	15	33,2	-27	58	59	60,5006
16 V	17	20	21	43	1	02	18	15	37,6	-28	32	14	59,5589
17 S	18	07	22	43	2	10	19	17	23,7	-27	22	37	58,6310
18 D	18	47	23	41	3	25	20	18	53,7	-24	27	22	57,7937
19 L	19	19	**	**	4	44	21	18	31,4	-19	55	27	57,1198
20 M	19	47	0	36	6	04	22	15	33,3	-14	06	00	56,6693
21 M	20	13	1	29	7	22	23	10	09,9	-07	24	16	56,4777
22 J	20	38	2	19	8	39	00	03	09,3	-00	17	51	56,5518
23 V	21	04	3	10	9	55	00	55	37,2	+06	46	07	56,8682
24 S	21	32	4	01	11	12	01	48	41,9	+13	22	19	57,3814
25 D	22	06	4	54	12	28	02	43	19,8	+19	08	02	58,0322
26 L	22	47	5	49	13	42	03	40	01,6	+23	43	32	58,7605
27 M	23	36	6	46	14	51	04	38	37,8	+26	53	05	59,5125
28 M	**	**	7	44	15	51	05	38	13,1	+28	26	54	60,2461
29 J	0	34	8	41	16	42	06	37	17,9	+28	23	00	60,9327
30 V	1	38	9	35	17	22	07	34	19,5	+26	47	36	61,5554
31 S	2	44	10	25	17	54	08	28	13,2	+23	53	21	62,1063

Luna nueva	$04^d11^h13^m$
Cuarto creciente	$12^d15^h19^m$
Luna llena	$19^d18^h26^m$
Cuarto menguante	$26^d09^h26^m$

Apogeo	9^d02^h
Perigeo	21^d05^h

LUNA Setiembre 2024

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	49	11	11	18	21	09	18	36,0	+19	56	11	62,5829
2 L	4	53	11	54	18	43	10	05	42,0	+15	12	24	62,9828
3 M	5	55	12	35	19	04	10	50	09,0	+09	57	01	63,3028
4 M	6	55	13	14	19	22	11	32	46,7	+04	23	15	63,5347
5 J	7	54	13	53	19	41	12	14	29,9	-01	17	19	63,6663
6 V	8	54	14	32	20	01	12	56	14,7	-06	54	12	63,6818
7 S	9	55	15	13	20	23	13	38	57,3	-12	17	10	63,5636
8 D	10	58	15	57	20	49	14	23	33,1	-17	15	35	63,2955
9 L	12	02	16	44	21	20	15	10	53,0	-21	37	28	62,8660
10 M	13	07	17	35	21	59	16	01	36,0	-25	09	03	62,2729
11 M	14	10	18	30	22	48	16	55	57,0	-27	34	52	61,5265
12 J	15	08	19	27	23	48	17	53	32,8	-28	39	12	60,6521
13 V	15	58	20	26	**	**	18	53	17,0	-28	09	06	59,6935
14 S	16	40	21	24	0	59	19	53	34,7	-25	58	02	58,7108
15 D	17	15	22	20	2	15	20	52	55,5	-22	08	34	57,7785
16 L	17	45	23	13	3	34	21	50	24,5	-16	52	39	56,9777
17 M	18	11	**	**	4	53	22	45	54,7	-10	29	55	56,3864
18 M	18	37	0	05	6	12	23	39	59,2	-03	25	17	56,0653
19 J	19	03	0	57	7	30	00	33	35,3	+03	53	15	56,0461
20 V	19	31	1	49	8	50	01	27	48,5	+10	56	42	56,3259
21 S	20	04	2	43	10	09	02	23	36,5	+17	17	05	56,8679
22 D	20	43	3	39	11	27	03	21	32,9	+22	29	18	57,6091
23 L	21	31	4	38	12	40	04	21	29,6	+26	13	27	58,4751
24 M	22	27	5	37	13	45	05	22	28,6	+28	17	13	59,3903
25 M	23	30	6	36	14	40	06	22	54,3	+28	37	56	60,2893
26 J	**	**	7	31	15	23	07	21	06,7	+27	22	23	61,1212
27 V	0	35	8	22	15	58	08	15	56,8	+24	44	17	61,8528
28 S	1	41	9	10	16	26	09	07	01,0	+21	00	17	62,4650
29 D	2	46	9	53	16	49	09	54	35,4	+16	26	58	62,9516
30 L	3	48	10	34	17	10	10	39	20,3	+11	19	08	63,3152

Luna nueva	$03^d01^h56^m$
Cuarto creciente	$11^d06^h06^m$
Luna llena	$18^d02^h34^m$
Cuarto menguante	$24^d18^h50^m$

Apogeo	5^d15^h
Perigeo	18^d13^h

LUNA Octubre 2024

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	4	48	11	14	17	29	11	22	07,6	+05	49	42	63,5624
2 M	5	47	11	52	17	48	12	03	52,6	+00	10	02	63,7003
3 J	6	47	12	31	18	07	12	45	31,2	-05	29	16	63,7341
4 V	7	47	13	12	18	28	13	27	57,7	-10	57	42	63,6651
5 S	8	50	13	55	18	52	14	12	04,6	-16	04	12	63,4899
6 D	9	53	14	40	19	22	14	58	38,6	-20	36	38	63,2017
7 L	10	58	15	30	19	58	15	48	15,0	-24	21	29	62,7926
8 M	12	01	16	23	20	42	16	41	07,5	-27	04	18	62,2569
9 M	12	59	17	18	21	37	17	36	56,8	-28	30	52	61,5953
10 J	13	51	18	15	22	41	18	34	47,3	-28	29	32	60,8182
11 V	14	35	19	11	23	53	19	33	18,1	-26	53	52	59,9499
12 S	15	11	20	06	**	**	20	31	09,2	-23	44	30	59,0319
13 D	15	42	20	58	1	08	21	27	29,1	-19	09	15	58,1211
14 L	16	09	21	50	2	25	22	22	07,4	-13	22	01	57,2892
15 M	16	35	22	41	3	42	23	15	31,4	-06	41	39	56,6130
16 M	17	00	23	32	5	00	00	08	34,7	+00	28	50	56,1655
17 J	17	28	**	**	6	19	01	02	24,1	+07	42	48	56,0006
18 V	17	59	0	26	7	39	01	58	04,5	+14	31	02	56,1430
19 S	18	36	1	22	9	00	02	56	22,4	+20	23	44	56,5809
20 D	19	21	2	22	10	19	03	57	22,7	+24	53	58	57,2690
21 L	20	16	3	24	11	31	05	00	12,0	+27	42	04	58,1371
22 M	21	18	4	25	12	32	06	03	02,4	+28	39	51	59,1034
23 M	22	25	5	23	13	21	07	03	48,9	+27	51	58	60,0878
24 J	23	32	6	17	13	59	08	00	57,0	+25	33	02	61,0201
25 V	**	**	7	07	14	29	08	53	49,1	+22	02	10	61,8465
26 S	0	37	7	52	14	54	09	42	38,2	+17	38	12	62,5309
27 D	1	40	8	34	15	16	10	28	08,8	+12	37	24	63,0548
28 L	2	41	9	13	15	35	11	11	19,1	+07	13	03	63,4144
29 M	3	40	9	52	15	54	11	53	10,4	+01	36	16	63,6168
30 M	4	40	10	31	16	13	12	34	43,2	-04	02	57	63,6771
31 J	5	40	11	11	16	34	13	16	55,8	-09	34	38	63,6131

Luna nueva	$02^d18^h49^m$
Cuarto creciente	$10^d18^h55^m$
Luna llena	$17^d11^h26^m$
Cuarto menguante	$24^d08^h03^m$

Apogeo	2^d20^h
Perigeo	17^d01^h
Apogeo	29^d23^h

LUNA Noviembre 2024

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	6	42	11	53	16	57	14	00	42,9	-14	47	58	63,4430
2 S	7	45	12	38	17	25	14	46	53,2	-19	30	41	63,1817
3 D	8	50	13	27	17	59	15	36	03,0	-23	28	55	62,8400
4 L	9	54	14	19	18	41	16	28	26,0	-26	27	40	62,4227
5 M	10	54	15	13	19	32	17	23	42,4	-28	12	25	61,9316
6 M	11	47	16	09	20	33	18	20	54,4	-28	31	38	61,3668
7 J	12	33	17	04	21	41	19	18	39,0	-27	19	23	60,7307
8 V	13	11	17	58	22	53	20	15	33,9	-24	36	53	60,0325
9 S	13	42	18	50	**	**	21	10	45,8	-20	31	50	59,2913
10 D	14	10	19	39	0	06	22	04	02,7	-15	16	43	58,5398
11 L	14	35	20	28	1	20	22	55	51,0	-09	07	09	57,8249
12 M	14	59	21	18	2	34	23	47	04,6	-02	21	12	57,2040
13 M	15	25	22	09	3	50	00	38	52,7	+04	40	11	56,7403
14 J	15	53	23	03	5	08	01	32	29,3	+11	32	37	56,4917
15 V	16	27	**	**	6	29	02	28	58,9	+17	48	21	56,4995
16 S	17	09	0	01	7	49	03	28	55,4	+22	58	03	56,7783
17 D	18	00	1	03	9	06	04	31	55,2	+26	35	03	57,3124
18 L	19	00	2	06	10	15	05	36	23,1	+28	21	40	58,0559
19 M	20	07	3	08	11	11	06	39	55,0	+28	14	20	58,9418
20 M	21	17	4	06	11	55	07	40	15,0	+26	23	58	59,8927
21 J	22	25	4	59	12	29	08	36	05,8	+23	10	36	60,8313
22 V	23	30	5	47	12	56	09	27	18,0	+18	56	19	61,6900
23 S	**	**	6	31	13	19	10	14	29,8	+14	00	45	62,4155
24 D	0	32	7	11	13	40	10	58	42,3	+08	39	27	62,9720
25 L	1	32	7	50	13	59	11	41	03,0	+03	04	33	63,3410
26 M	2	31	8	29	14	18	12	22	39,3	-02	34	03	63,5204
27 M	3	31	9	09	14	38	13	04	35,7	-08	07	11	63,5216
28 J	4	32	9	50	15	00	13	47	53,5	-13	25	07	63,3663
29 V	5	35	10	34	15	27	14	33	28,5	-18	16	30	63,0832
30 S	6	40	11	22	15	59	15	22	05,3	-22	27	52	62,7033

Luna nueva	$01^d12^h47^m$
Cuarto creciente	$09^d05^h55^m$
Luna llena	$15^d21^h29^m$
Cuarto menguante	$23^d01^h28^m$

Perigeo	14^d11^h
Apogeo	26^d12^h

LUNA Diciembre 2024

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	7	45	12	13	16	39	16	14	07,3	-25	43	43	62,2569
2 L	8	47	13	08	17	28	17	09	22,3	-27	48	07	61,7695
3 M	9	43	14	04	18	27	18	06	54,6	-28	27	33	61,2610
4 M	10	32	15	00	19	33	19	05	13,5	-27	34	28	60,7436
5 J	11	12	15	55	20	44	20	02	42,5	-25	09	31	60,2234
6 V	11	45	16	46	21	56	20	58	12,1	-21	21	12	59,7043
7 S	12	13	17	36	23	09	21	51	19,1	-16	23	22	59,1902
8 D	12	38	18	23	**	**	22	42	23,5	-10	32	25	58,6901
9 L	13	01	19	11	0	20	23	32	16,4	-04	05	43	58,2218
10 M	13	25	19	59	1	33	00	22	06,9	+02	38	31	57,8120
11 M	13	51	20	50	2	47	01	13	12,1	+09	20	29	57,4968
12 J	14	22	21	45	4	03	02	06	46,7	+15	37	41	57,3157
13 V	14	59	22	44	5	22	03	03	47,9	+21	04	46	57,3051
14 S	15	44	23	46	6	40	04	04	31,0	+25	15	16	57,4907
15 D	16	40	**	**	7	53	05	08	03,9	+27	46	16	57,8781
16 L	17	46	0	49	8	55	06	12	23,8	+28	24	57	58,4514
17 M	18	56	1	50	9	45	07	14	56,7	+27	13	17	59,1719
18 M	20	06	2	46	10	24	08	13	41,1	+24	26	36	59,9839
19 J	21	14	3	37	10	55	09	07	44,6	+20	27	17	60,8227
20 V	22	18	4	24	11	21	09	57	19,6	+15	38	01	61,6215
21 S	23	20	5	06	11	42	10	43	16,7	+10	17	54	62,3202
22 D	**	**	5	47	12	02	11	26	42,6	+04	41	48	62,8698
23 L	0	20	6	26	12	21	12	08	47,2	-00	58	56	63,2361
24 M	1	20	7	05	12	41	12	50	39,1	-06	34	53	63,4013
25 M	2	20	7	45	13	02	13	33	24,0	-11	57	06	63,3640
26 J	3	22	8	28	13	27	14	18	04,4	-16	55	45	63,1383
27 V	4	26	9	14	13	57	15	05	34,8	-21	18	54	62,7516
28 S	5	31	10	04	14	34	15	56	33,6	-24	52	08	62,2414
29 D	6	35	10	58	15	20	16	51	08,3	-27	19	10	61,6525
30 L	7	35	11	55	16	16	17	48	41,3	-28	24	14	61,0305
31 M	8	27	12	53	17	22	18	47	48,9	-27	56	03	60,4185

Luna nueva	$01^d06^h21^m$
Cuarto creciente	$08^d15^h27^m$
Luna llena	$15^d09^h02^m$
Cuarto menguante	$22^d22^h18^m$
Luna nueva	$30^d22^h27^m$

Perigeo	12^d13^h
Apogeo	24^d07^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 **.

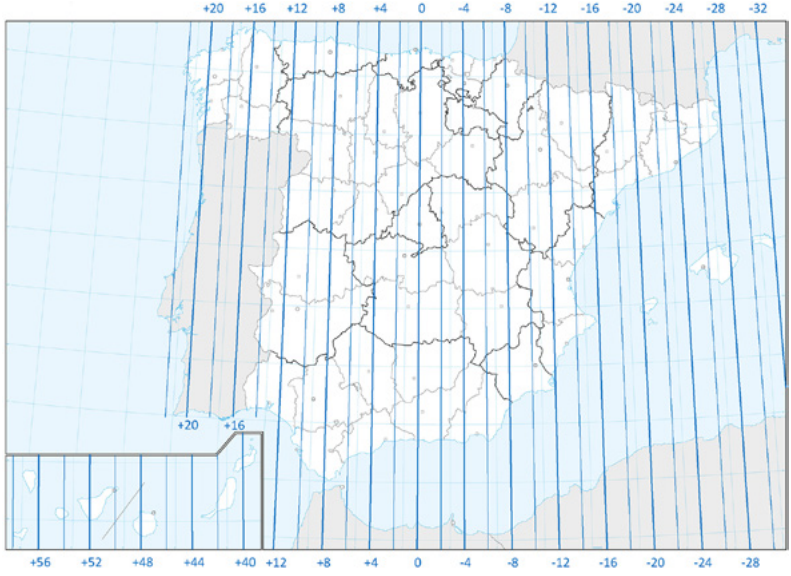
Para conocer el instante de salida o de puesta de la Luna en otro lugar de España es necesario aplicar dos correcciones, una debida a la diferente latitud y otra debida a la diferente longitud. Puede ocurrir que, hechas tales correcciones, el fenómeno tenga lugar el día anterior o el posterior.

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	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

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	+9m	43º5	Palencia	+3m	42°
Palma de Mallorca	−25m	39º5	Palmas de G. C., Las	+47m	28°
Pamplona/Iruña	−8m	43°	Pontevedra	+20m	42º5
Salamanca	+8m	41°	Santa Cruz de Tenerife	+50m	28º5
Santander	0m	43º5	Segovia	+2m	41°
Sevilla	+9m	37º5	Soria	−5m	42°
Tarragona	−20m	41°	Teruel	−10m	40º5
Toledo	+1m	40°	València	−13m	39º5
Valladolid	+4m	41º5	Vitoria-Gasteiz	−4m	43°
Zamora	+8m	41º5	Zaragoza	−11m	41º5



La corrección en longitud siempre tiene el mismo signo, se trate de orto o de ocaso: en los lugares situados al Este de Madrid la Luna sale y se pone antes que en Madrid; al Oeste de Madrid, orto y ocaso tienen lugar más tarde. Esta corrección viene dada en primera aproximación

por la diferencia de longitudes, expresada en minutos de tiempo. Para las capitales de provincia, se encuentra en la primera de las tablas anteriores.

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 Palencia (latitud 42°,0) el día 28 de febrero, en que su declinación media es de -9° y el horario oficial es el de invierno:

orto = $22^h03^m + (+3)^m + (+2^m) = 22^h08^m$ TU = 23^h08^m TO

ocaso = $8^h31^m + (+3)^m - (+2^m) = 8^h32^m$ TU = 9^h32^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 2024

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	04 03 30
Ene	11 11 57	Ene	18 03 53	Ene	25 17 54	Feb	02 23 18
Feb	09 22 59	Feb	16 15 01	Feb	24 12 30	Mar	03 15 24
Mar	10 09 00	Mar	17 04 11	Mar	25 07 00	Abr	02 03 15
Abr	08 18 21	Abr	15 19 13	Abr	23 23 49	May	01 11 27
May	08 03 22	May	15 11 48	May	23 13 53	May	30 17 13
Jun	06 12 38	Jun	14 05 18	Jun	22 01 08	Jun	28 21 53
Jul	05 22 57	Jul	13 22 49	Jul	21 10 17	Jul	28 02 52
Ago	04 11 13	Ago	12 15 19	Ago	19 18 26	Ago	26 09 26
Set	03 01 56	Set	11 06 06	Set	18 02 34	Set	24 18 50
Oct	02 18 49	Oct	10 18 55	Oct	17 11 26	Oct	24 08 03
Nov	01 12 47	Nov	09 05 55	Nov	15 21 29	Nov	23 01 28
Dic	01 06 21	Dic	08 15 27	Dic	15 09 02	Dic	22 22 18
Dic	30 22 27						

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	13	10	362283
Feb	10	19	358096
Mar	10	7	356895
Abr	7	18	358841
May	5	22	363145
Jun	2	7	368072
Jun	27	12	369252
Jul	24	6	364896
Ago	21	5	360184
Set	18	13	357283
Oct	17	1	357179
Nov	14	11	360122
Dic	12	13	365383

Luna en el apogeo

fecha y hora			distancia
mes	*día*	*h*	km
Ene	1	15	404873
Ene	29	8	405751
Feb	25	15	406303
Mar	23	16	406306
Abr	20	2	405650
May	17	19	404675
Jun	14	14	404116
Jul	12	8	404400
Ago	9	2	405328
Set	5	15	406229
Oct	2	20	406515
Oct	29	23	406142
Nov	26	12	405281
Dic	24	7	404445

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

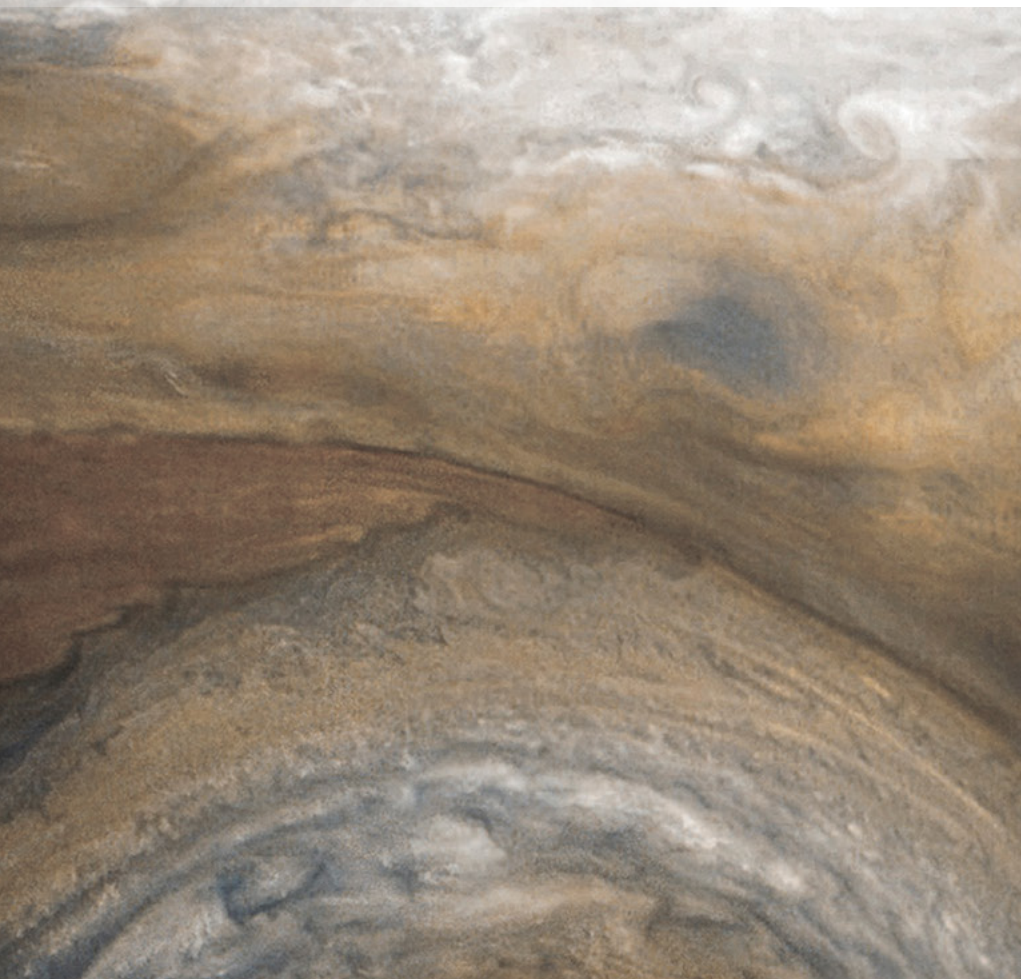




Imagen de una tormenta dinámica en el borde sur de la región polar norte de Júpiter tomada desde la nave espacial Juno de la NASA. Imagen mejorada de Gerald Eichstadt y Sean Doran basada en imágenes de NASA/JPL-Caltech/SwRI/MSSS.

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: 285
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: ω = ϖ − Ω.

Distancias orbitales (J2000.0)

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

Traslación (J2000.0)

Planeta	periodo orbital P (años)	movimiento medio diario n	velocidad orbital media V (km/s)	periodo sinódico medio (días)
Mercurio	0,240844	4º,092377	47,873	115,878
Venus	0,615183	1º,602169	35,021	583,921
Tierra	0,999979	0º,985647	29,786	
Marte	1,880711	0º,524071	24,131	779,936
Júpiter	11,856525	0º,083129	13,070	398,884
Saturno	29,423519	0º,033498	9,672	378,092
Urano	83,747407	0º,011769	6,835	369,656
Neptuno	163,723204	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
Planeta	máxima	mínima	mínimo	máximo	desde el planeta
Mercurio	221,9	77,3	4″,5	13″,0	4958″
Venus	261,0	38,2	9″,7	66″,0	2653″
Tierra					1919″
Marte	401,3	55,7	3″,5	25″,1	1260″
Júpiter	968,1	588,5	29″,8	49″,0	369″
Saturno	1658,5	1195,5	14″,5	20″,1	201″
Urano	3157,3	2581,9	3″,3	4″,1	100″
Neptuno	4687,3	4305,9	2″,2	2″,4	64″

Rotación

Planeta	periodo sidéreo (días)	velocidad de rotación en el ecuador (km/s)	día solar medio (días)	inclinación del ecuador a la órbita
Mercurio	$58^{d}\ 15^{h}\ 30^{m},5$	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 senN	43,46−0,51 cosN	253,18+w_1−0,48 senN

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	4879,4	= 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: $f = 1 - \mathrm{D}_{polar} / \mathrm{D}_{ecuat}$.

Masa

Planeta	masa, $\mathrm{M_P}$ ($\mathcal{M}_\oplus$)	densidad media (g cm^{-3})	gravedad superf. ecu. (m s^{-2})	constante gravit.,$\mathrm{GM_P}$ (10^{15}m^{3}s^{-2})
Mercurio	0,0553	5,43	3,70	0,022032
Venus	0,8150	5,24	8,87	0,324858
Tierra	1,0000	5,52	9,80	0,398600
Marte	0,1074	3,93	3,71	0,042828
Júpiter	317,89	1,33	24,79	126,713
Saturno	95,18	0,69	10,45	37,941
Urano	14,54	1,27	8,87	5,794550
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	5,02	4,32 10^{-4}
Júpiter	0,254	14,736	59,5	560,00 10^{-4}
Saturno	0,210	16,298	35,5	409,54 10^{-4}
Urano	0,225	3343,43	21,3	66,35 10^{-4}
Neptuno		3411	23,5	73,62 10^{-4}

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

Atmósfera

Planeta	temperatura superficial (º C)	nubes (º C)	equil. (º K)	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	14 º	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	< 1 º	600	20
Urano	0,23	–58º,6	50	20
Neptuno	0,14	–47 º	25	25

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

Descubrimiento de planetas

Urano:	13 de marzo de 1781, por Friedrich Wilhelm [(Sir) William] Herschel (1738–1822). Primer planeta descubierto en tiempos históricos y el primero descubierto con un telescopio (de 6,2 pulgadas de apertura y 227 aumentos).
Neptuno:	23 de setiembre de 1846, por Johann Gottlieb Galle (1812–1910), acompañado por su asistente Heinrich L. d'Arrest, con un refractor de 9 pulgadas de apertura. Descubrimiento basado en una predicción analítica (18 de setiembre) de Urbain Jean Joseph Le Verrier (1811–1877). Una predicción anterior (setiembre de 1845) de John Couch Adams (1819–1892) pasó desapercibida. El día 10 de octubre William Lassell descubrió el satélite Tritón con un telescopio de 24 pulgadas de apertura.

Fórmulas

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

Anomalía media: $\mathrm{M} = \mathrm{L} - \varpi$

Anomalía verdadera: $v \simeq \mathrm{M} + 2\, e \operatorname{sen} M + 1{,}25\, e^2 \operatorname{sen}(2M)$

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.

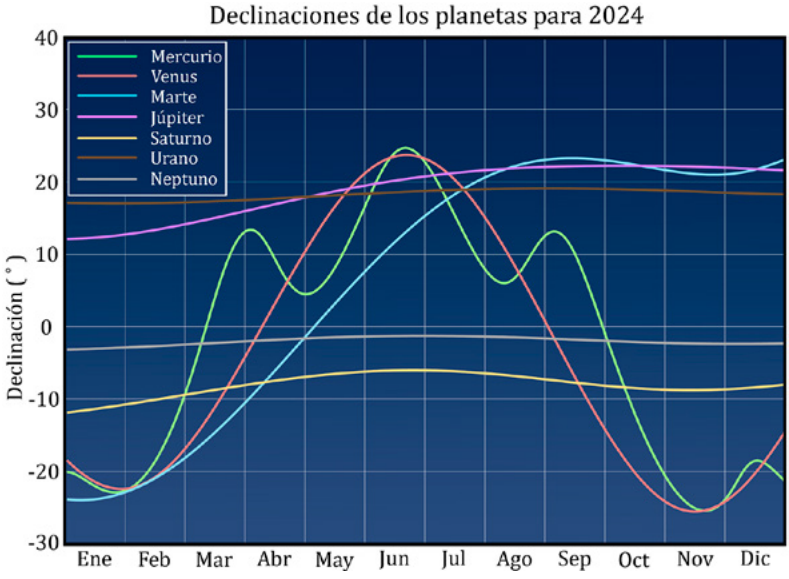
En las fórmulas anteriores a es el semieje mayor (en ua), e es la excentricidad y P el periodo orbital (en años). Unos valores aproximados pueden encontrarse en las tablas de **Elementos orbitales**, aunque se refieran a la época J2000. Valores adecuados para la longitud media **L** y la longitud del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

Planeta	Longitud media L	Longitud del perihelio ϖ
Mercurio	119°,55 + 4°,09234 *d*	77°,495
Venus	183°,85 + 1°,60213 *d*	131°,565
Tierra + Luna	98°,84 + 0°,98561 *d*	103°,016
Marte	268°,32 + 0°,52403 *d*	336°,169
Júpiter	42°,60 + 0°,08309 *d*	14°,384
Saturno	343°,33 + 0°,03346 *d*	93°,196
Urano	56°,87 + 0°,01173 *d*	173°,027
Neptuno	356°,78 + 0°,00598 *d*	48°,131

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 para cada diez días.

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

$$D_{pol} = (1 - f)\mathrm{D}_{ecu}$$

Brillo

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

BS es el brillo superficial medio de la superficie que se ve iluminada, en unidades de magnitud visual por segundo de arco al cuadrado. Se da 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.

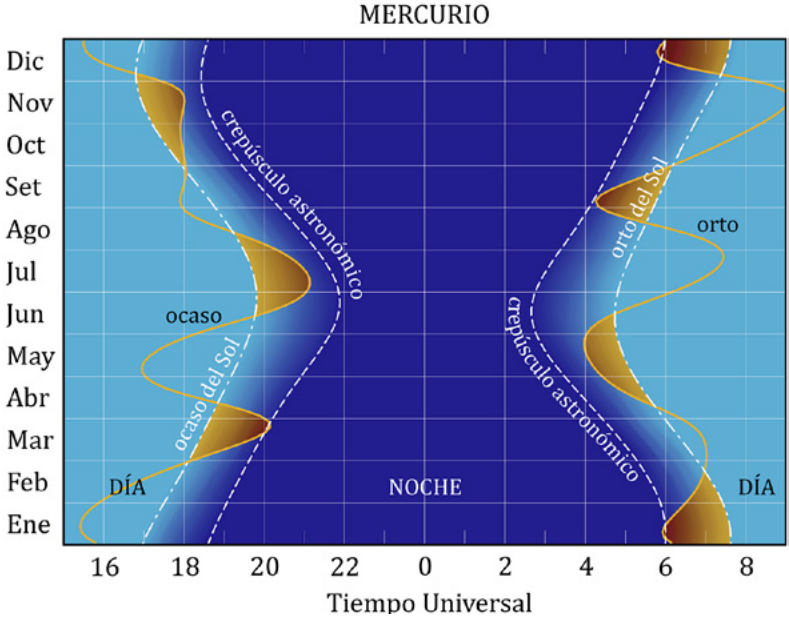
La salida, culminación y ocaso de los planetas vienen dados en Tiempo Universal (TU) y se refieren a Madrid. Las coordenadas ecuatoriales vienen dadas para las 0^h de TU. La distancia a la Tierra viene dada en unidades astronómicas: 1 ua = 149 597 870 700 m

MERCURIO 2024

		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	6	10	10	59	15	49	17	27	8	−20	9	13	0,7777
	11	5	57	10	41	15	26	17	46	32	−21	33	21	0,9822
	21	6	12	10	52	15	32	18	35	54	−22	51	15	1,1563
	31	6	32	11	13	15	55	19	36	26	−22	32	33	1,2807
Feb.	10	6	48	11	39	16	31	20	41	33	−20	8	0	1,3589
	20	6	57	12	7	17	18	21	48	45	−15	27	32	1,3901
Mar.	1	7	1	12	37	18	13	22	57	26	−8	30	31	1,3612
	11	7	1	13	6	19	13	0	6	27	+0	17	13	1,2389
	21	6	51	13	25	20	1	1	6	21	+8	51	3	1,0037
	31	6	24	13	13	20	2	1	35	29	+13	22	18	0,7472
Abr.	10	5	40	12	21	19	2	1	24	48	+11	44	15	0,5959
	20	4	57	11	22	17	46	1	3	28	+6	51	1	0,5896
	30	4	27	10	45	17	3	1	5	14	+4	34	36	0,6853
May.	10	4	9	10	34	16	59	1	32	12	+6	14	55	0,8298
	20	4	0	10	40	17	22	2	17	33	+10	40	8	0,9965
	30	4	1	11	4	18	8	3	19	36	+16	32	39	1,1668
Jun.	9	4	20	11	47	19	14	4	40	41	+22	11	17	1,2969
	19	5	4	12	42	20	21	6	15	28	+24	53	3	1,3123
	29	6	0	13	30	20	59	7	43	33	+23	14	47	1,2108
Jul.	9	6	49	13	59	21	8	8	52	55	+18	47	19	1,0622
	19	7	19	14	9	20	57	9	42	56	+13	23	29	0,9072
	29	7	26	13	58	20	28	10	12	37	+8	35	13	0,7617
Ago.	8	6	58	13	20	19	43	10	16	26	+6	9	8	0,6461
	18	5	47	12	16	18	46	9	52	25	+7	58	25	0,6117
	28	4	34	11	18	18	4	9	32	18	+12	8	35	0,7289
Set.	7	4	18	11	7	17	55	9	57	37	+12	57	12	0,9815
	17	4	57	11	30	18	1	10	59	9	+8	24	24	1,2311
	27	5	52	11	58	18	3	12	6	57	+0	58	57	1,3724
Oct.	7	6	42	12	22	18	0	13	10	24	−6	42	55	1,4179
	17	7	27	12	42	17	57	14	10	31	−13	37	1	1,3981
	27	8	8	13	2	17	55	15	9	31	−19	16	44	1,3266
Nov.	6	8	44	13	21	17	57	16	7	41	−23	20	46	1,2038
	16	9	5	13	33	18	1	17	0	14	−25	23	0	1,0255
	26	8	48	13	18	17	49	17	27	40	−24	51	34	0,8070
Dic.	6	7	18	12	3	16	48	16	53	45	−21	11	51	0,6784
	16	5	57	10	53	15	49	16	20	11	−18	33	31	0,8119
	26	5	52	10	41	15	30	16	46	16	−20	23	47	1,0345

MERCURIO 2024

Fecha		τ *min*	D_{ecu} ″	V	BS	a.fase º	fase	def.ilu. ″	L_P º	B_P º	P_{PN} º
Ene	1	6,47	8,65	0,5	3,5	117,4	0,270	6,31	65,0	−6,9	9,1
Ene	21	9,62	5,82	−0,2	3,0	56,6	0,775	1,31	171,5	−5,7	1,0
Feb	10	11,30	4,95	−0,5	2,6	29,7	0,934	0,33	264,9	−5,1	346,4
Mar	1	11,32	4,94	−1,8	1,4	5,9	0,997	0,01	352,7	−4,7	334,7
Mar	21	8,35	6,70	−0,6	2,7	79,7	0,590	2,75	78,8	−5,2	331,5
Abr	10	4,96	11,29	5,5	5,3	169,5	0,008	11,20	196,3	−5,5	331,8
Abr	30	5,70	9,82	1,1	4,3	120,8	0,244	7,42	326,7	−1,5	331,6
May	20	8,29	6,75	0,0	3,3	80,1	0,586	2,80	70,7	1,3	334,0
Jun	9	10,79	5,19	−1,6	1,6	23,1	0,960	0,21	157,4	2,7	345,8
Jun	29	10,07	5,56	−0,8	2,5	50,2	0,820	1,00	238,1	4,4	7,0
Jul	19	7,54	7,42	0,3	3,7	90,1	0,499	3,71	331,0	7,3	19,8
Ago	8	5,37	10,41	1,8	4,6	134,8	0,147	8,88	83,3	11,0	22,9
Ago	28	6,06	9,23	1,6	4,0	136,0	0,140	7,93	218,6	9,3	18,9
Set	17	10,24	5,46	−1,3	2,0	40,1	0,883	0,64	320,0	4,6	25,4
Oct	7	11,79	4,74	−1,2	2,0	10,8	0,991	0,04	46,7	2,8	28,4
Oct	27	11,03	5,07	−0,4	2,8	36,8	0,901	0,50	137,9	1,3	22,6
Nov	16	8,53	6,56	−0,2	3,1	73,5	0,642	2,35	234,5	−0,6	12,1
Dic	6	5,64	9,92	6,2	3,9	175,6	0,001	9,90	359,6	−4,4	12,8
Dic	26	8,60	6,50	−0,3	3,0	71,6	0,658	2,22	124,3	−4,8	13,7

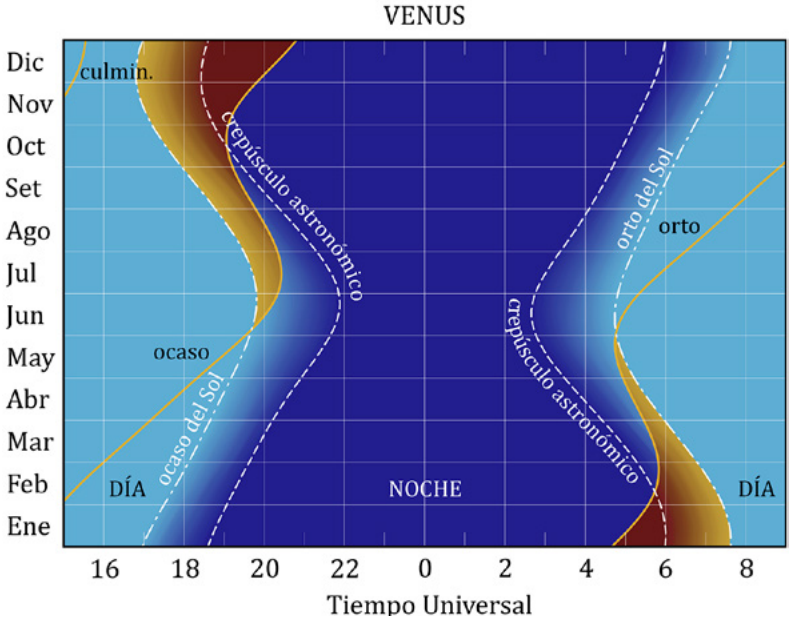


VENUS 2024

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	4	42	9	38	14	34	16	3	48	−18	46	9	1,1820
	11	5	3	9	50	14	37	16	54	51	−20	59	0	1,2434
	21	5	21	10	3	14	45	17	47	24	−22	14	18	1,3017
	31	5	36	10	17	14	59	18	40	42	−22	25	11	1,3571
Feb.	10	5	45	10	31	15	17	19	33	53	−21	29	26	1,4092
	20	5	50	10	44	15	38	20	26	3	−19	29	55	1,4581
Mar.	1	5	50	10	55	16	0	21	16	40	−16	33	52	1,5038
	11	5	45	11	4	16	24	22	5	33	−12	51	9	1,5461
	21	5	38	11	12	16	47	22	52	48	−8	33	22	1,5847
	31	5	28	11	18	17	10	23	38	51	−3	52	26	1,6196
Abr.	10	5	18	11	24	17	32	0	24	17	+0	59	54	1,6505
	20	5	7	11	31	17	55	1	9	44	+5	51	49	1,6770
	30	4	57	11	37	18	18	1	55	52	+10	31	31	1,6990
May.	10	4	50	11	45	18	42	2	43	15	+14	47	9	1,7161
	20	4	45	11	55	19	6	3	32	20	+18	26	26	1,7278
	30	4	45	12	7	19	29	4	23	14	+21	17	30	1,7342
Jun.	9	4	50	12	20	19	50	5	15	46	+23	9	47	1,7348
	19	5	1	12	34	20	7	6	9	19	+23	55	20	1,7295
	29	5	17	12	48	20	19	7	3	0	+23	30	28	1,7184
Jul.	9	5	38	13	2	20	25	7	55	53	+21	56	25	1,7014
	19	6	1	13	13	20	25	8	47	13	+19	19	11	1,6786
	29	6	25	13	23	20	21	9	36	36	+15	48	12	1,6504
Ago.	8	6	48	13	31	20	13	10	24	5	+11	34	41	1,6170
	18	7	12	13	38	20	3	11	9	59	+6	50	46	1,5786
	28	7	34	13	43	19	51	11	54	49	+1	48	33	1,5360
Set.	7	7	57	13	48	19	38	12	39	16	−3	20	15	1,4892
	17	8	20	13	53	19	26	13	24	2	−8	23	43	1,4388
	27	8	43	14	0	19	16	14	9	46	−13	9	42	1,3851
Oct.	7	9	7	14	8	19	8	14	57	3	−17	25	57	1,3285
	17	9	31	14	18	19	4	15	46	11	−20	59	42	1,2690
	27	9	53	14	29	19	5	16	37	9	−23	38	52	1,2072
Nov.	6	10	13	14	42	19	11	17	29	30	−25	13	18	1,1431
	16	10	28	14	56	19	23	18	22	20	−25	36	25	1,0769
	26	10	37	15	8	19	40	19	14	27	−24	46	56	1,0088
Dic.	6	10	39	15	19	20	0	20	4	46	−22	49	0	0,9390
	16	10	35	15	27	20	20	20	52	21	−19	51	39	0,8675
	26	10	25	15	32	20	39	21	36	39	−16	7	5	0,7949

VENUS 2024

Fecha		τ *min*	D_{ecu} ″	V	BS	a.fase º	fase	def.ilu. ″	L_P º	B_P º	P_{PN} º
Ene	1	9,83	14,12	−4,0	1,2	56,1	0,779	3,12	284,4	−0,9	11,8
Ene	21	10,83	12,82	−4,0	1,1	48,4	0,832	2,16	338,6	−0,5	2,3
Feb	10	11,72	11,84	−3,9	1,0	41,2	0,876	1,47	32,9	−0,0	352,1
Mar	1	12,51	11,10	−3,9	1,0	34,2	0,913	0,96	87,2	0,4	343,7
Mar	21	13,18	10,53	−3,9	0,9	27,4	0,944	0,59	141,6	0,5	338,6
Abr	10	13,73	10,11	−3,9	0,9	20,5	0,968	0,32	196,0	0,4	337,2
Abr	30	14,13	9,82	−3,9	0,8	13,4	0,986	0,13	250,3	0,0	339,6
May	20	14,37	9,66	−3,9	0,8	6,0	0,997	0,03	304,5	−0,5	345,7
Jun	9	14,43	9,62	−3,9	0,8	1,7	1,000	0,00	358,7	−0,9	354,7
Jun	29	14,29	9,71	−3,9	0,8	9,5	0,993	0,07	52,9	−1,2	5,0
Jul	19	13,96	9,94	−3,9	0,8	17,4	0,977	0,23	107,1	−1,2	14,2
Ago	8	13,45	10,32	−3,9	0,9	25,3	0,952	0,50	161,3	−0,8	20,3
Ago	28	12,77	10,87	−3,9	0,9	33,0	0,919	0,88	215,5	−0,1	22,8
Set	17	11,97	11,60	−3,9	1,0	40,5	0,880	1,39	269,6	0,8	21,6
Oct	7	11,05	12,56	−3,9	1,1	47,9	0,835	2,07	323,5	1,8	16,9
Oct	27	10,04	13,82	−4,0	1,2	55,3	0,784	2,98	17,4	2,5	8,9
Nov	16	8,96	15,50	−4,1	1,3	63,0	0,727	4,23	71,0	2,8	358,9
Dic	6	7,81	17,77	−4,2	1,3	71,3	0,661	6,03	124,1	2,5	349,3
Dic	26	6,61	21,00	−4,4	1,4	80,6	0,582	8,78	176,4	1,3	342,3

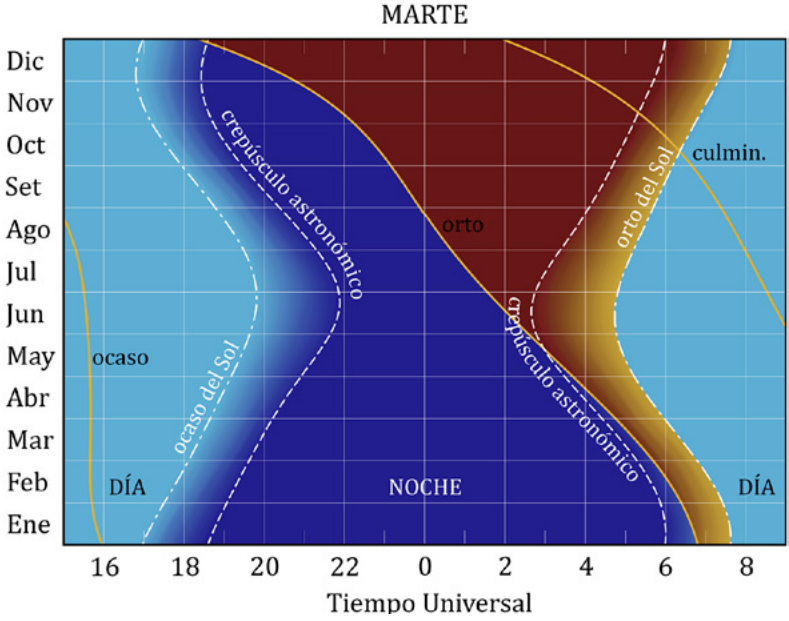


MARTE 2024

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	6	48	11	22	15	56	17	48	13	−23	57	41	2,4238
	11	6	41	11	15	15	50	18	20	50	−23	59	56	2,3922
	21	6	33	11	9	15	45	18	53	41	−23	36	29	2,3583
	31	6	22	11	2	15	42	19	26	29	−22	47	21	2,3228
Feb.	10	6	10	10	55	15	40	19	59	3	−21	33	19	2,2859
	20	5	56	10	48	15	40	20	31	12	−19	55	55	2,2481
Mar.	1	5	41	10	40	15	40	21	2	47	−17	57	19	2,2099
	11	5	24	10	32	15	40	21	33	46	−15	40	0	2,1713
	21	5	5	10	22	15	40	22	4	6	−13	7	0	2,1327
	31	4	45	10	13	15	40	22	33	49	−10	21	27	2,0943
Abr.	10	4	25	10	2	15	40	23	3	1	−7	26	28	2,0561
	20	4	4	9	52	15	40	23	31	46	−4	25	27	2,0181
	30	3	43	9	41	15	40	0	0	10	−1	21	34	1,9804
May.	10	3	21	9	30	15	39	0	28	23	+1	42	8	1,9428
	20	2	59	9	18	15	38	0	56	28	+4	42	29	1,9050
	30	2	38	9	7	15	36	1	24	33	+7	36	41	1,8669
Jun.	9	2	17	8	56	15	35	1	52	42	+10	22	2	1,8281
	19	1	57	8	44	15	33	2	20	59	+12	55	53	1,7883
	29	1	37	8	33	15	31	2	49	25	+15	16	6	1,7473
Jul.	9	1	18	8	23	15	28	3	17	58	+17	20	42	1,7045
	19	1	0	8	12	15	24	3	46	36	+19	8	0	1,6597
	29	0	43	8	1	15	19	4	15	11	+20	37	1	1,6127
Ago.	8	0	27	7	50	15	13	4	43	36	+21	47	7	1,5629
	18	0	12	7	39	15	5	5	11	37	+22	38	15	1,5102
	28	23	57	7	27	14	55	5	39	4	+23	11	8	1,4544
Set.	7	23	43	7	14	14	44	6	5	42	+23	26	58	1,3953
	17	23	29	7	0	14	30	6	31	15	+23	27	42	1,3330
	27	23	14	6	45	14	13	6	55	28	+23	15	51	1,2676
Oct.	7	22	59	6	28	13	55	7	18	4	+22	54	28	1,1991
	17	22	42	6	9	13	34	7	38	43	+22	27	18	1,1283
	27	22	23	5	48	13	11	7	57	5	+21	58	26	1,0557
Nov.	6	22	1	5	24	12	45	8	12	42	+21	32	39	0,9822
	16	21	34	4	57	12	17	8	25	2	+21	15	8	0,9095
	26	21	3	4	26	11	45	8	33	27	+21	11	0	0,8394
Dic.	6	20	26	3	50	11	11	8	37	7	+21	25	11	0,7745
	16	19	42	3	9	10	32	8	35	20	+22	0	13	0,7183
	26	18	50	2	22	9	48	8	27	44	+22	54	14	0,6749

MARTE 2024

Fecha		τ *min*	D_{ecu} ″	V	BS	a.fase º	fase	def.ilu. ″	L_P º	B_P º	P_{PN} º
Ene	1	20,16	3,86	1,4	4,0	8,4	0,995	0,02	30,8	−1,4	27,8
Ene	21	19,61	3,97	1,3	4,0	12,2	0,989	0,04	195,2	−7,9	20,1
Feb	10	19,01	4,10	1,3	4,1	15,8	0,981	0,08	359,0	−14,0	11,1
Mar	1	18,38	4,24	1,3	4,1	19,2	0,972	0,12	161,8	−19,3	1,4
Mar	21	17,74	4,39	1,2	4,1	22,5	0,962	0,17	323,7	−23,2	351,4
Abr	10	17,10	4,56	1,2	4,1	25,5	0,951	0,22	124,8	−25,4	341,9
Abr	30	16,47	4,73	1,1	4,2	28,4	0,940	0,28	285,7	−25,5	333,4
May	20	15,84	4,92	1,1	4,2	31,0	0,929	0,35	87,0	−23,8	326,9
Jun	9	15,20	5,12	1,0	4,2	33,4	0,918	0,42	249,2	−20,3	322,9
Jun	29	14,53	5,36	1,0	4,3	35,6	0,907	0,50	52,6	−15,6	321,6
Jul	19	13,80	5,64	0,9	4,3	37,5	0,896	0,58	217,1	−10,2	322,8
Ago	8	13,00	5,99	0,8	4,3	39,2	0,887	0,68	22,7	−4,5	326,2
Ago	28	12,10	6,44	0,7	4,4	40,6	0,880	0,77	189,1	1,1	331,2
Set	17	11,09	7,03	0,6	4,4	41,4	0,875	0,88	356,2	6,1	337,1
Oct	7	9,97	7,81	0,4	4,5	41,3	0,876	0,97	164,3	10,3	343,1
Oct	27	8,78	8,87	0,1	4,5	39,9	0,883	1,03	333,8	13,5	348,6
Nov	16	7,56	10,30	−0,2	4,5	36,3	0,903	1,00	145,4	15,3	352,8
Dic	6	6,44	12,10	−0,6	4,5	29,3	0,936	0,77	320,6	15,4	354,7
Dic	26	5,61	13,88	−1,1	4,3	17,4	0,977	0,32	140,7	13,7	353,3

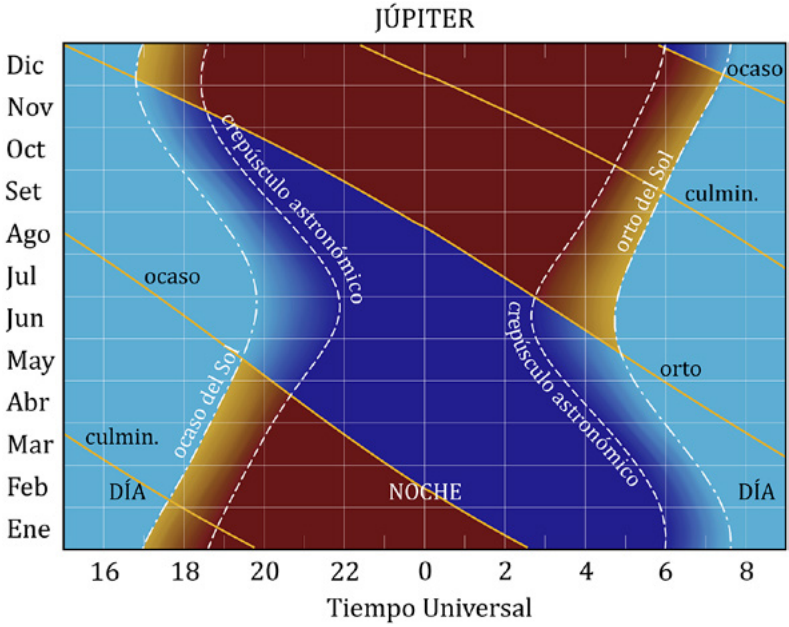


JÚPITER 2024

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	13	1	19	46	2	34	2	14	44	+12	15	50	4,4815
	11	12	22	19	7	1	56	2	15	27	+12	22	45	4,6324
	21	11	44	18	30	1	20	2	17	28	+12	36	15	4,7907
	31	11	7	17	54	0	45	2	20	43	+12	55	40	4,9515
Feb.	10	10	30	17	19	0	11	2	25	5	+13	20	13	5,1111
	20	9	55	16	45	23	36	2	30	27	+13	49	4	5,2654
Mar.	1	9	19	16	12	23	5	2	36	42	+14	21	16	5,4113
	11	8	45	15	40	22	35	2	43	43	+14	56	0	5,5461
	21	8	11	15	8	22	5	2	51	25	+15	32	26	5,6673
	31	7	38	14	37	21	37	2	59	40	+16	9	44	5,7730
Abr.	10	7	5	14	6	21	9	3	8	22	+16	47	16	5,8618
	20	6	32	13	36	20	41	3	17	27	+17	24	24	5,9322
	30	6	0	13	6	20	13	3	26	50	+18	0	31	5,9837
May.	10	5	27	12	36	19	46	3	36	24	+18	35	12	6,0157
	20	4	56	12	7	19	18	3	46	6	+19	8	2	6,0278
	30	4	24	11	37	18	51	3	55	51	+19	38	40	6,0201
Jun.	9	3	52	11	7	18	23	4	5	33	+20	6	51	5,9927
	19	3	21	10	38	17	55	4	15	7	+20	32	22	5,9463
	29	2	49	10	8	17	26	4	24	29	+20	55	8	5,8815
Jul.	9	2	18	9	37	16	57	4	33	32	+21	15	4	5,7992
	19	1	46	9	7	16	28	4	42	11	+21	32	11	5,7008
	29	1	13	8	35	15	57	4	50	19	+21	46	35	5,5877
Ago.	8	0	41	8	4	15	26	4	57	49	+21	58	23	5,4617
	18	0	7	7	31	14	54	5	4	34	+22	7	44	5,3250
	28	23	30	6	57	14	21	5	10	26	+22	14	55	5,1801
Set.	7	22	55	6	23	13	47	5	15	17	+22	20	8	5,0297
	17	22	19	5	47	13	12	5	18	58	+22	23	39	4,8773
	27	21	42	5	10	12	35	5	21	24	+22	25	41	4,7267
Oct.	7	21	3	4	32	11	57	5	22	27	+22	26	24	4,5820
	17	20	24	3	52	11	17	5	22	3	+22	25	55	4,4477
	27	19	43	3	11	10	35	5	20	14	+22	24	14	4,3285
Nov.	6	19	0	2	29	9	53	5	17	2	+22	21	17	4,2291
	16	18	17	1	45	9	9	5	12	41	+22	17	3	4,1539
	26	17	33	1	0	8	24	5	7	26	+22	11	34	4,1065
Dic.	6	16	48	0	15	7	38	5	1	41	+22	5	4	4,0894
	16	16	3	23	26	6	53	4	55	52	+21	57	59	4,1039
	26	15	19	22	41	6	7	4	50	26	+21	51	2	4,1493

JÚPITER 2024

Fecha		τ *min*	D_{ecu} ″	V	BS	a.fase º	def.ilu. ″	L_P º	B_P º	P_{PN} º
Ene	1	37,27	43,99	−2,6	5,3	10,3	0,35	174,9	3,5	339,5
Ene	21	39,84	41,15	−2,4	5,3	11,3	0,40	303,4	3,4	339,7
Feb	10	42,51	38,57	−2,3	5,3	11,1	0,36	70,5	3,3	340,2
Mar	1	45,00	36,43	−2,2	5,3	9,9	0,27	196,7	3,3	341,0
Mar	21	47,13	34,79	−2,1	5,3	8,0	0,17	322,4	3,3	342,2
Abr	10	48,75	33,63	−2,0	5,3	5,5	0,08	87,9	3,3	343,6
Abr	30	49,77	32,95	−2,0	5,3	2,7	0,02	213,4	3,3	345,2
May	20	50,13	32,71	−2,0	5,3	0,2	0,00	339,3	3,3	347,0
Jun	9	49,84	32,90	−2,0	5,3	3,1	0,02	105,5	3,3	348,8
Jun	29	48,91	33,52	−2,0	5,3	5,8	0,09	232,3	3,3	350,7
Jul	19	47,41	34,58	−2,1	5,3	8,2	0,18	359,7	3,3	352,5
Ago	8	45,42	36,10	−2,1	5,3	10,1	0,28	128,0	3,3	354,2
Ago	28	43,08	38,06	−2,2	5,3	11,2	0,36	257,2	3,3	355,5
Set	17	40,56	40,42	−2,4	5,3	11,5	0,40	27,5	3,3	356,4
Oct	7	38,11	43,03	−2,5	5,3	10,5	0,36	158,9	3,3	356,8
Oct	27	36,00	45,55	−2,7	5,3	8,2	0,23	291,4	3,3	356,6
Nov	16	34,55	47,46	−2,8	5,3	4,7	0,08	64,8	3,3	355,8
Dic	6	34,01	48,21	−2,8	5,3	0,4	0,00	198,4	3,3	354,6
Dic	26	34,51	47,51	−2,8	5,3	3,9	0,06	331,4	3,2	353,4

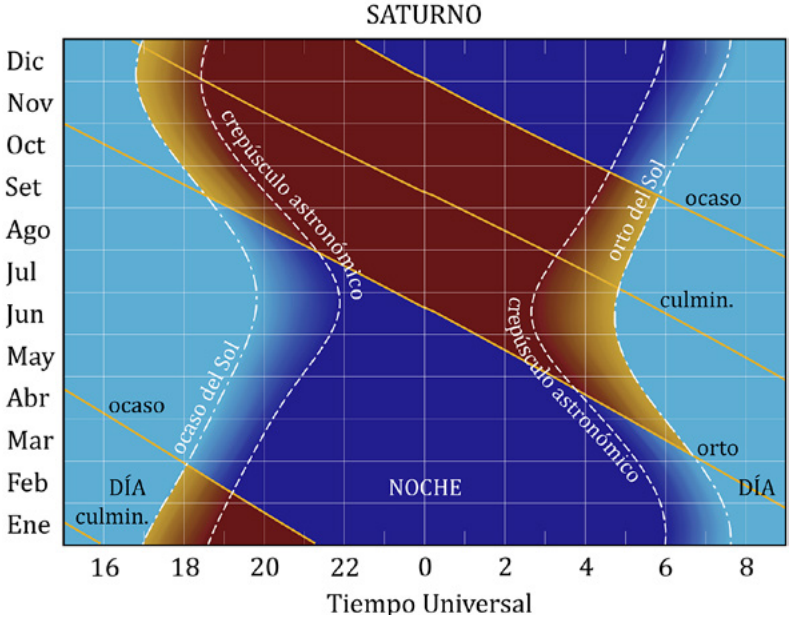


SATURNO 2024

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	10	34	15	55	21	16	22	23	6	−11	50	20	10,2947
	11	9	57	15	19	20	42	22	26	40	−11	29	14	10,4188
	21	9	20	14	44	20	8	22	30	34	−11	6	5	10,5236
	31	8	43	14	9	19	34	22	34	46	−10	41	17	10,6068
Feb.	10	8	7	13	34	19	1	22	39	10	−10	15	14	10,6666
	20	7	30	12	59	18	27	22	43	42	−9	48	23	10,7015
Mar.	1	6	54	12	24	17	54	22	48	17	−9	21	10	10,7110
	11	6	18	11	49	17	21	22	52	52	−8	54	2	10,6950
	21	5	41	11	14	16	48	22	57	22	−8	27	24	10,6539
	31	5	5	10	39	16	14	23	1	42	−8	1	45	10,5888
Abr.	10	4	28	10	4	15	40	23	5	50	−7	37	28	10,5012
	20	3	51	9	29	15	6	23	9	42	−7	15	2	10,3931
	30	3	14	8	53	14	31	23	13	13	−6	54	50	10,2671
May.	10	2	37	8	17	13	56	23	16	20	−6	37	16	10,1258
	20	2	0	7	40	13	20	23	19	0	−6	22	42	9,9727
	30	1	22	7	3	12	44	23	21	10	−6	11	28	9,8114
Jun.	9	0	44	6	25	12	6	23	22	47	−6	3	49	9,6456
	19	0	5	5	47	11	28	23	23	49	−6	0	0	9,4798
	29	23	22	5	8	10	49	23	24	14	−6	0	4	9,3182
Jul.	9	22	43	4	28	10	10	23	24	3	−6	4	1	9,1651
	19	22	3	3	48	9	29	23	23	15	−6	11	44	9,0254
	29	21	23	3	8	8	48	23	21	53	−6	22	51	8,9030
Ago.	8	20	43	2	26	8	6	23	20	1	−6	36	55	8,8020
	18	20	2	1	45	7	23	23	17	43	−6	53	17	8,7260
	28	19	21	1	3	6	40	23	15	6	−7	11	9	8,6774
Set.	7	18	40	0	21	5	57	23	12	19	−7	29	37	8,6583
	17	17	59	23	34	5	14	23	9	30	−7	47	43	8,6695
	27	17	18	22	52	4	31	23	6	48	−8	4	32	8,7106
Oct.	7	16	37	22	11	3	48	23	4	21	−8	19	13	8,7803
	17	15	57	21	29	3	6	23	2	18	−8	30	58	8,8762
	27	15	16	20	49	2	25	23	0	44	−8	39	17	8,9948
Nov.	6	14	36	20	8	1	44	22	59	46	−8	43	44	9,1323
	16	13	57	19	29	1	5	22	59	25	−8	44	7	9,2839
	26	13	17	18	50	0	26	22	59	44	−8	40	22	9,4448
Dic.	6	12	39	18	11	23	44	23	0	42	−8	32	34	9,6101
	16	12	0	17	34	23	7	23	2	18	−8	20	55	9,7747
	26	11	22	16	57	22	31	23	4	29	−8	5	42	9,9340

SATURNO 2024

Fecha		τ *min*	D_{ecu} ″	V	BS	a.fase º	def.ilu. ″	L_P º	B_P º	P_{PN} º
Ene	1	85,62	16,14	0,9	6,9	4,6	0,03	219,2	11,2	5,9
Ene	21	87,52	15,79	1,0	6,8	3,3	0,01	232,3	10,1	5,8
Feb	10	88,71	15,58	1,0	6,8	1,7	0,00	245,4	8,8	5,7
Mar	1	89,08	15,52	1,0	6,8	0,2	0,00	258,9	7,5	5,5
Mar	21	88,61	15,60	1,1	6,8	1,9	0,00	272,9	6,1	5,4
Abr	10	87,34	15,83	1,1	6,8	3,5	0,01	287,5	4,9	5,2
Abr	30	85,39	16,19	1,1	6,9	4,8	0,03	302,7	3,8	5,1
May	20	82,94	16,66	1,1	6,9	5,7	0,04	318,6	3,0	5,0
Jun	9	80,22	17,23	1,0	6,9	6,0	0,05	335,1	2,5	4,9
Jun	29	77,50	17,84	1,0	6,9	5,7	0,04	352,2	2,4	4,9
Jul	19	75,06	18,41	0,9	6,9	4,8	0,03	9,6	2,7	4,9
Ago	8	73,20	18,88	0,7	6,8	3,2	0,01	27,3	3,3	5,0
Ago	28	72,17	19,15	0,6	6,8	1,2	0,00	45,0	4,1	5,1
Set	17	72,10	19,17	0,6	6,8	1,0	0,00	62,2	5,0	5,2
Oct	7	73,02	18,93	0,7	6,8	3,0	0,01	78,8	5,8	5,3
Oct	27	74,81	18,48	0,7	6,9	4,6	0,03	94,5	6,3	5,3
Nov	16	77,21	17,90	0,8	6,9	5,6	0,04	109,4	6,4	5,3
Dic	6	79,93	17,29	0,9	6,9	5,9	0,05	123,4	6,1	5,3
Dic	26	82,62	16,73	1,0	6,9	5,5	0,04	136,9	5,5	5,3

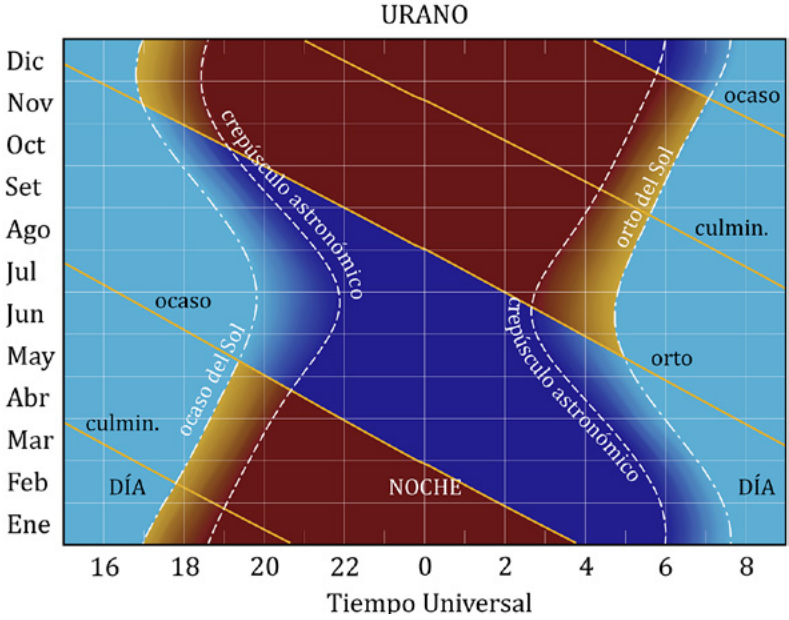


URANO 2024

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	13	35	20	39	3	46	3	8	4	+17	16	45	18,9754
	11	12	55	19	59	3	6	3	7	20	+17	14	2	19,1167
	21	12	16	19	19	2	26	3	6	56	+17	12	39	19,2729
	31	11	36	18	40	1	47	3	6	53	+17	12	42	19,4387
Feb.	10	10	57	18	1	1	8	3	7	12	+17	14	11	19,6091
	20	10	19	17	22	0	30	3	7	51	+17	17	4	19,7786
Mar.	1	9	40	16	44	23	48	3	8	50	+17	21	17	19,9422
	11	9	2	16	6	23	10	3	10	7	+17	26	41	20,0954
	21	8	23	15	28	22	33	3	11	42	+17	33	8	20,2339
	31	7	45	14	50	21	56	3	13	30	+17	40	26	20,3540
Abr.	10	7	8	14	13	21	19	3	15	31	+17	48	25	20,4529
	20	6	30	13	36	20	42	3	17	41	+17	56	54	20,5279
	30	5	52	12	59	20	6	3	19	58	+18	5	40	20,5775
May.	10	5	15	12	22	19	29	3	22	18	+18	14	34	20,6007
	20	4	37	11	45	18	53	3	24	40	+18	23	23	20,5969
	30	4	0	11	8	18	17	3	27	1	+18	31	57	20,5665
Jun.	9	3	22	10	31	17	40	3	29	17	+18	40	8	20,5102
	19	2	44	9	54	17	3	3	31	26	+18	47	47	20,4295
	29	2	6	9	16	16	27	3	33	26	+18	54	46	20,3264
Jul.	9	1	29	8	39	15	49	3	35	14	+19	0	58	20,2033
	19	0	50	8	1	15	12	3	36	48	+19	6	17	20,0632
	29	0	12	7	23	14	34	3	38	6	+19	10	37	19,9098
Ago.	8	23	30	6	45	13	56	3	39	6	+19	13	55	19,7467
	18	22	51	6	6	13	18	3	39	46	+19	16	7	19,5783
	28	22	12	5	27	12	39	3	40	6	+19	17	11	19,4092
Set.	7	21	32	4	48	11	59	3	40	6	+19	17	6	19,2439
	17	20	53	4	8	11	19	3	39	44	+19	15	53	19,0874
	27	20	13	3	28	10	39	3	39	3	+19	13	34	18,9445
Oct.	7	19	33	2	48	9	59	3	38	4	+19	10	14	18,8195
	17	18	53	2	7	9	18	3	36	49	+19	6	1	18,7167
	27	18	12	1	26	8	37	3	35	21	+19	1	4	18,6395
Nov.	6	17	32	0	46	7	56	3	33	44	+18	55	33	18,5908
	16	16	51	0	5	7	14	3	32	2	+18	49	43	18,5723
	26	16	10	23	19	6	33	3	30	20	+18	43	50	18,5849
Dic.	6	15	30	22	38	5	51	3	28	42	+18	38	8	18,6282
	16	14	49	21	58	5	10	3	27	12	+18	32	56	18,7010
	26	14	9	21	17	4	29	3	25	55	+18	28	26	18,8004

URANO 2024

Fecha		τ *min*	D_{ecu} ″	V	a.fase º	L_P º	B_P º	P_{PN} º
Ene	1	157,81	3,71	5,7	2,2	128,7	61,7	269,6
Ene	21	160,29	3,66	5,7	2,7	70,9	61,4	269,4
Feb	10	163,08	3,59	5,8	2,9	13,2	61,5	269,4
Mar	1	165,85	3,53	5,8	2,7	315,6	61,8	269,8
Mar	21	168,28	3,48	5,8	2,2	258,4	62,5	270,3
Abr	10	170,10	3,45	5,9	1,5	201,6	63,4	271,1
Abr	30	171,14	3,43	5,9	0,6	145,1	64,4	272,1
May	20	171,30	3,42	5,9	0,3	89,0	65,5	273,1
Jun	9	170,58	3,44	5,9	1,2	33,3	66,5	274,3
Jun	29	169,05	3,47	5,8	2,0	337,8	67,5	275,3
Jul	19	166,86	3,51	5,8	2,6	282,5	68,2	276,2
Ago	8	164,23	3,57	5,8	2,9	227,1	68,7	276,9
Ago	28	161,42	3,63	5,7	2,9	171,5	68,9	277,2
Set	17	158,75	3,69	5,7	2,6	115,5	68,8	277,1
Oct	7	156,52	3,75	5,7	2,0	59,1	68,5	276,6
Oct	27	155,02	3,78	5,6	1,1	2,3	67,9	275,8
Nov	16	154,46	3,79	5,6	0,1	305,0	67,1	274,9
Dic	6	154,93	3,78	5,6	1,0	247,4	66,4	274,1
Dic	26	156,36	3,75	5,7	1,9	189,7	65,8	273,4

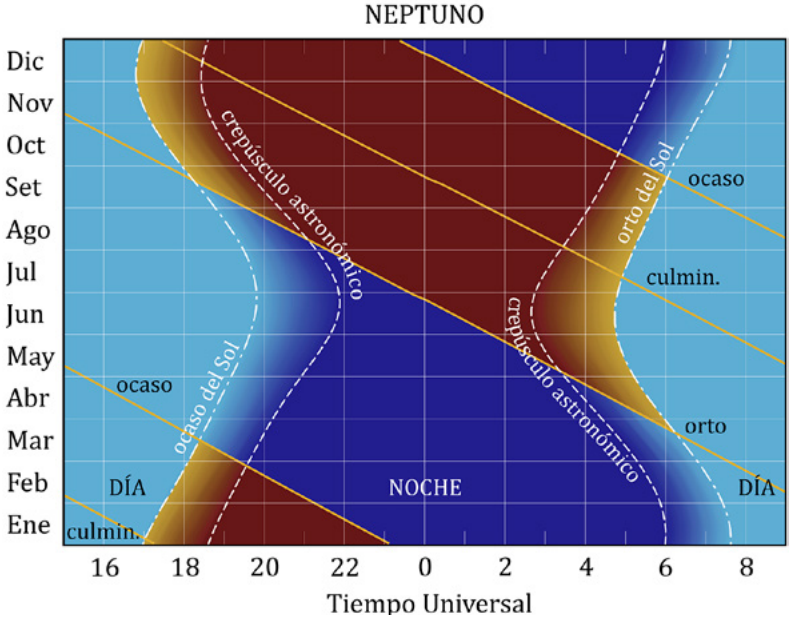


NEPTUNO 2024

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	24	17	15	23	7	23	43	53	−3	5	31	30,1425
	11	10	45	16	37	22	28	23	44	30	−3	1	7	30,3055
	21	10	6	15	58	21	50	23	45	19	−2	55	33	30,4559
	31	9	27	15	20	21	12	23	46	18	−2	48	57	30,5893
Feb.	10	8	49	14	42	20	34	23	47	25	−2	41	29	30,7021
	20	8	10	14	3	19	57	23	48	39	−2	33	20	30,7911
Mar.	1	7	32	13	25	19	19	23	49	58	−2	24	42	30,8539
	11	6	53	12	47	18	42	23	51	20	−2	15	47	30,8891
	21	6	15	12	10	18	4	23	52	44	−2	6	48	30,8958
	31	5	36	11	32	17	27	23	54	7	−1	57	57	30,8741
Abr.	10	4	58	10	54	16	49	23	55	27	−1	49	25	30,8249
	20	4	19	10	16	16	12	23	56	44	−1	41	23	30,7496
	30	3	41	9	37	15	34	23	57	55	−1	34	4	30,6505
May.	10	3	2	8	59	14	56	23	58	58	−1	27	35	30,5303
	20	2	23	8	21	14	18	23	59	53	−1	22	6	30,3923
	30	1	45	7	42	13	40	0	0	38	−1	17	43	30,2405
Jun.	9	1	6	7	3	13	1	0	1	12	−1	14	32	30,0787
	19	0	27	6	24	12	22	0	1	35	−1	12	37	29,9116
	29	23	43	5	45	11	43	0	1	46	−1	11	59	29,7437
Jul.	9	23	4	5	6	11	4	0	1	45	−1	12	39	29,5795
	19	22	25	4	26	10	24	0	1	32	−1	14	35	29,4240
	29	21	45	3	47	9	44	0	1	8	−1	17	41	29,2814
Ago.	8	21	6	3	7	9	4	0	0	34	−1	21	51	29,1561
	18	20	26	2	27	8	24	23	59	50	−1	26	57	29,0518
	28	19	46	1	47	7	43	23	58	59	−1	32	46	28,9718
Set.	7	19	6	1	6	7	3	23	58	3	−1	39	7	28,9188
	17	18	26	0	26	6	22	23	57	4	−1	45	44	28,8946
	27	17	46	23	42	5	41	23	56	3	−1	52	23	28,9000
Oct.	7	17	6	23	1	5	1	23	55	3	−1	58	49	28,9354
	17	16	26	22	21	4	20	23	54	7	−2	4	46	28,9997
	27	15	46	21	41	3	40	23	53	18	−2	9	59	29,0911
Nov.	6	15	7	21	1	2	59	23	52	35	−2	14	17	29,2069
	16	14	27	20	21	2	19	23	52	3	−2	17	29	29,3435
	26	13	47	19	42	1	40	23	51	42	−2	19	26	29,4966
Dic.	6	13	8	19	2	1	0	23	51	32	−2	20	4	29,6617
	16	12	29	18	23	0	21	23	51	36	−2	19	18	29,8334
	26	11	50	17	44	23	38	23	51	52	−2	17	9	30,0064

NEPTUNO 2024

Fecha		τ *min*	D_{ecu} ″	V	a.fase º	L_P º	B_P º	P_{PN} º
Ene	1	250,69	2,27	7,8	1,8	177,5	−22,3	319,1
Ene	21	253,29	2,24	7,8	1,5	102,3	−22,2	319,0
Feb	10	255,34	2,22	7,8	1,1	27,3	−22,0	318,7
Mar	1	256,60	2,21	7,8	0,5	312,3	−21,8	318,4
Mar	21	256,95	2,21	7,8	0,1	237,7	−21,6	318,1
Abr	10	256,36	2,22	7,8	0,7	163,4	−21,3	317,9
Abr	30	254,91	2,23	7,8	1,3	89,5	−21,1	317,6
May	20	252,77	2,25	7,8	1,7	16,1	−20,9	317,4
Jun	9	250,16	2,27	7,8	1,9	303,0	−20,8	317,3
Jun	29	247,37	2,30	7,7	1,9	230,1	−20,7	317,2
Jul	19	244,71	2,32	7,7	1,7	157,4	−20,7	317,3
Ago	8	242,48	2,34	7,7	1,3	84,8	−20,8	317,4
Ago	28	240,95	2,36	7,7	0,8	12,1	−20,9	317,5
Set	17	240,31	2,36	7,7	0,1	299,1	−21,1	317,7
Oct	7	240,65	2,36	7,7	0,5	225,8	−21,3	317,9
Oct	27	241,94	2,35	7,7	1,1	152,1	−21,4	318,1
Nov	16	244,04	2,33	7,7	1,6	77,9	−21,5	318,3
Dic	6	246,69	2,30	7,7	1,8	3,3	−21,6	318,3
Dic	26	249,56	2,28	7,8	1,9	288,4	−21,6	318,3



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 2º 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 215). Para un lugar de longitud λ_E (positiva al este de Greenwich) es:

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 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:

$+1^h$ o $+2^h$ en la península y Baleares

0^h o $+1^h$ 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):

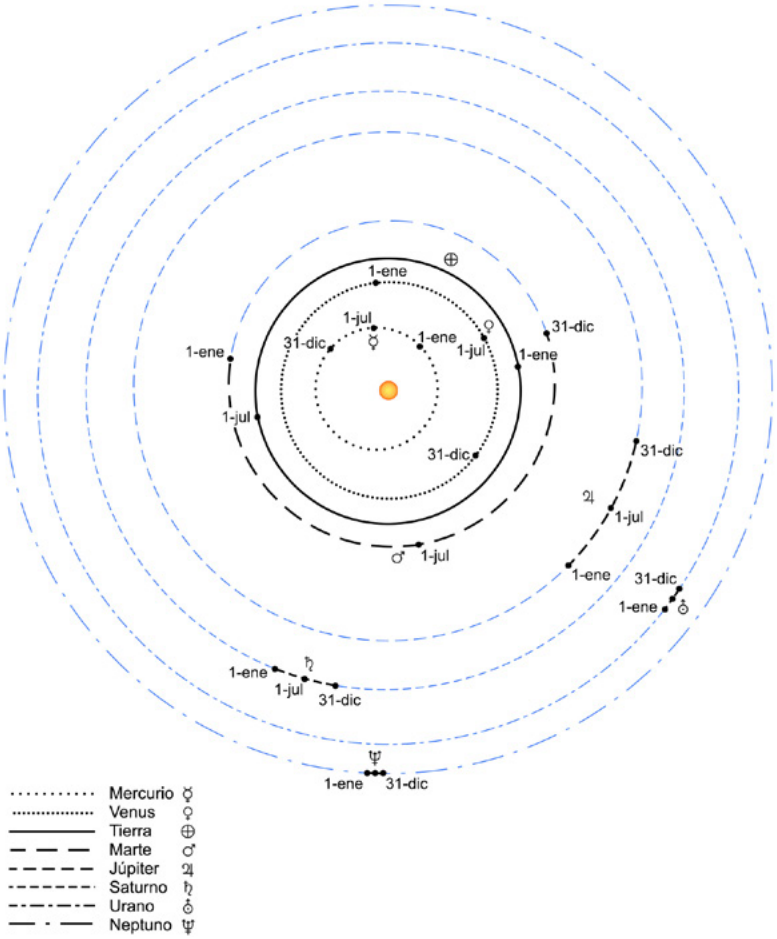
$$\text{paso meridiano} = \text{paso meridiano Madrid} - 15^{\text{m}} - \lambda_E$$

Al valor obtenido habrá que añadirle la corrección para obtener el tiempo oficial TO.

5.4. Situación y apariencia de los planetas

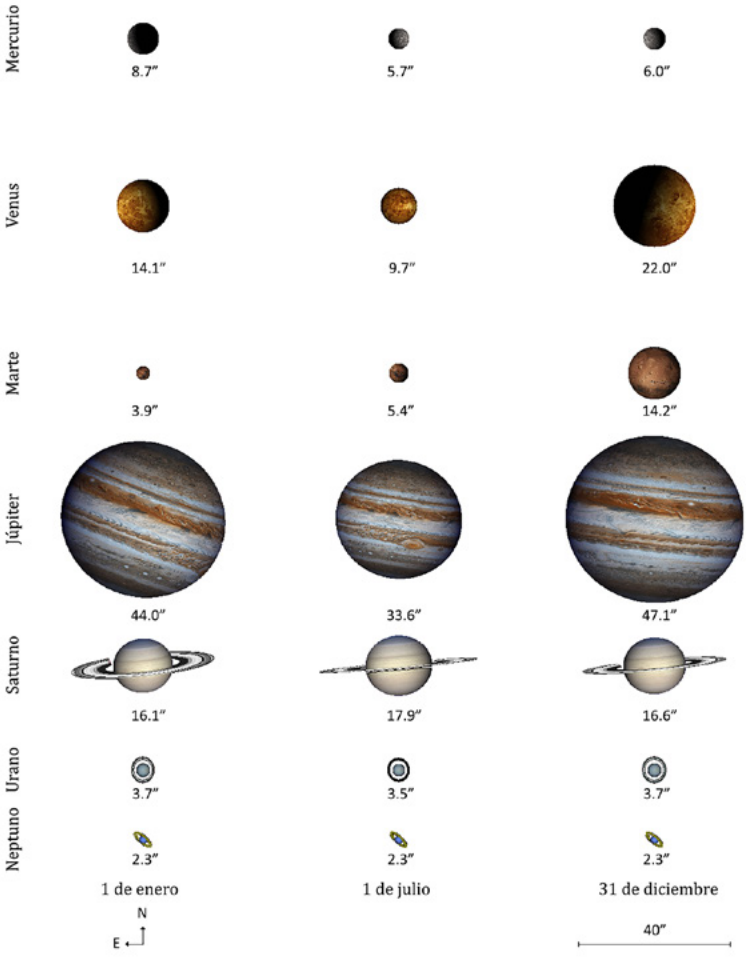
Posición heliocéntrica de los planetas

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

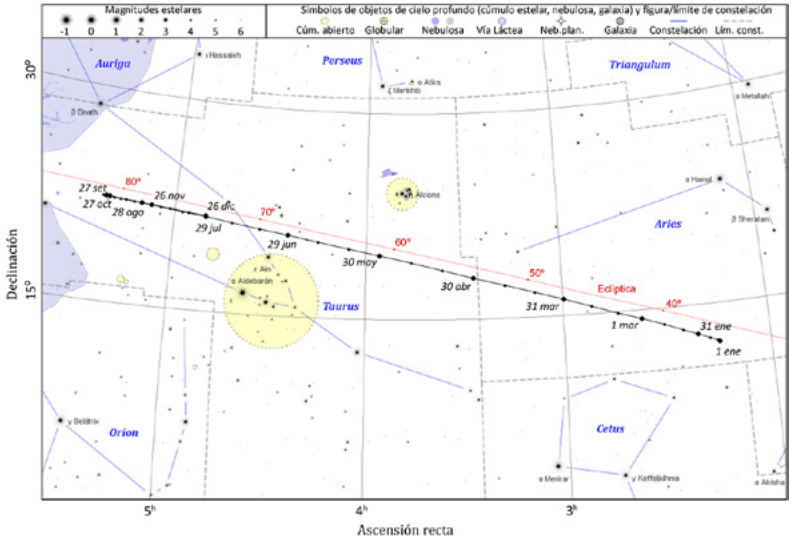
Aspecto aparente de los planetas los días 1 de enero, 1 de julio y 31 de diciembre, a las cero horas de Tiempo Universal. Las figuras están dibujadas a escala y orientadas con el Norte hacia arriba y el Este a la izquierda. Los valores que aparecen debajo de cada figura corresponden a los diámetros ecuatoriales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



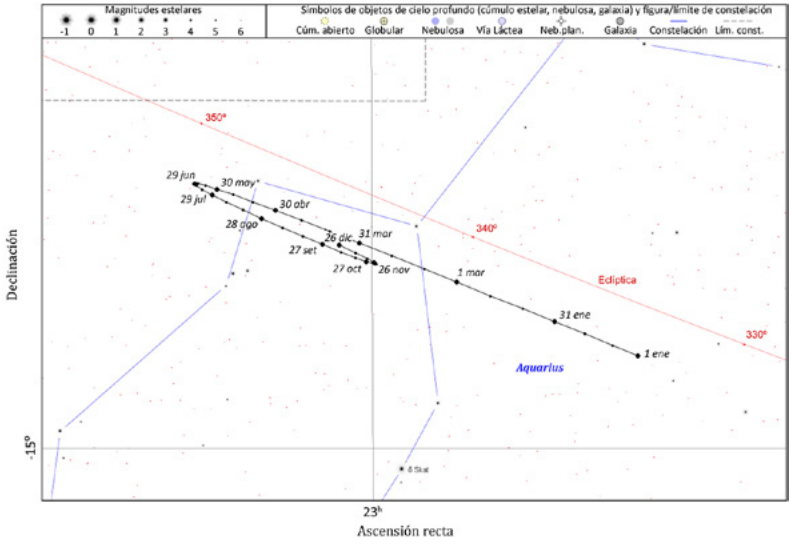
Trayectorias de los planetas a lo largo del año

Para Júpiter y Saturno los puntos en las trayectorias tienen una separación de 10 días y las fechas se muestran cada 30 días.

Júpiter

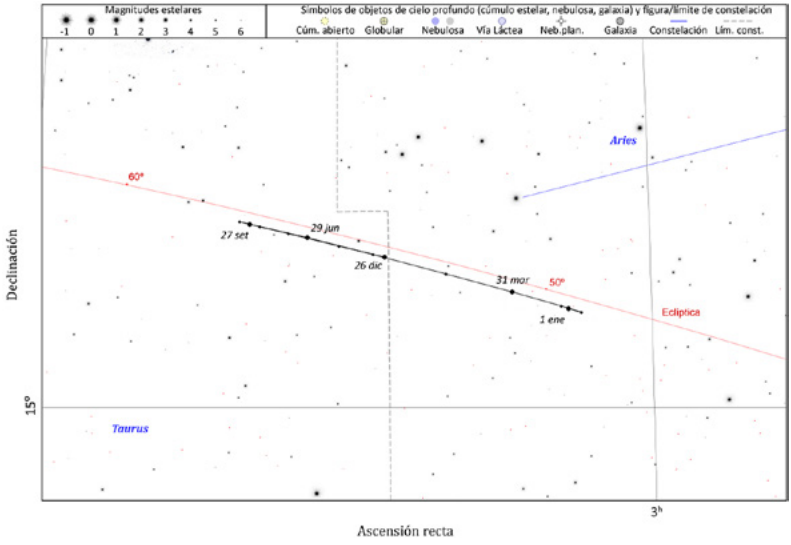


Saturno

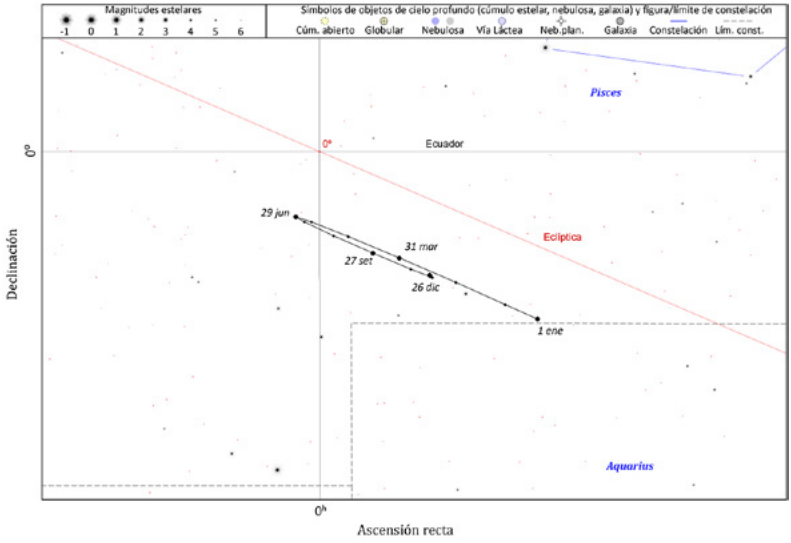


En el caso de Urano y Neptuno la separación en los puntos de la trayectoria es de 30 días con fechas cada 90 días.

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 285, 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	95
Saturno	146
Urano	27
Neptuno	14

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 (Ganimedes, Calisto, Io 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.

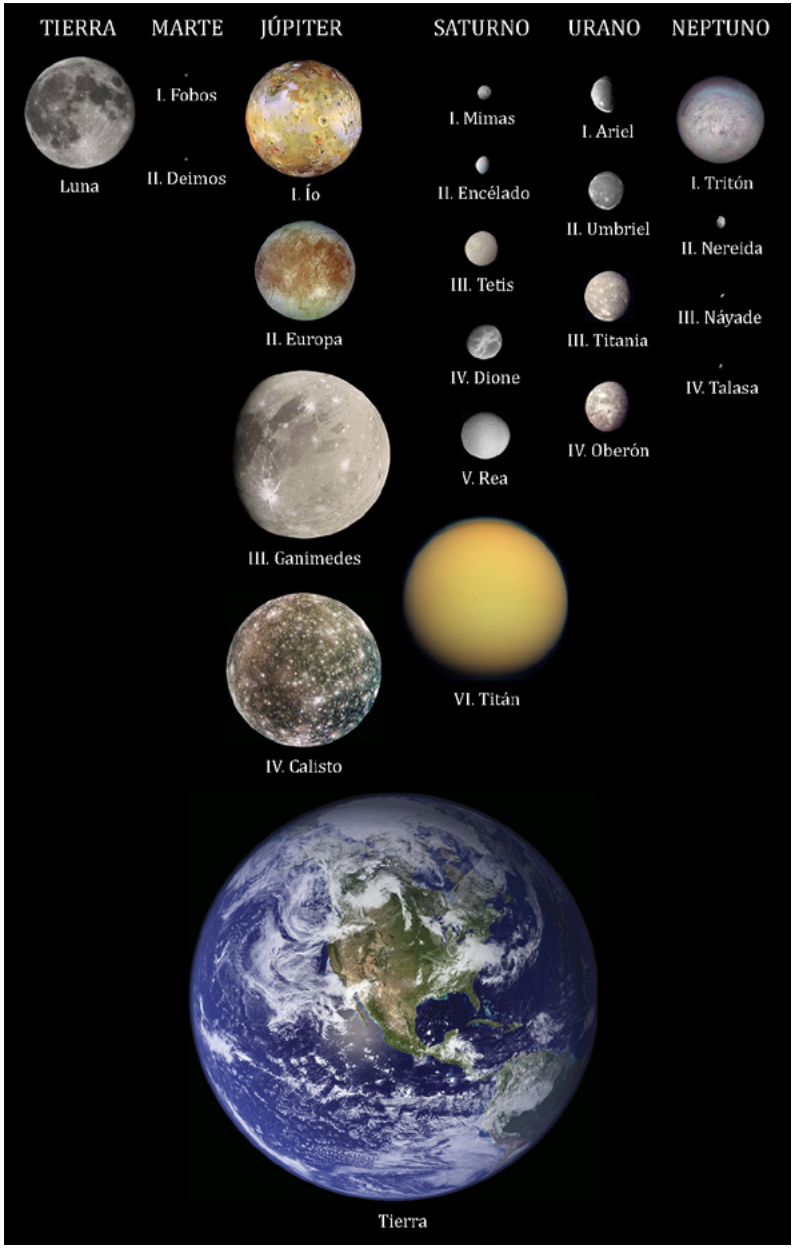
La decisión de nombrar los satélites de Saturno con nombres de titanes griegos fue tomada en 1847 por John Herschel, cuyo padre había descubierto los dos primeros. La UAI amplió las posibilidades admitiendo, inicialmente, los nombres de descendientes de titanes y, en el siglo XXI, los de gigantes de 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 no 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 Posidón 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://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/planetfact.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)	excentricidad	inclinación (º)	máxima elongac.
Tierra:						
	Luna	384,400	60,27	0,0554	5,160	
Marte:						
I	Fobos	9,378	2,76	0,0151	1,075	25″
II	Deimos	23,459	6,91	0,0005	1,788	1′ 03″
Júpiter:						
I	Io	421,8	5,90	0,0041	0,036	2′ 19″
II	Europa	671,1	9,39	0,0094	0,466	3′ 41″
III	Ganimedes	1070,4	14,97	0,0013	0,177	5′ 52″
IV	Calisto	1882,7	26,33	0,0074	0,192	10′ 19″
V	Amaltea	181,4	2,54	0,0032	0,380	1′ 00″
VI	Himalia	11461	160,31	0,1586	28,612	1° 02′ 39″
VII	Elara	11741	164,23	0,2108	27,945	1° 04′ 10″
VIII	Pasífae	23624	330,44	0,4062	151,413	2° 09′ 07″
IX	Sinope	23939	334,85	0,2552	158,189	2° 10′ 50″
X	Lisitea	11717	163,89	0,1161	27,663	1° 04′ 10″
XI	Carme	23404	327,37	0,2546	164,994	2° 07′ 52″
XII	Ananké	21276	297,60	0,2332	148,693	1° 56′ 09″
XIII	Leda	11165	156,17	0,1624	27,882	1° 01′ 02″
XIV	Tebe	221,9	3,10	0,0176	1,080	1′ 13″
XV	Adrastea	129,0	1,80	0,0015	0,054	42″
XVI	Metis	128,0	1,79	0,0002	0,019	42″
XVII	Calírroe	24102	337,13	0,2796	147,080	2° 11′ 41″
XVIII	Temisto	7507	105,00	0,2435	42,977	41′ 01″
Saturno:						
I	Mimas	185,539	3,08	0,0202	1,574	30″
II	Encélado	238,042	3,95	0,0045	0,003	38″
III	Tetis	294,672	4,89	0,0001	1,091	48″
IV	Dione	377,415	6,26	0,0022	0,028	1′ 01″
V	Rea	527,068	8,75	0,0010	0,333	1′ 25″
VI	Titán	1221,865	20,27	0,0292	0,306	3′ 17″
VII	Hiperión	1500,933	24,90	0,1045	0,615	4′ 02″
VIII	Jápeto	3560,854	59,08	0,0283	8,298	9′ 35″
IX	Febe	12944,3	214,84	0,1634	175,243	34′ 51″
X	Jano	151,472	2,51	0,007	0,165	24″
XI	Epimeteo	151,422	2,51	0,009	0,335	24″
XII	Helena	377,440	6,26	~0	0,213	1′ 01″

Elementos orbitales

planeta	satélite	semieje mayor (10^3 km)	semieje mayor (en R_P)	excentricidad	inclinación (°)	máxima elongac.
XIII	Telesto	294,720	4,89	0,001	1,158	48″
XIV	Calipso	294,720	4,89	0,001	1,473	48″
XV	Atlas	137,670	2,29	~0	0,003	22″
XVI	Prometeo	139,353	2,28	0,0020	0,007	23″
XVII	Pandora	141,700	2,35	0,0042	0,050	23″
XVIII	Pan	133,585	2,22	~0	~0	22″
Urano:						
I	Ariel	190,9	7,47	0,0012	0,041	14″
II	Umbriel	266,0	10,41	0,0039	0,128	20″
III	Titania	436,3	17,07	0,0011	0,079	33″
IV	Oberón	583,5	22,83	0,0014	0,068	44″
V	Miranda	129,9	5,08	0,0013	4,338	10″
VI	Cordelia	49,8	1,95	0,0003	0,085	4″
VII	Ofelia	53,8	2,10	0,0099	0,104	4″
VIII	Bianca	59,2	2,32	0,0009	0,193	4″
IX	Cresida	61,8	2,42	0,0004	0,006	5″
X	Desdémona	62,7	2,45	0,0001	0,113	5″
XI	Julieta	64,4	2,52	0,0007	0,065	5″
XII	Porcia	66,1	2,59	0,0001	0,059	5″
XIII	Rosalinda	69,9	2,73	0,0001	0,279	5″
XIV	Belinda	75,3	2,95	0,0001	0,031	6″
XV	Puck	86,0	3,36	0,0001	0,319	6″
XVI	Calibán	7231,0	282,9	0,1812	141,529	9′ 06″
XVII	Sícorax	12179,0	476,5	0,5219	159,420	15′ 20″
XVIII	Próspero	16256,0	636,0	0,4445	151,830	20′ 30″
XIX	Setebos	17418,0	681,5	0,5908	158,235	21′ 56″
XX	Esteban	8004,0	313,2	0,2248	143,819	10′ 05″
Neptuno:						
I	Tritón	354,759	14,33	~0	156,865	17″
II	Nereida	5513,818	222,65	0,7507	7,090	4′ 20″
III	Náyade	48,227	1,95	0,0003	4,691	2″
IV	Talasa	50,074	2,02	0,0002	0,135	2″
V	Despina	52,526	2,12	0,0002	0,068	2″
VI	Galatea	61,953	2,50	0,0001	0,034	3″
VII	Larisa	73,548	2,97	0,0014	0,205	3″
VIII	Proteo	117,646	4,75	0,0005	0,075	6″

Periodos y descubrimiento

planeta	satélite	periodo orbital (d)	periodo de rotación (d)	descubrimiento
Tierra:				
	Luna	27,321661	sincr.	
Marte:				
I	Fobos	0,318910	sincr.	1877 A.Hall
II	Deimos	1,262441	sincr.	1877 A.Hall
Júpiter:				
I	Io	1,769138	sincr.	1610 Galileo
II	Europa	3,551181	sincr.	1610 Galileo
III	Ganimedes	7,154553	sincr.	1610 Galileo
IV	Calisto	16,689017	sincr.	1610 Galileo
V	Amaltea	0,498179	sincr.	1892 E.Barnard
VI	Himalia	250,5662	0,4	1904 C.Perrine
VII	Elara	259,6528	0,5	1905 C.Perrine
VIII	Pasífae	R 743,0		1908 P.Melotte
IX	Sinope	R 758,9		1914 S.Nicholson
X	Lisitea	259,22		1938 S.Nicholson
XI	Carme	R 734,2		1938 S.Nicholson
XII	Ananké	R 629,8		1951 S.Nicholson
XIII	Leda	240,92		1974 C.Kowal
XIV	Tebe	0,6745	sincr.	1979 Voyager 1
XV	Adrastea	0,298260	sincr.	1979 Voyager 1
XVI	Metis	0,294780	sincr.	1979 Voyager 1
XVII	Calírroe	R 758,8		1999 Spacewatch, MPC
XVIII	Temisto	130,02		1975/2000 SJFM
Saturno:				
I	Mimas	0,942422	sincr.	1789 W.Herschel
II	Encélado	1,370218	sincr.	1789 W.Herschel
III	Tetis	1,887802	sincr.	1684 G.Cassini
IV	Dione	2,736915	sincr.	1684 G.Cassini
V	Rea	4,517500	sincr.	1672 G.Cassini
VI	Titán	15,945421	sincr.	1655 C.Huygens
VII	Hiperión	21,276609		1848 Bond et al
VIII	Jápeto	79,330183	sincr.	1671 G.Cassini
IX	Febe	R 548,2	0,4	1898 W.Pickering
X	Jano	0,6945	sincr.	1966 A.Dollfus
XI	Epimeteo	0,6942	sincr.	1978 Fountain et al
XII	Helena	2,7369		1980 Laques et al

Periodos y descubrimiento

planeta	satélite	periodo orbital (d)	periodo de rotación (d)	descubrimiento
XIII	Telesto	1,8878		1980 Smith et al
XIV	Calipso	1,8878		1980 Pascu et al
XV	Atlas	0,6019		1980 Voyager 1
XVI	Prometeo	0,6130		1980 Voyager 1
XVII	Pandora	0,6285		1980 Voyager 1
XVIII	Pan	0,5750		1990 M.Showalter
Urano:				
I	Ariel	2,520379	sincr.	1851 W.Lassell
II	Umbriel	4,144176	sincr.	1851 W.Lassell
III	Titania	8,705867	sincr.	1787 W.Herschel
IV	Oberón	13,463234	sincr.	1787 W.Herschel
V	Miranda	1,413479	sincr.	1948 G.Kuiper
VI	Cordelia	0,335034		1986 Voyager 2
VII	Ofelia	0,376400		1986 Voyager 2
VIII	Bianca	0,434579		1986 Voyager 2
IX	Cresida	0,463570		1986 Voyager 2
X	Desdémona	0,473650		1986 Voyager 2
XI	Julieta	0,493065		1986 Voyager 2
XII	Porcia	0,513196		1986 Voyager 2
XIII	Rosalinda	0,558460		1986 Voyager 2
XIV	Belinda	0,623527		1986 Voyager 2
XV	Puck	0,761833		1985 Voyager 2
XVI	Calibán	R 579,5		1997 Gladman et al
XVII	Sícorax	R 1283,4		1997 Gladman et al
XVIII	Próspero	R 1977,3		1999 Holman et al
XIX	Setebos	R 2234,8		1999 Kavelaars et al
XX	Esteban	R 676,5		1999 Gladman et al
Neptuno:				
I	Tritón	R 5,876854	sincr.	1846 W.Lassell
II	Nereida	360,13619		1949 G.Kuiper
III	Náyade	0,294396		1989 Voyager 2
IV	Talasa	0,311485		1989 Voyager 2
V	Despina	0,334655		1989 Voyager 2
VI	Galatea	0,428745		1989 Voyager 2
VII	Larisa	0,554654		1989 Voyager 2
VIII	Proteo	1,122315		1989 Voyager 2

Datos físicos y fotométricos

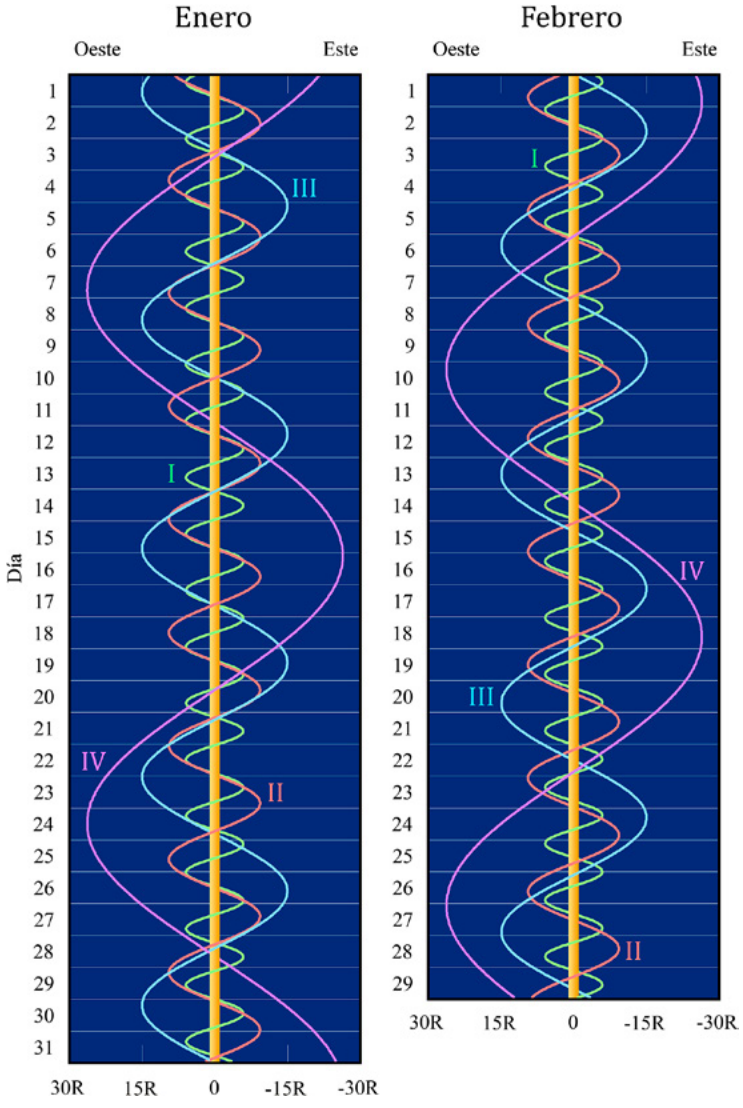
planeta	satélite	diámetro (km)	masa (10^{20} kg)	densidad (g cm^{-3})	magn. oposic.	albedo geom.
Tierra:						
	Luna	3475	735	3,344	−12,74	0,12
Marte:						
I	Fobos	27×22×18	$1{,}1\ 10^{-4}$	1,872	11,4	0,07
II	Deimos	15×12×10	$1{,}5\ 10^{-5}$	1,471	12,45	0,07
Júpiter:						
I	Io	3643	893	3,528	5,02	0,62
II	Europa	3122	480	3,013	5,29	0,68
III	Ganimedes	5262	1482	1,942	4,61	0,44
IV	Calisto	4821	1076	1,834	5,65	0,19
V	Amaltea	250×146×128	0,075	0,925	14,1	0,09
VI	Himalia	170	0,095	0,883	14,3 R	0,03
VII	Elara	80	0,008	2,6	16,6 R	0,03
VIII	Pasífae	36	0,003	2,6	16,9 R	0,10
IX	Sinope	28	0,001	2,6	18,3 R	0,05
X	Lisitea	24	0,001	2,6	18,2 R	0,06
XI	Carme	30	0,001	2,6	17,1 R	0,06
XII	Ananké	20	$4\ 10^{-4}$	2,6	18,9 R	0,06
XIII	Leda	10	$6\ 10^{-5}$	2,6	19,2 R	0,07
XIV	Tebe	116×98×84	0,008	0,900	16,0	0,05
XV	Adrastea	25 ×20×15	$2\ 10^{-4}$	0,902	18,7	0,10
XVI	Metis	60×40×34	0,001	0,900	17,5	0,06
XVII	Calírroe	8			20,8 R	0,04
XVIII	Temisto	8			21,0 R	0,04
Saturno:						
I	Mimas	416×394×382	0,379	1,150	12,8	0,6
II	Encélado	514×502×456	1,079	1,610	11,8	1,0
III	Tetis	1076×1056×1052	6,174	0,984	10,2	0,8
IV	Dione	1126×1122×1120	10,955	1,478	10,4	0,7
V	Rea	1530×1526×1524	23,065	1,237	9,6	0,7
VI	Titán	5150	1345,185	1,881	8,4	0,22
VII	Hiperión	360×266×209	0,056	0,539	14,4	0,3
VIII	Jápeto	1492×1492×1424	18,055	1,089	11	0,5
IX	Febe	218×218×204	0,083	1,643	16,4	0,08
X	Jano	204×186×152	0,019	0,638	14,4	0,9
XI	Epimeteo	130×124×106	0,005	0,638	15,6	0,8
XII	Helena	44×38×26	$3\ 10^{-4}$	1,292	18,4	0,7

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	$7\ 10^{-5}$	1,000	18,5	1,0
XIV	Calipso	30×24×14	$4\ 10^{-5}$	1,000	18,7	1,0
XV	Atlas	40×39×18	$7\ 10^{-5}$	0,385	19,0	0,8
XVI	Prometeo	96×80×60	0,002	0,478	15,8	0,5
XVII	Pandora	104×82×64	0,001	0,495	16,4	0,7
XVIII	Pan	34×32×30	$5\ 10^{-5}$	0,365	19,4	0,5
Urano:						
I	Ariel	1162×1156×1155	12,945	1,539	13,70	0,39
II	Umbriel	1169	12,211	1,523	14,47	0,21
III	Titania	1578	34,191	1,653	13,49	0,27
IV	Oberón	1523	28,827	1,664	13,70	0,23
V	Miranda	481×468×466	0,659	1,178	15,79	0,32
VI	Cordelia	40	$4\ 10^{-4}$	1,3	23,62	0,07
VII	Ofelia	43	$5\ 10^{-4}$	1,3	23,26	0,07
VIII	Bianca	54	$9\ 10^{-4}$	1,3	22,52	0,07
IX	Cresida	82	0,003	1,3	21,58	0,07
X	Desdémona	70	0,002	1,3	21,99	0,08
XI	Julieta	106	0,006	1,3	21,12	0,08
XII	Porcia	140	0,017	1,3	20,42	0,07
XIII	Rosalinda	72	0,003	1,3	21,79	0,07
XIV	Belinda	72	0,005	1,3	21,47	0,07
XV	Puck	162	0,029	1,3	19,75	0,10
XVI	Calibán	72	0,003	1,3	22,4 R	0,04
XVII	Sícorax	150	0,023	1,3	20,8 R	0,04
XVIII	Próspero	50	0,001	1,3	23,2 R	0,04
XIX	Setebos	48	0,001	1,3	23,3 R	0,04
XX	Esteban	32	$2\ 10^{-4}$	1,3	24,1 R	0,04
Neptuno:						
I	Tritón	2707	213,896	2,065	13,54	0,72
II	Nereida	~340	0,270		19,2 R	0,16
III	Náyade	96×60×52	0,002	1,251	23,91	0,07
IV	Talasa	108×100×52	0,004	1,318	23,32	0,09
V	Despina	180×148×128	0,021	1,030	22,00	0,09
VI	Galatea	204×184×144	0,037	1,378	21,85	0,08
VII	Larisa	216×204×168	0,049	1,030	21,49	0,09
VIII	Proteo	436×416×402	0,503	1,027	19,75	0,10

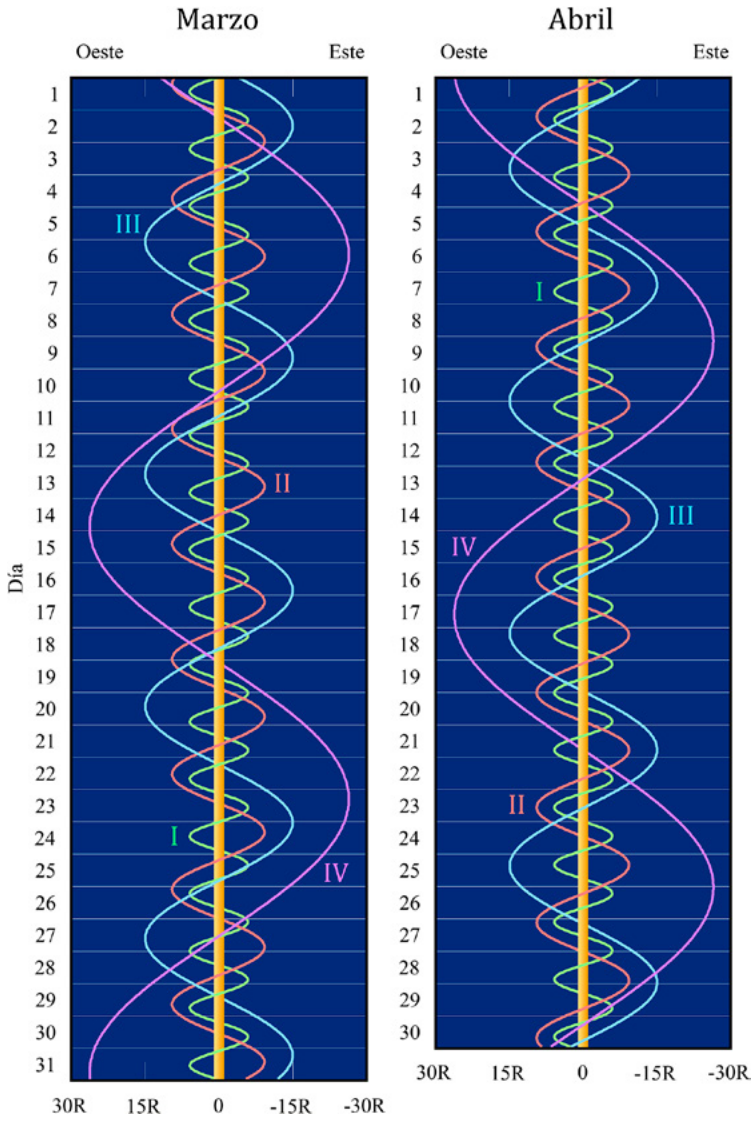
Posiciones relativas de los satélites galileanos de Júpiter

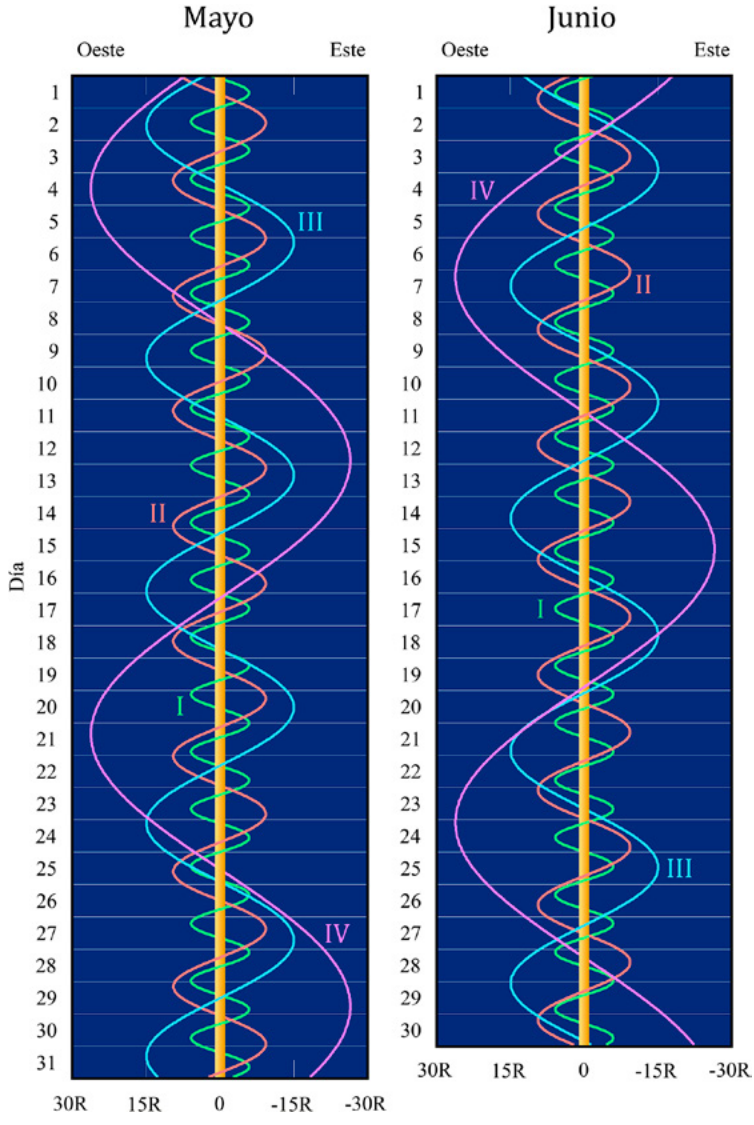
De menor a mayor amplitud, las posiciones dibujadas corresponden a Io (I), Europa (II), Ganimedes (III) y Calisto (IV).

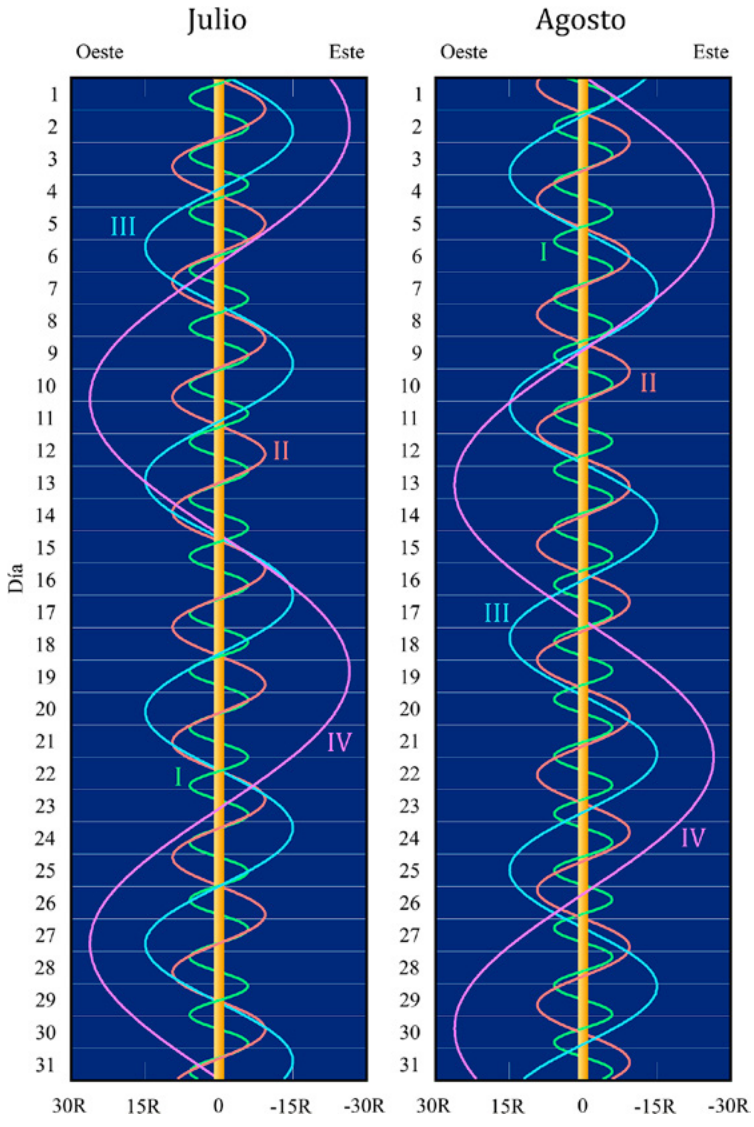


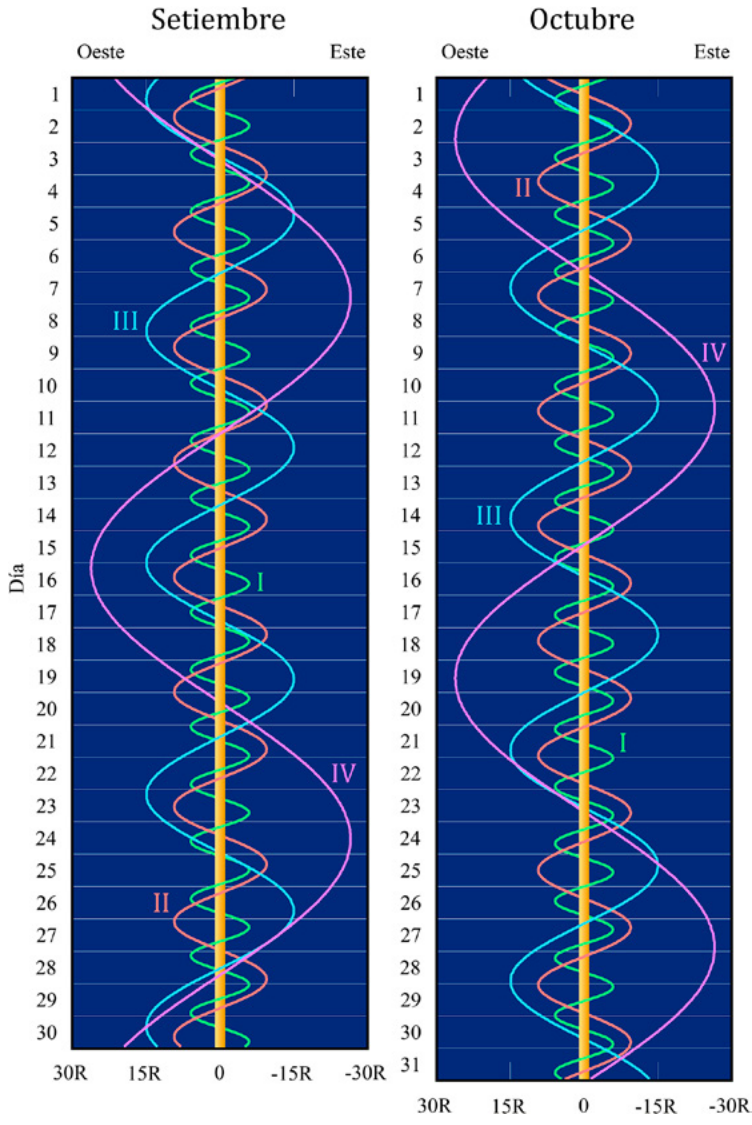
Obsérvese que Oeste y Este están colocados como se ven en un telescopio y al revés de cómo se ven con unos prismáticos.

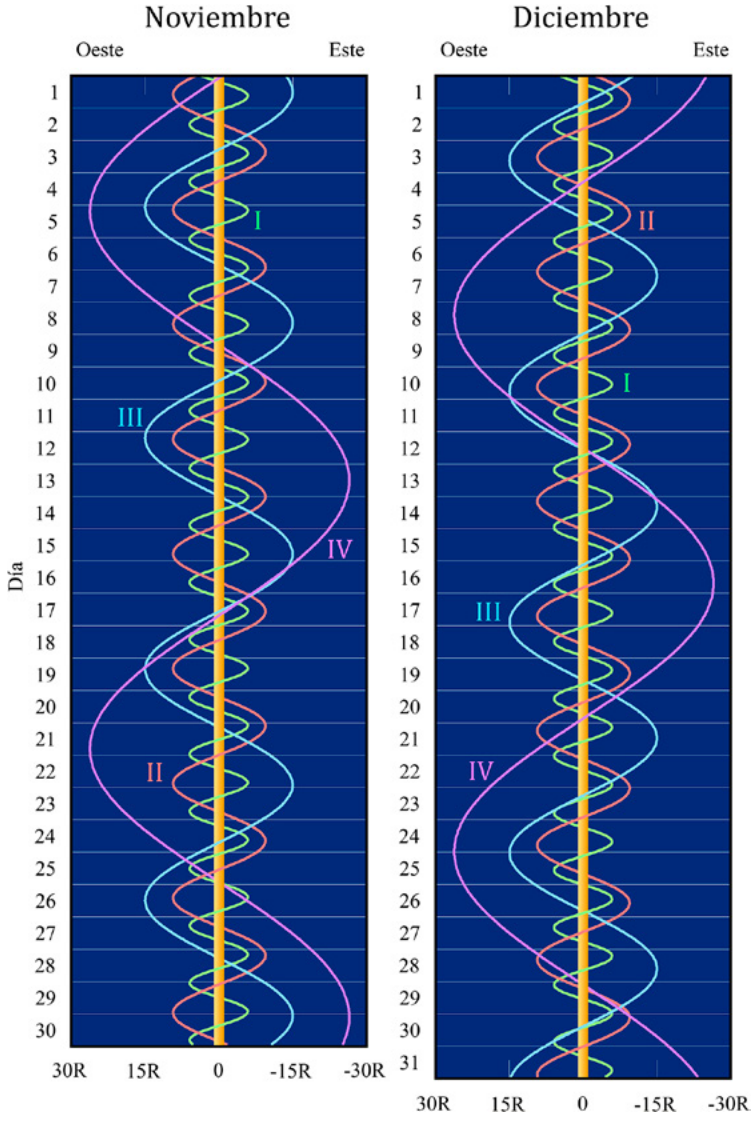
La línea vertical central indica el tamaño del planeta. La separación respecto del centro del planeta viene dada en radios planetarios (R).




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
III
II
I
IV
30R
15R
0
-15R
-30R
Junio
Oeste
Este
IV
II
I
III
30R
15R
0
-15R
-30R

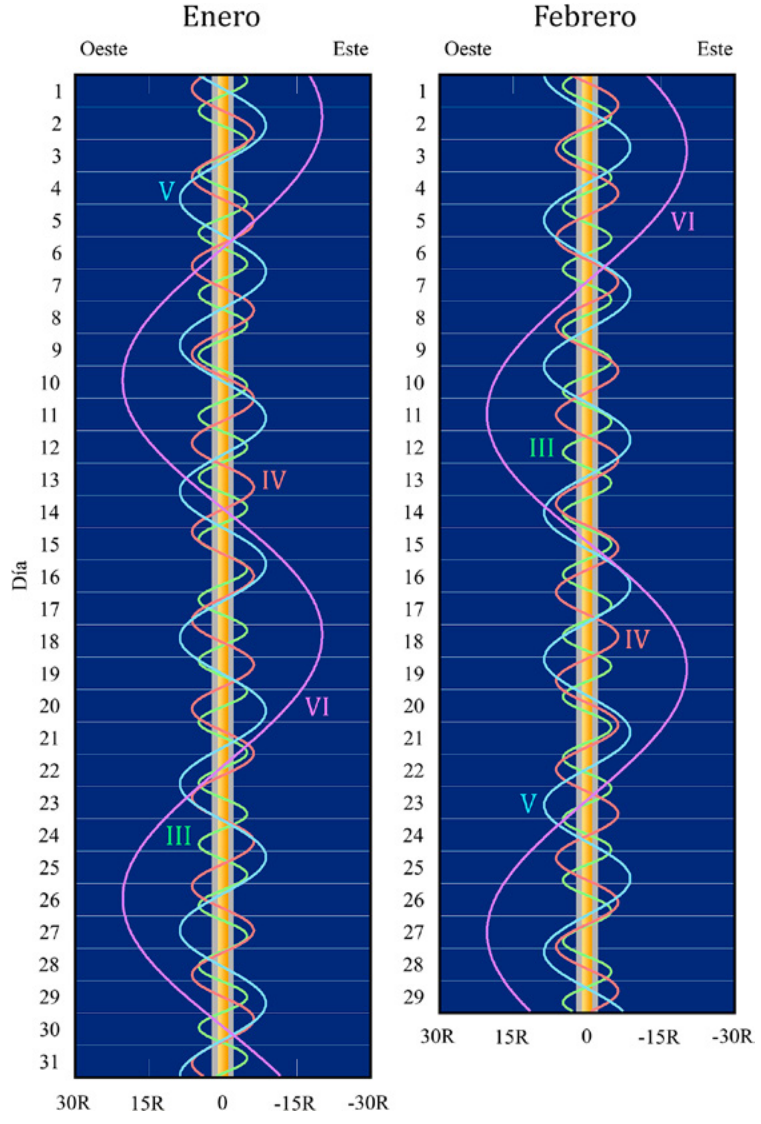

Julio
Agosto
Oeste
Este
Día
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
III
II
IV
I
30R
15R
0
-15R
-30R


Setiembre
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
I
IV
II
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
II
IV
III
I
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
I
III
IV
II
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
II
I
III
IV
30R
15R
0
-15R
-30R

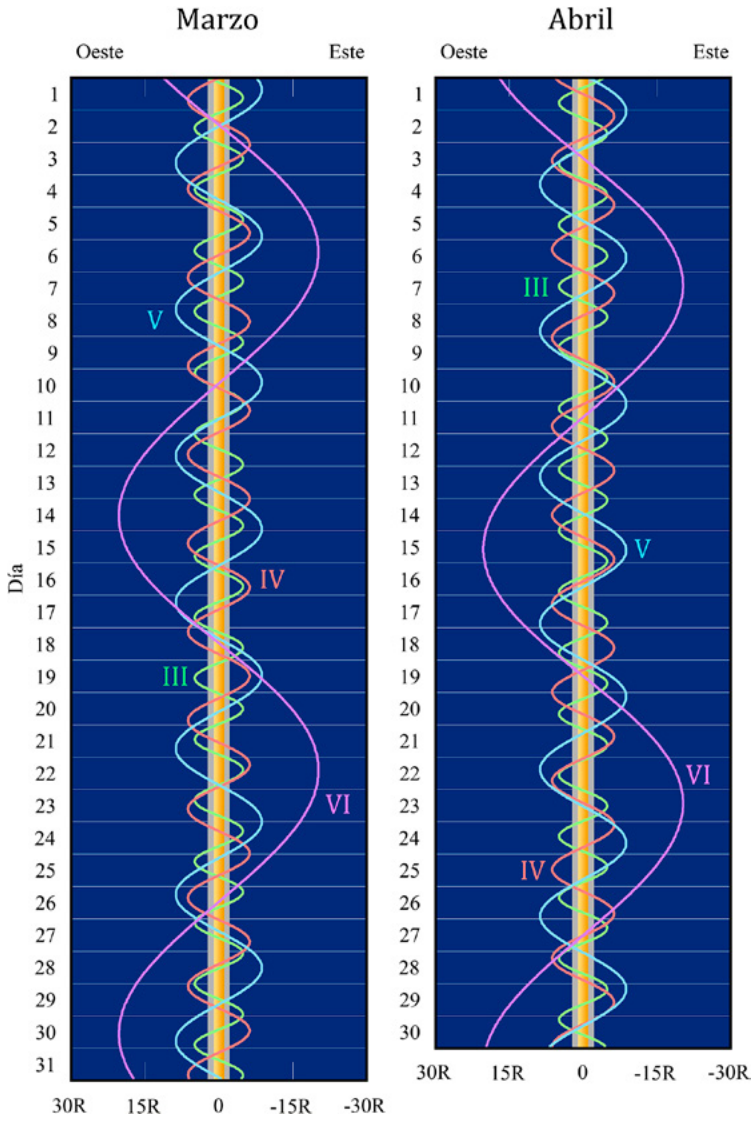
Posiciones relativas de los satélites de Saturno

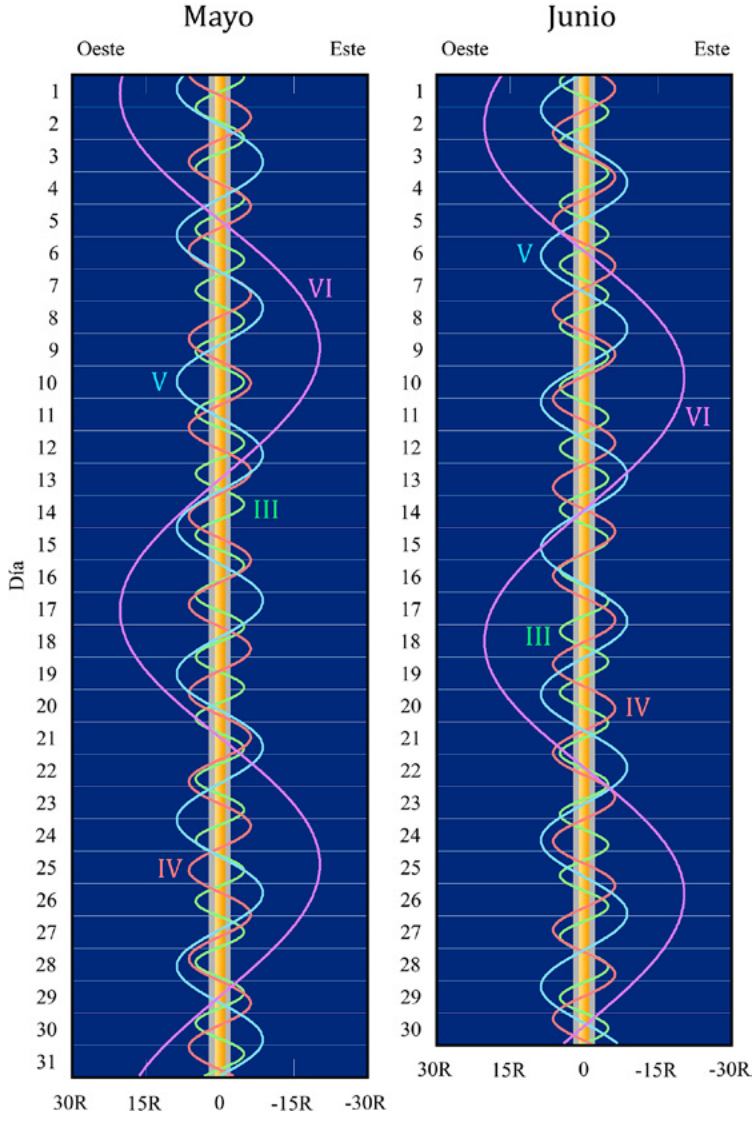
De menor a mayor amplitud, las posiciones dibujadas corresponden a Tetis (III), Dione (IV), Rea (V) y Titán (VI).

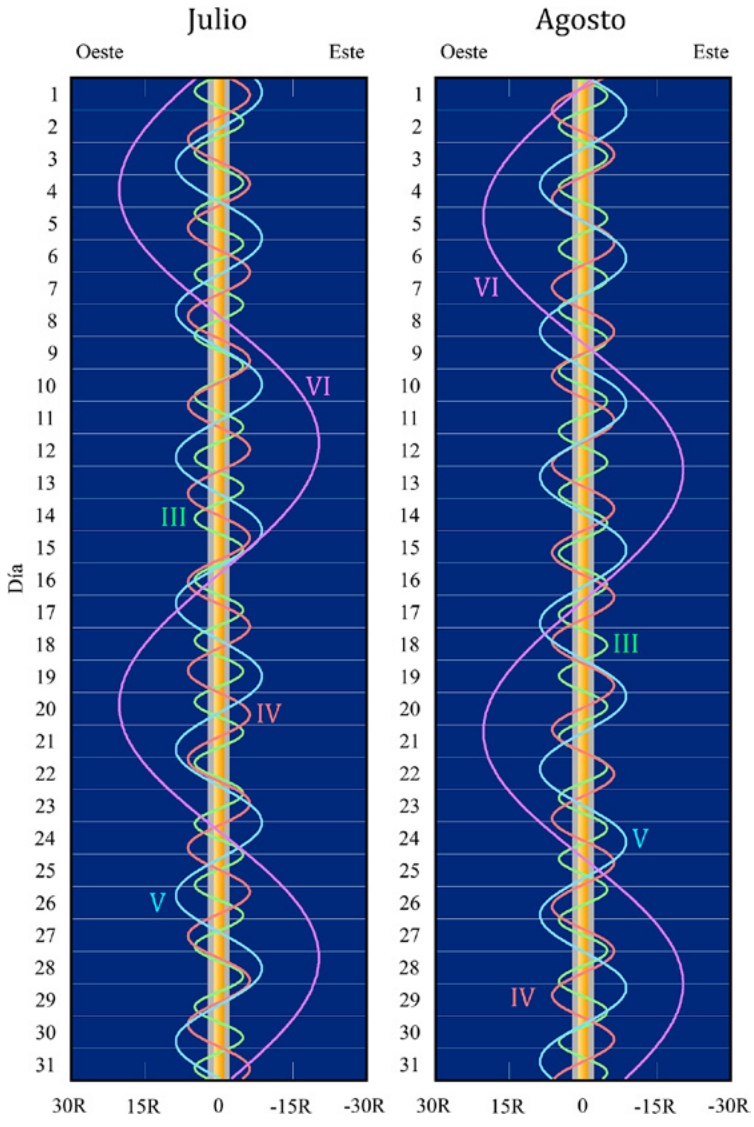


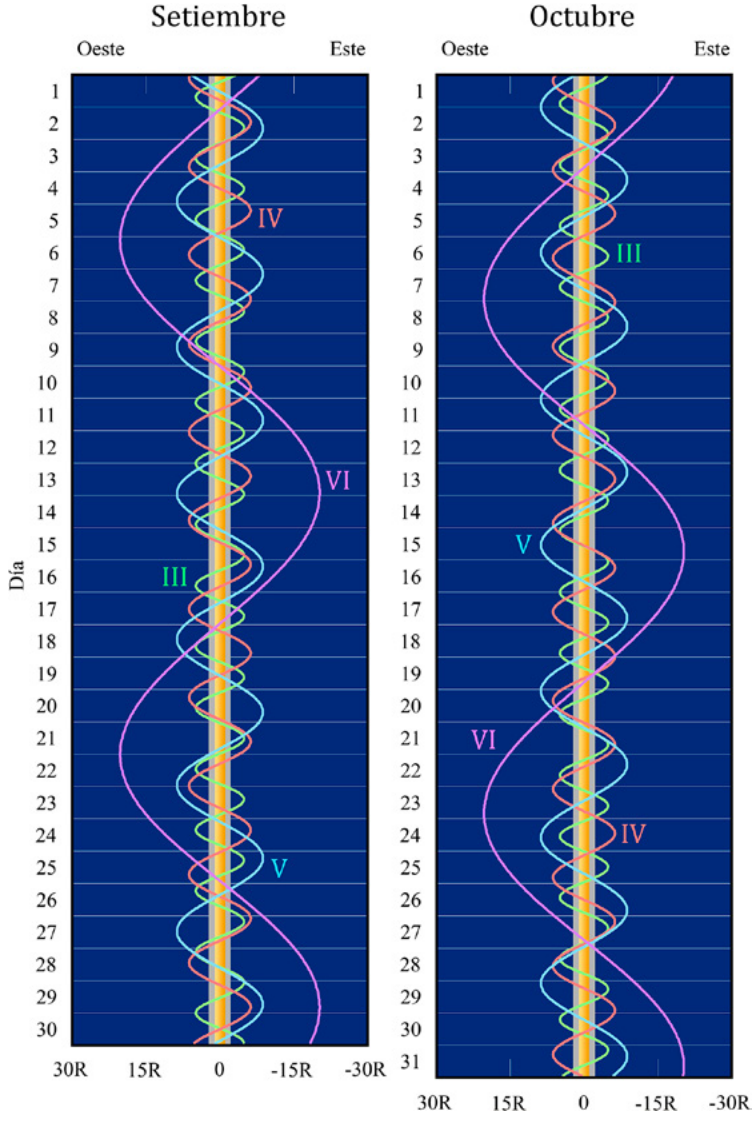
Obsérvese que Oeste y Este están colocados como se ven en un telescopio y al revés de cómo se ven con unos prismáticos.

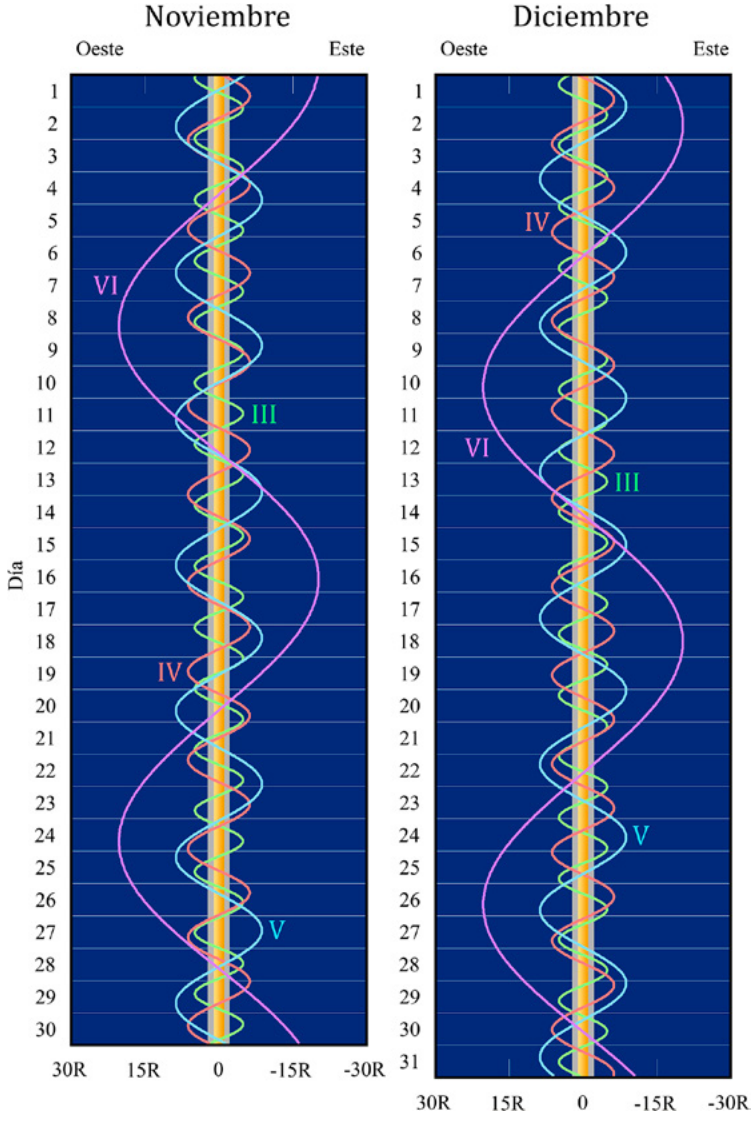
La línea vertical central indica el tamaño del planeta. La separación respecto del centro del planeta viene dada en radios planetarios (R).




Mayo
Junio
Oeste
Este
Día
VI
V
III
IV
30R
15R
0
-15R
-30R


Julio
Agosto
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
VI
III
IV
V
30R
15R
0
-15R
-30R


Setiembre
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
IV
VI
III
V
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
III
V
VI
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
VI
III
IV
V
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
IV
VI
III
V
30R
15R
0
-15R
-30R



CAPÍTULO 6

Objetos menores del sistema solar





Vista del asteroide 243 Ida obtenida por el sistema de imágenes de la nave espacial Galileo de la NASA. NASA/JPL

6.1. Estadísticas de objetos menores

Número de objetos conocidos de distinto tipo en mayo de 2023:

Planetas enanos:	5
Satélites de los planetas enanos:	9
Asteroides descubiertos:	~ 1 278 000
Asteroides numerados:	~ 620 000
Asteroides nombrados:	~ 23 500
Ritmo anual de descubrimiento de asteroides:	~ 70 000
Asteroides potencialmente peligrosos:	2339
Objetos Atenas ($Q > 0{,}983$ ua, $a < 1$ ua):	2546
Objetos Apolo ($q < 1{,}017$ ua, $a > 1$ ua):	16 418
Objetos Amor ($1{,}017 < q < 1{,}3$ ua):	13 092
Objetos Centauro (entre Júpiter y Neptuno):	43
Objetos transneptunianos:	3109
Cometas con denominación IAU:	~ 4500
Cometas de corto periodo numerados:	460
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 291.

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 pasan a ser planetas enanos el asteroide Ceres, el plutoide Eris y, en junio y setiembre del año 2008, los plutoides Makemake y Haumea.

Elementos orbitales y 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: ω = ϖ - Ω

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	0º,214304	17,88	466,72
Plutón	247,94	0º,003975	4,67	366,73
Haumea	282,77	0º,003486	4,48	366,54
Makemake	306,74	0º,003213	4,42	366,44
Eris	557,00	0º,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, Mp ($\mathcal{M}_\oplus$)	densidad media (g cm^{-3})	gravedad superf. ecu. (m s^{-2})	constante gravit., GMp (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. Aún no hay descubridor oficial.
Eris:	21 de octubre de 2003, por Michael E. Brown, Chad A. Trujillo y David L. Rabinowitz en el Observatorio de Monte Palomar (EEUU). El descubrimiento se anunció el 29 de julio de 2005.
Makemake:	31 de marzo de 2005, por Michael E. Brown, Chad A. Trujillo y David L. Rabinowitz en el Observatorio de Monte Palomar (EEUU). El descubrimiento se anunció el 29 de julio de 2005.

Satélites de los planetas enanos

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

AOT: adaptive-optics team del Observatorio Keck en Mauna Kea.
Los valores del tamaño y el periodo del satélite de Makemake son preliminares.

Efemérides de los planetas enanos

Coordenadas astrométricas, incluyendo perturbaciones planetarias.

CERES 2024

(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	16 56 17,0	−20 41 30	3,623	2,760	9	8,9
Ene	11	17 13 24,6	−21 20 07	3,567	2,768	10	9,0
Ene	21	17 30 14,5	−21 51 42	3,498	2,777	12	9,0
Ene	31	17 46 39,4	−22 16 47	3,418	2,785	14	9,1
Feb	10	18 02 31,8	−22 36 08	3,326	2,793	16	9,1
Feb	20	18 17 42,8	−22 50 41	3,224	2,801	17	9,0
Mar	1	18 32 03,5	−23 01 35	3,113	2,809	18	9,0
Mar	11	18 45 24,7	−23 10 11	2,994	2,817	19	9,0
Mar	21	18 57 34,9	−23 18 01	2,870	2,824	20	8,9
Mar	31	19 08 23,1	−23 26 47	2,742	2,832	21	8,8
Abr	10	19 17 36,6	−23 38 14	2,613	2,840	21	8,7
Abr	20	19 25 00,4	−23 54 13	2,484	2,847	20	8,6
Abr	30	19 30 20,9	−24 16 20	2,359	2,854	19	8,5
May	10	19 33 22,8	−24 45 56	2,241	2,862	18	8,3
May	20	19 33 52,8	−25 23 38	2,133	2,869	16	8,2
May	30	19 31 44,6	−26 08 56	2,041	2,876	14	8,0
Jun	9	19 26 59,2	−27 00 03	1,967	2,882	11	7,8
Jun	19	19 19 54,4	−27 53 38	1,915	2,889	7	7,6
Jun	29	19 11 06,5	−28 45 22	1,889	2,895	4	7,4
Jul	9	19 01 27,0	−29 30 57	1,891	2,902	3	7,3
Jul	19	18 52 00,6	−30 07 12	1,920	2,908	6	7,5
Jul	29	18 43 48,1	−30 32 52	1,975	2,913	9	7,8
Ago	8	18 37 37,2	−30 48 32	2,054	2,919	12	8,0
Ago	18	18 33 59,2	−30 55 49	2,152	2,925	15	8,2
Ago	28	18 33 04,8	−30 56 38	2,267	2,930	17	8,4
Set	7	18 34 51,5	−30 52 31	2,394	2,935	18	8,6
Set	17	18 39 09,2	−30 44 25	2,529	2,940	19	8,7
Set	27	18 45 41,0	−30 32 46	2,669	2,944	20	8,8
Oct	7	18 54 10,4	−30 17 30	2,811	2,949	20	9,0
Oct	17	19 04 20,5	−29 58 21	2,952	2,953	19	9,1
Oct	27	19 15 54,6	−29 34 55	3,091	2,957	19	9,1
Nov	6	19 28 38,9	−29 06 45	3,224	2,960	18	9,2
Nov	16	19 42 19,9	−28 33 29	3,350	2,964	17	9,2
Nov	26	19 56 45,5	−27 54 54	3,468	2,967	15	9,3
Dic	6	20 11 46,1	−27 10 47	3,575	2,970	14	9,3
Dic	16	20 27 12,0	−26 21 12	3,671	2,973	12	9,3
Dic	26	20 42 55,1	−25 26 18	3,755	2,975	10	9,3

PLUTÓN 2024

(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 07 09,1	−23 03 27	35,848	34,923	1	14,5
Ene	11	20 08 30,2	−23 00 04	35,898	34,929	0	14,5
Ene	21	20 09 53,4	−22 56 42	35,919	34,936	0	14,5
Ene	31	20 11 16,4	−22 53 25	35,911	34,943	0	14,5
Feb	10	20 12 37,4	−22 50 20	35,874	34,950	1	14,5
Feb	20	20 13 54,5	−22 47 34	35,809	34,956	1	14,5
Mar	1	20 15 05,9	−22 45 11	35,719	34,963	1	14,5
Mar	11	20 16 09,9	−22 43 16	35,607	34,970	1	14,5
Mar	21	20 17 05,1	−22 41 54	35,476	34,977	1	14,5
Mar	31	20 17 50,3	−22 41 09	35,330	34,983	2	14,5
Abr	10	20 18 24,5	−22 41 02	35,174	34,990	2	14,5
Abr	20	20 18 47,1	−22 41 35	35,012	34,997	2	14,5
Abr	30	20 18 57,8	−22 42 47	34,849	35,004	2	14,5
May	10	20 18 56,5	−22 44 38	34,690	35,011	2	14,5
May	20	20 18 43,5	−22 47 04	34,540	35,017	1	14,5
May	30	20 18 19,6	−22 50 02	34,404	35,024	1	14,5
Jun	9	20 17 45,6	−22 53 27	34,284	35,031	1	14,4
Jun	19	20 17 02,9	−22 57 12	34,186	35,038	1	14,4
Jun	29	20 16 13,2	−23 01 11	34,112	35,044	1	14,4
Jul	9	20 15 18,1	−23 05 17	34,065	35,051	0	14,4
Jul	19	20 14 19,8	−23 09 22	34,046	35,058	0	14,4
Jul	29	20 13 20,4	−23 13 19	34,056	35,065	0	14,4
Ago	8	20 12 22,1	−23 17 01	34,095	35,072	0	14,4
Ago	18	20 11 27,0	−23 20 22	34,162	35,078	1	14,4
Ago	28	20 10 37,3	−23 23 16	34,255	35,085	1	14,4
Set	7	20 09 54,8	−23 25 39	34,373	35,092	1	14,5
Set	17	20 09 21,2	−23 27 27	34,511	35,099	1	14,5
Set	27	20 08 57,8	−23 28 38	34,666	35,106	1	14,5
Oct	7	20 08 45,8	−23 29 11	34,834	35,112	2	14,5
Oct	17	20 08 45,8	−23 29 05	35,009	35,119	2	14,5
Oct	27	20 08 58,1	−23 28 21	35,188	35,126	2	14,5
Nov	6	20 09 22,6	−23 27 02	35,364	35,133	2	14,5
Nov	16	20 09 58,9	−23 25 09	35,533	35,140	1	14,5
Nov	26	20 10 46,2	−23 22 47	35,689	35,147	1	14,5
Dic	6	20 11 43,4	−23 19 59	35,830	35,153	1	14,5
Dic	16	20 12 49,1	−23 16 50	35,949	35,160	1	14,5
Dic	26	20 14 01,8	−23 13 26	36,045	35,167	1	14,5

La magnitud de Plutón incluye la de su satélite principal Caronte

HAUMEA 2024

(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	14 36 25,8	+14 17 23	50,327	50,012	1	17,4
Ene	11	14 36 52,8	+14 20 41	50,178	50,010	1	17,4
Ene	21	14 37 12,4	+14 24 55	50,023	50,007	1	17,4
Ene	31	14 37 24,0	+14 29 55	49,867	50,005	1	17,4
Feb	10	14 37 27,4	+14 35 33	49,715	50,002	1	17,4
Feb	20	14 37 22,6	+14 41 37	49,573	49,999	1	17,4
Mar	1	14 37 10,1	+14 47 54	49,443	49,997	1	17,3
Mar	11	14 36 50,2	+14 54 11	49,330	49,995	1	17,3
Mar	21	14 36 23,7	+15 00 17	49,237	49,992	1	17,3
Mar	31	14 35 51,9	+15 05 58	49,167	49,989	1	17,3
Abr	10	14 35 15,7	+15 11 02	49,121	49,987	1	17,3
Abr	20	14 34 36,5	+15 15 20	49,102	49,984	1	17,3
Abr	30	14 33 55,7	+15 18 43	49,108	49,982	1	17,3
May	10	14 33 14,8	+15 21 05	49,140	49,980	1	17,3
May	20	14 32 35,2	+15 22 19	49,196	49,977	1	17,3
May	30	14 31 58,2	+15 22 25	49,275	49,974	1	17,3
Jun	9	14 31 25,1	+15 21 22	49,374	49,972	1	17,3
Jun	19	14 30 57,0	+15 19 12	49,489	49,969	1	17,4
Jun	29	14 30 34,7	+15 15 58	49,618	49,967	1	17,4
Jul	9	14 30 19,2	+15 11 45	49,757	49,964	1	17,4
Jul	19	14 30 10,9	+15 06 41	49,902	49,962	1	17,4
Jul	29	14 30 10,1	+15 00 54	50,048	49,959	1	17,4
Ago	8	14 30 17,0	+14 54 33	50,191	49,957	1	17,4
Ago	18	14 30 31,6	+14 47 48	50,328	49,954	1	17,4
Ago	28	14 30 53,5	+14 40 49	50,454	49,952	1	17,4
Set	7	14 31 22,3	+14 33 46	50,566	49,949	1	17,4
Set	17	14 31 57,3	+14 26 51	50,660	49,947	1	17,4
Set	27	14 32 37,8	+14 20 14	50,734	49,944	1	17,4
Oct	7	14 33 22,7	+14 14 05	50,785	49,942	1	17,4
Oct	17	14 34 11,2	+14 08 34	50,812	49,939	1	17,4
Oct	27	14 35 01,8	+14 03 49	50,814	49,937	1	17,4
Nov	6	14 35 53,5	+13 59 58	50,790	49,934	1	17,4
Nov	16	14 36 44,9	+13 57 06	50,740	49,931	1	17,4
Nov	26	14 37 34,7	+13 55 20	50,667	49,929	1	17,4
Dic	6	14 38 21,7	+13 54 40	50,571	49,926	1	17,4
Dic	16	14 39 04,5	+13 55 10	50,456	49,924	1	17,4
Dic	26	14 39 42,1	+13 56 46	50,324	49,921	1	17,4

MAKEMAKE 2024

(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 23 11,7	+21 08 04	52,677	52,675	1	17,2
Ene	11	13 23 22,8	+21 12 24	52,524	52,676	1	17,2
Ene	21	13 23 26,0	+21 17 28	52,375	52,676	1	17,1
Ene	31	13 23 21,3	+21 23 03	52,235	52,677	1	17,1
Feb	10	13 23 08,9	+21 28 59	52,109	52,678	1	17,1
Feb	20	13 22 49,4	+21 35 01	52,001	52,678	1	17,1
Mar	1	13 22 23,5	+21 40 58	51,913	52,679	1	17,1
Mar	11	13 21 52,2	+21 46 37	51,849	52,680	1	17,1
Mar	21	13 21 16,6	+21 51 44	51,810	52,680	1	17,1
Mar	31	13 20 38,1	+21 56 09	51,797	52,681	1	17,1
Abr	10	13 19 58,0	+21 59 42	51,811	52,682	1	17,1
Abr	20	13 19 17,7	+22 02 16	51,851	52,682	1	17,1
Abr	30	13 18 38,6	+22 03 46	51,915	52,683	1	17,1
May	10	13 18 02,1	+22 04 08	52,002	52,684	1	17,1
May	20	13 17 29,4	+22 03 20	52,109	52,684	1	17,1
May	30	13 17 01,5	+22 01 25	52,231	52,685	1	17,1
Jun	9	13 16 39,3	+21 58 25	52,367	52,685	1	17,2
Jun	19	13 16 23,6	+21 54 24	52,512	52,686	1	17,2
Jun	29	13 16 14,9	+21 49 29	52,661	52,687	1	17,2
Jul	9	13 16 13,5	+21 43 48	52,811	52,687	1	17,2
Jul	19	13 16 19,4	+21 37 29	52,957	52,688	1	17,2
Jul	29	13 16 32,7	+21 30 41	53,096	52,689	1	17,2
Ago	8	13 16 52,9	+21 23 35	53,223	52,689	1	17,2
Ago	18	13 17 19,8	+21 16 20	53,335	52,690	1	17,2
Ago	28	13 17 52,5	+21 09 08	53,429	52,691	1	17,2
Set	7	13 18 30,5	+21 02 08	53,503	52,691	1	17,2
Set	17	13 19 12,7	+20 55 31	53,553	52,692	1	17,1
Set	27	13 19 58,2	+20 49 25	53,579	52,693	1	17,1
Oct	7	13 20 45,9	+20 44 01	53,580	52,693	0	17,1
Oct	17	13 21 34,6	+20 39 26	53,555	52,694	1	17,1
Oct	27	13 22 23,1	+20 35 46	53,505	52,694	1	17,2
Nov	6	13 23 10,1	+20 33 08	53,431	52,695	1	17,2
Nov	16	13 23 54,5	+20 31 35	53,335	52,696	1	17,2
Nov	26	13 24 35,1	+20 31 10	53,220	52,696	1	17,2
Dic	6	13 25 10,8	+20 31 52	53,089	52,697	1	17,2
Dic	16	13 25 40,5	+20 33 41	52,946	52,697	1	17,2
Dic	26	13 26 03,6	+20 36 32	52,795	52,698	1	17,2

ERIS 2024

(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	01 44 20,8	+00 58 28	95,459	95,699	1	18,7
Ene	11	01 44 16,2	+00 57 17	95,626	95,697	1	18,7
Ene	21	01 44 15,7	+00 55 42	95,795	95,695	1	18,7
Ene	31	01 44 19,3	+00 53 46	95,961	95,692	1	18,7
Feb	10	01 44 26,8	+00 51 30	96,118	95,690	1	18,7
Feb	20	01 44 38,1	+00 48 58	96,262	95,688	0	18,7
Mar	1	01 44 52,8	+00 46 15	96,389	95,685	0	18,7
Mar	11	01 45 10,3	+00 43 24	96,495	95,683	0	18,7
Mar	21	01 45 30,3	+00 40 30	96,576	95,681	0	18,7
Mar	31	01 45 52,0	+00 37 37	96,631	95,678	0	18,7
Abr	10	01 46 15,0	+00 34 50	96,657	95,676	0	18,7
Abr	20	01 46 38,6	+00 32 12	96,656	95,674	0	18,7
Abr	30	01 47 02,0	+00 29 46	96,626	95,671	0	18,7
May	10	01 47 24,8	+00 27 37	96,569	95,669	0	18,7
May	20	01 47 46,2	+00 25 47	96,486	95,667	0	18,7
May	30	01 48 05,7	+00 24 18	96,380	95,665	0	18,7
Jun	9	01 48 22,8	+00 23 12	96,254	95,662	0	18,7
Jun	19	01 48 37,1	+00 22 30	96,112	95,660	1	18,7
Jun	29	01 48 48,1	+00 22 13	95,956	95,657	1	18,7
Jul	9	01 48 55,7	+00 22 20	95,792	95,655	1	18,7
Jul	19	01 48 59,4	+00 22 50	95,624	95,653	1	18,7
Jul	29	01 48 59,4	+00 23 43	95,457	95,650	1	18,7
Ago	8	01 48 55,5	+00 24 55	95,295	95,648	1	18,7
Ago	18	01 48 47,9	+00 26 25	95,143	95,646	1	18,7
Ago	28	01 48 36,7	+00 28 09	95,005	95,644	0	18,7
Set	7	01 48 22,3	+00 30 04	94,885	95,641	0	18,7
Set	17	01 48 05,2	+00 32 05	94,788	95,639	0	18,7
Set	27	01 47 45,7	+00 34 09	94,715	95,636	0	18,6
Oct	7	01 47 24,5	+00 36 10	94,670	95,634	0	18,6
Oct	17	01 47 02,3	+00 38 05	94,653	95,632	0	18,6
Oct	27	01 46 39,7	+00 39 48	94,666	95,629	0	18,6
Nov	6	01 46 17,5	+00 41 17	94,708	95,627	0	18,6
Nov	16	01 45 56,4	+00 42 26	94,778	95,625	0	18,6
Nov	26	01 45 37,0	+00 43 14	94,874	95,622	0	18,7
Dic	6	01 45 20,1	+00 43 37	94,993	95,620	0	18,7
Dic	16	01 45 06,2	+00 43 35	95,131	95,618	1	18,7
Dic	26	01 44 55,6	+00 43 06	95,285	95,615	1	18,7

6.3. Asteroides

En mayo de 2023 se llevan descubiertos unos 1 278 000 asteroides, de los cuales unos 620 000 han sido numerados y unos 23 500 han recibido un nombre. Por su órbita y su tamaño, unos 2339 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	2,7655	0,0800	73,213	80,409	10,587
2	Palas	2018,59	2,7696	0,2301	310,865	172,918	34,927
3	Juno	2018,92	2,6701	0,2565	247,736	169,843	12,991
4	Vesta	2022,01	2,3630	0,0888	151,599	103,757	7,139
5	Astrea	2020,25	2,5787	0,1879	358,886	141,523	5,360
6	Hebe	2022,25	2,4252	0,2028	239,540	138,638	14,738
7	Iris	2021,59	2,3870	0,2297	145,413	259,504	5,518
8	Flora	2020,84	2,2010	0,1564	285,609	110,864	5,889
9	Metis	2020,17	2,3866	0,1234	5,900	68,884	5,577
10	Hygiea	2022,59	3,1402	0,1112	312,486	283,173	3,832
11	Partenope	2020,25	2,4531	0,0994	195,738	125,521	4,631
12	Victoria	2021,59	2,3334	0,2205	69,611	235,363	8,374
13	Egeria	2021,34	2,5756	0,0856	79,906	43,209	16,537
14	Irene	2021,59	2,5863	0,1655	97,766	86,108	9,120
15	Eunomia	2020,26	2,6431	0,1870	98,713	292,908	11,754
16	Psyche	2020,34	2,9241	0,1341	229,328	150,031	3,097
18	Melpomene	2020,25	2,2951	0,2182	228,181	150,359	10,133
19	Fortuna	2021,09	2,4427	0,1572	182,545	211,033	1,573
20	Masalia	2021,92	2,4086	0,1433	257,507	205,968	0,709
27	Euterpe	2019,59	2,3470	0,1713	356,363	94,769	1,583
29	Amphitrite	2020,25	2,5538	0,0737	63,015	356,328	6,083
39	Laetitia	2020,09	2,7693	0,1119	209,701	156,936	10,370
40	Harmonia	2021,75	2,2674	0,0463	268,951	94,164	4,256
44	Nysa	2022,26	2,4231	0,1491	344,163	131,500	3,712
51	Nemausa	2022,01	2,3649	0,0674	1,691	175,955	9,979
89	Julia	2021,84	2,5503	0,1845	45,095	311,546	16,126
192	Nausikaa	2023,09	2,4032	0,2461	30,605	343,099	6,798
230	Atamantis	2022,76	2,3820	0,0618	139,023	239,773	9,455
349	Dembowska	2022,34	2,9231	0,0895	344,314	32,193	8,251
354	Eleonora	2019,75	2,8012	0,1115	7,518	140,246	18,360

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

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

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

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

El periodo de revolución, expresado en años, se determina mediante:

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

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	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 184 o, en primera aproximación, *R* = 1).

Fechas de oposición en 2024 de los primeros asteroides

	nombre	oposición en longitud		magnitud V	oposición en asc. recta	
1	Ceres	Jul 6	0 h	7,3	Jul 6	15 h
2	Palas	May 19	14 h	9,0	May 28	0 h
3	Juno	Mar 3	17 h	8,6	Mar 2	22 h
6	Hebe	Abr 22	18 h	9,9	Abr 29	0 h
7	Iris	Ago 6	20 h	8,3	Ago 4	20 h
10	Hygiea	Oct 22	1 h	10,4	Oct 20	9 h
11	Partenope	Nov 13	20 h	9,8	Nov 15	9 h
12	Victoria	Abr 1	17 h	10,5	Mar 29	8 h
13	Egeria	Dic 2	21 h	10,1	Dic 1	6 h
15	Eunomia	Dic 14	3 h	8,1	Dic 13	14 h
16	Psyche	Ago 6	6 h	9,6	Ago 5	21 h
19	Fortuna	Oct 17	11 h	9,2	Oct 17	8 h
20	Masalia	Set 29	15 h	9,3	Set 29	12 h
27	Euterpe	May 5	11 h	10,3	May 5	22 h
39	Laetitia	Oct 7	17 h	9,5	Oct 11	11 h
40	Harmonia	Jul 21	9 h	9,6	Jul 21	23 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 para 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 ánua.

(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	**2024**						
Consultar efemérides en el apartado de planetas enanos							
2 PALAS	**2024**						
Mar	1	16 35 08,5	+09 12 29	2,513	2,771	21	9,4
Mar	11	16 42 13,1	+11 25 50	2,425	2,795	20	9,3
Mar	21	16 47 05,8	+13 49 21	2,345	2,818	20	9,2
Mar	31	16 49 35,3	+16 18 33	2,276	2,842	19	9,1
Abr	10	16 49 33,0	+18 47 34	2,220	2,864	17	9,1
Abr	20	16 46 58,2	+21 08 52	2,179	2,887	16	9,0
Abr	30	16 42 02,9	+23 14 13	2,157	2,909	15	9,0
May	10	16 35 11,1	+24 55 42	2,153	2,931	15	8,9
May	20	16 27 02,8	+26 06 34	2,169	2,953	15	9,0
May	30	16 18 27,9	+26 43 16	2,204	2,974	15	9,0
Jun	9	16 10 17,2	+26 45 17	2,257	2,995	15	9,1
Jun	19	16 03 17,3	+26 15 10	2,327	3,015	16	9,2
Jun	29	15 58 01,2	+25 17 59	2,412	3,035	17	9,3
Jul	9	15 54 47,4	+23 59 26	2,509	3,055	18	9,5
Jul	19	15 53 43,5	+22 25 28	2,616	3,074	18	9,6
Jul	29	15 54 46,0	+20 41 38	2,731	3,092	19	9,7
Ago	8	15 57 46,9	+18 52 17	2,851	3,110	19	9,8
Ago	18	16 02 36,1	+17 01 12	2,975	3,128	19	9,9
3 JUNO	**2024**						
Ene	1	11 17 40,3	−01 46 44	2,012	2,506	22	9,7
Ene	11	11 20 07,6	−01 41 14	1,915	2,534	20	9,6
Ene	21	11 19 58,2	−01 14 09	1,829	2,562	17	9,4
Ene	31	11 17 12,4	−00 24 37	1,758	2,589	14	9,2
Feb	10	11 12 03,0	+00 46 22	1,707	2,617	10	9,1

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	declinación δ_{2000} ($^\circ$ $'$ $''$)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	Ángulo de fase β ($^\circ$)	mag. V
Feb	20	11 05 01,9	+02 14 50	1,681	2,644	6	8,9
Mar	1	10 56 59,8	+03 53 39	1,682	2,671	2	8,6
Mar	11	10 48 55,4	+05 34 06	1,713	2,698	3	8,8
Mar	21	10 41 48,4	+07 07 23	1,772	2,725	8	9,1
Mar	31	10 36 25,2	+08 26 44	1,858	2,751	11	9,4
Abr	10	10 33 12,5	+09 28 27	1,966	2,777	14	9,7
Abr	20	10 32 21,2	+10 11 10	2,093	2,802	17	9,9
Abr	30	10 33 46,8	+10 35 33	2,233	2,827	19	10,1
May	10	10 37 16,9	+10 43 14	2,382	2,852	20	10,3
May	20	10 42 36,8	+10 36 02	2,538	2,876	20	10,5
May	30	10 49 29,0	+10 16 04	2,697	2,900	20	10,6
6 HEBE	**2024**						
Ene	31	14 40 02,6	−01 09 12	2,708	2,917	20	11,1
Feb	10	14 46 46,5	−00 38 29	2,569	2,916	19	11,0
Feb	20	14 51 38,6	+00 06 15	2,435	2,915	19	10,8
Mar	1	14 54 24,5	+01 04 23	2,309	2,913	17	10,7
Mar	11	14 54 51,0	+02 14 32	2,195	2,911	16	10,5
Mar	21	14 52 50,5	+03 33 42	2,097	2,907	13	10,3
Mar	31	14 48 27,3	+04 57 18	2,019	2,903	11	10,1
Abr	10	14 41 57,6	+06 19 17	1,964	2,899	9	10,0
Abr	20	14 33 54,7	+07 32 24	1,936	2,893	7	9,9
Abr	30	14 25 06,3	+08 29 56	1,934	2,887	8	9,9
May	10	14 16 25,2	+09 06 49	1,959	2,880	10	10,0
May	20	14 08 43,4	+09 20 27	2,008	2,873	13	10,2
May	30	14 02 40,8	+09 11 11	2,078	2,865	15	10,3
Jun	9	13 58 41,8	+08 41 12	2,165	2,856	17	10,5
Jun	19	13 56 58,0	+07 53 39	2,265	2,846	19	10,6
Jun	29	13 57 27,9	+06 52 12	2,374	2,836	20	10,7
Jul	9	14 00 04,4	+05 40 00	2,490	2,825	21	10,9
Jul	19	14 04 37,2	+04 19 53	2,607	2,814	21	11,0
7 IRIS	**2024**						
May	10	21 06 08,6	−13 10 15	2,200	2,490	24	10,4
May	20	21 14 24,1	−12 05 33	2,051	2,466	24	10,3
May	30	21 20 48,3	−11 04 52	1,907	2,441	23	10,1
Jun	9	21 25 03,3	−10 10 16	1,769	2,416	22	9,8

(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
Jun	19	21 26 51,2	−09 24 04	1,641	2,391	20	9,6
Jun	29	21 25 57,8	−08 48 29	1,525	2,365	17	9,3
Jul	9	21 22 13,9	−08 25 43	1,425	2,339	14	9,0
Jul	19	21 15 46,8	−08 17 11	1,345	2,313	10	8,7
Jul	29	21 07 06,4	−08 22 52	1,287	2,287	6	8,4
Ago	8	20 57 05,9	−08 41 13	1,253	2,261	4	8,2
Ago	18	20 47 02,9	−09 08 36	1,244	2,234	7	8,4
Ago	28	20 38 17,7	−09 40 14	1,259	2,208	12	8,6
Set	7	20 31 57,9	−10 11 24	1,295	2,182	16	8,8
Set	17	20 28 49,1	−10 37 50	1,349	2,156	20	9,0
Set	27	20 29 06,8	−10 56 30	1,417	2,131	23	9,1
Oct	7	20 32 48,0	−11 05 18	1,495	2,106	26	9,3
Oct	17	20 39 37,6	−11 02 40	1,580	2,081	27	9,4
Oct	27	20 49 12,0	−10 47 47	1,669	2,057	29	9,6
Nov	6	21 01 09,0	−10 20 03	1,759	2,034	29	9,7
10 HYGIEA	**2024**						
Jul	29	01 59 40,7	+16 31 49	3,194	3,392	17	11,7
Ago	8	02 03 53,6	+17 05 32	3,059	3,399	17	11,6
Ago	18	02 06 24,2	+17 30 34	2,928	3,406	16	11,5
Ago	28	02 07 03,0	+17 46 00	2,805	3,412	15	11,3
Set	7	02 05 42,9	+17 50 46	2,693	3,418	13	11,2
Set	17	02 02 24,3	+17 44 01	2,598	3,424	11	11,0
Set	27	01 57 18,0	+17 25 26	2,523	3,430	8	10,9
Oct	7	01 50 45,1	+16 55 33	2,473	3,435	5	10,7
Oct	17	01 43 20,2	+16 16 15	2,450	3,440	2	10,5
Oct	27	01 35 44,9	+15 30 48	2,458	3,445	2	10,5
Nov	6	01 28 41,9	+14 43 22	2,495	3,450	5	10,7
Nov	16	01 22 50,3	+13 58 37	2,561	3,454	8	10,9
Nov	26	01 18 37,3	+13 20 29	2,652	3,458	11	11,1
Dic	6	01 16 18,6	+12 51 54	2,764	3,462	13	11,3
Dic	16	01 15 59,8	+12 34 32	2,893	3,466	15	11,4
Dic	26	01 17 37,0	+12 28 48	3,034	3,469	16	11,6
11 PARTENOPE	**2024**						
Ago	18	03 29 46,3	+13 38 18	2,076	2,336	26	11,3
Ago	28	03 39 18,1	+13 50 57	1,966	2,346	25	11,2

(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
Set	7	03 46 41,5	+13 53 24	1,858	2,357	24	11,1
Set	17	03 51 34,3	+13 45 59	1,755	2,367	23	10,9
Set	27	03 53 37,4	+13 29 20	1,661	2,378	20	10,7
Oct	7	03 52 34,9	+13 04 23	1,578	2,389	17	10,5
Oct	17	03 48 25,8	+12 32 47	1,512	2,400	14	10,3
Oct	27	03 41 29,3	+11 57 06	1,466	2,411	9	10,1
Nov	6	03 32 27,7	+11 20 54	1,444	2,421	5	9,9
Nov	16	03 22 29,4	+10 48 47	1,449	2,432	3	9,8
Nov	26	03 12 51,8	+10 25 18	1,482	2,443	7	10,0
Dic	6	03 04 45,6	+10 14 07	1,541	2,454	11	10,3
Dic	16	02 59 03,7	+10 17 14	1,623	2,465	15	10,6
Dic	26	02 56 10,9	+10 34 37	1,725	2,476	18	10,8
12 VICTORIA		**2024**					
Ene	11	12 43 58,2	−13 42 44	2,338	2,605	22	12,3
Ene	21	12 50 24,3	−14 44 29	2,186	2,585	22	12,2
Ene	31	12 54 53,2	−15 34 45	2,038	2,566	21	12,0
Feb	10	12 57 04,7	−16 10 48	1,898	2,545	20	11,7
Feb	20	12 56 41,0	−16 29 22	1,769	2,524	17	11,5
Mar	1	12 53 34,6	−16 27 19	1,655	2,502	15	11,2
Mar	11	12 47 50,0	−16 01 49	1,561	2,480	11	11,0
Mar	21	12 39 55,2	−15 11 51	1,490	2,458	7	10,7
Mar	31	12 30 42,8	−13 59 51	1,445	2,435	4	10,4
Abr	10	12 21 20,5	−12 31 51	1,427	2,411	6	10,5
Abr	20	12 13 02,7	−10 57 17	1,435	2,387	10	10,7
Abr	30	12 06 49,4	−09 26 29	1,468	2,363	14	10,8
May	10	12 03 17,5	−08 07 49	1,520	2,338	18	11,0
May	20	12 02 43,4	−07 07 03	1,589	2,313	21	11,2
May	30	12 05 03,4	−06 26 34	1,669	2,288	24	11,4
Jun	9	12 10 04,3	−06 06 30	1,756	2,263	26	11,5
Jun	19	12 17 29,8	−06 05 42	1,848	2,237	27	11,6
Jun	29	12 27 00,9	−06 22 03	1,942	2,212	27	11,7
13 EGERIA		**2024**					
Set	7	04 44 17,7	+24 12 28	2,254	2,497	24	11,8
Set	17	04 53 09,3	+25 25 00	2,120	2,489	23	11,7
Set	27	04 59 58,3	+26 39 51	1,988	2,480	23	11,5

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha		ascen. recta α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	declinación δ_{2000} ($^\circ$ $'$ $''$)	distancia (ua) a Tierra Δ	distancia (ua) al Sol r	Ángulo de fase β ($^\circ$)	mag. V
Oct	7	05 04 16,6	+27 58 03	1,863	2,471	21	11,3
Oct	17	05 05 36,1	+29 19 50	1,748	2,463	19	11,1
Oct	27	05 03 33,1	+30 44 08	1,646	2,455	17	10,9
Nov	6	04 57 52,6	+32 07 41	1,562	2,447	13	10,6
Nov	16	04 48 46,5	+33 25 01	1,501	2,439	9	10,4
Nov	26	04 37 00,6	+34 29 37	1,465	2,432	6	10,2
Dic	6	04 23 56,6	+35 15 58	1,457	2,424	6	10,1
Dic	16	04 11 23,0	+35 42 32	1,476	2,418	9	10,3
Dic	26	04 00 59,0	+35 52 27	1,521	2,411	13	10,5
15 EUNOMIA	**2024**						
Set	17	05 22 16,1	+34 47 58	1,891	2,174	28	9,7
Set	27	05 35 21,0	+35 13 22	1,788	2,182	27	9,5
Oct	7	05 45 46,3	+35 33 06	1,687	2,191	26	9,4
Oct	17	05 53 01,3	+35 47 37	1,591	2,201	24	9,2
Oct	27	05 56 37,8	+35 56 28	1,502	2,212	22	9,1
Nov	6	05 56 12,1	+35 57 49	1,425	2,224	19	8,9
Nov	16	05 51 41,6	+35 48 04	1,363	2,237	15	8,6
Nov	26	05 43 33,8	+35 22 56	1,320	2,251	11	8,4
Dic	6	05 32 52,6	+34 38 51	1,300	2,265	7	8,2
Dic	16	05 21 19,9	+33 35 38	1,306	2,280	5	8,1
Dic	26	05 10 43,6	+32 17 54	1,339	2,296	7	8,4
16 PSYCHE	**2024**						
May	10	21 10 04,1	−14 16 05	2,583	2,836	21	11,5
May	20	21 17 16,4	−13 43 29	2,438	2,822	21	11,3
May	30	21 22 43,3	−13 18 33	2,297	2,809	20	11,2
Jun	9	21 26 11,2	−13 03 13	2,164	2,795	19	11,0
Jun	19	21 27 28,0	−12 59 10	2,041	2,782	17	10,8
Jun	29	21 26 26,9	−13 07 27	1,932	2,769	14	10,6
Jul	9	21 23 06,4	−13 28 23	1,840	2,756	11	10,4
Jul	19	21 17 39,0	−14 00 51	1,770	2,743	8	10,1
Jul	29	21 10 33,7	−14 42 04	1,724	2,730	4	9,8
Ago	8	21 02 33,7	−15 28 02	1,704	2,718	1	9,6
Ago	18	20 54 36,4	−16 13 54	1,712	2,706	5	9,9
Ago	28	20 47 39,2	−16 55 14	1,745	2,694	9	10,1
Set	7	20 42 30,2	−17 28 42	1,801	2,682	13	10,3

(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 (^{o})	mag. V
Set	17	20 39 43,6	−17 52 15	1,878	2,670	16	10,5
Set	27	20 39 33,4	−18 05 02	1,971	2,659	18	10,7
Oct	7	20 42 00,3	−18 06 55	2,077	2,649	20	10,8
Oct	17	20 46 55,6	−17 57 58	2,191	2,638	21	11,0
Oct	27	20 54 03,0	−17 38 36	2,310	2,628	22	11,1
Nov	6	21 03 05,9	−17 09 04	2,432	2,618	22	11,2
19 FORTUNA 2024							
Jul	9	01 03 33,4	+08 02 37	1,898	2,141	28	11,7
Jul	19	01 16 08,6	+09 18 26	1,778	2,129	28	11,6
Jul	29	01 27 20,6	+10 23 44	1,660	2,118	28	11,4
Ago	8	01 36 48,1	+11 16 46	1,546	2,108	27	11,2
Ago	18	01 44 07,0	+11 55 40	1,438	2,098	26	11,0
Ago	28	01 48 53,5	+12 18 39	1,338	2,090	23	10,8
Set	7	01 50 43,0	+12 23 45	1,249	2,082	20	10,5
Set	17	01 49 22,7	+12 09 43	1,174	2,076	16	10,2
Set	27	01 44 58,5	+11 36 44	1,116	2,070	12	9,9
Oct	7	01 38 02,0	+10 47 08	1,079	2,066	6	9,6
Oct	17	01 29 40,0	+09 47 05	1,066	2,062	0	9,2
Oct	27	01 21 17,6	+08 45 19	1,077	2,060	6	9,6
Nov	6	01 14 20,3	+07 51 25	1,112	2,059	11	9,9
Nov	16	01 09 55,6	+07 13 24	1,168	2,059	16	10,2
Nov	26	01 08 36,8	+06 55 34	1,243	2,060	20	10,5
Dic	6	01 10 31,7	+06 58 57	1,333	2,062	23	10,7
Dic	16	01 15 30,4	+07 22 20	1,434	2,065	25	10,9
Dic	26	01 23 11,5	+08 02 48	1,543	2,069	27	11,2
20 MASALIA 2024							
Jun	29	00 25 51,6	+03 21 38	2,325	2,540	24	11,6
Jul	9	00 34 17,6	+04 16 06	2,185	2,526	24	11,4
Jul	19	00 41 08,8	+05 00 03	2,048	2,512	23	11,3
Jul	29	00 46 08,5	+05 31 51	1,915	2,497	22	11,1
Ago	8	00 48 57,3	+05 49 32	1,790	2,482	20	10,9
Ago	18	00 49 18,1	+05 51 22	1,676	2,467	18	10,6
Ago	28	00 47 01,2	+05 36 11	1,576	2,451	15	10,4
Set	7	00 42 06,4	+05 03 43	1,495	2,436	11	10,1
Set	17	00 34 55,9	+04 15 55	1,436	2,420	6	9,8

(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
Set	27	00 26 14,1	+03 17 16	1,403	2,404	1	9,4
Oct	7	00 17 04,2	+02 14 35	1,396	2,388	4	9,6
Oct	17	00 08 40,0	+01 16 08	1,416	2,372	9	9,8
Oct	27	00 02 05,0	+00 29 12	1,460	2,356	13	10,1
Nov	6	23 58 03,0	−00 01 08	1,525	2,340	17	10,3
Nov	16	23 56 56,0	−00 12 16	1,607	2,324	20	10,5
Nov	26	23 58 43,7	−00 04 09	1,701	2,308	23	10,7
Dic	6	00 03 15,7	+00 22 08	1,803	2,292	24	10,8
Dic	16	00 10 15,1	+01 04 42	1,911	2,277	25	11,0
Dic	26	00 19 21,9	+02 01 15	2,021	2,261	26	11,1
27 EUTERPE	**2024**						
Feb	10	15 07 21,1	−15 50 21	2,214	2,448	24	11,9
Feb	20	15 15 23,3	−16 17 54	2,099	2,466	23	11,8
Mar	1	15 21 08,6	−16 35 20	1,986	2,483	22	11,6
Mar	11	15 24 17,2	−16 42 27	1,880	2,500	21	11,5
Mar	21	15 24 32,1	−16 39 03	1,783	2,517	18	11,3
Mar	31	15 21 47,6	−16 25 13	1,700	2,533	15	11,1
Abr	10	15 16 09,6	−16 01 20	1,635	2,548	12	10,9
Abr	20	15 08 06,4	−15 28 46	1,592	2,563	7	10,7
Abr	30	14 58 29,0	−14 50 23	1,575	2,578	3	10,4
May	10	14 48 22,1	−14 10 12	1,585	2,592	2	10,4
May	20	14 38 56,3	−13 33 16	1,623	2,605	7	10,7
May	30	14 31 10,2	−13 04 13	1,686	2,618	11	11,0
Jun	9	14 25 41,6	−12 46 16	1,772	2,631	14	11,2
Jun	19	14 22 49,7	−12 41 06	1,876	2,643	17	11,5
Jun	29	14 22 34,6	−12 48 42	1,994	2,654	19	11,7
Jul	9	14 24 47,0	−13 08 02	2,122	2,665	21	11,9
Jul	19	14 29 13,7	−13 37 33	2,258	2,675	22	12,0
Jul	29	14 35 38,1	−14 15 18	2,398	2,684	22	12,2
39 LAETITIA	**2024**						
Jul	9	00 58 34,1	+03 17 35	2,211	2,469	24	11,1
Jul	19	01 08 18,2	+03 31 57	2,087	2,466	24	10,9
Jul	29	01 16 24,9	+03 30 47	1,967	2,464	23	10,8
Ago	8	01 22 35,8	+03 12 24	1,852	2,462	22	10,6
Ago	18	01 26 33,4	+02 35 40	1,747	2,460	20	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 (^{o})	mag. V
Ago	28	01 28 04,1	+01 40 29	1,653	2,460	17	10,2
Set	7	01 26 59,1	+00 28 05	1,575	2,459	14	10,0
Set	17	01 23 25,0	−00 57 40	1,517	2,460	10	9,8
Set	27	01 17 46,7	−02 30 17	1,482	2,460	7	9,6
Oct	7	01 10 47,0	−04 01 12	1,473	2,462	4	9,4
Oct	17	01 03 26,9	−05 20 49	1,490	2,464	6	9,6
Oct	27	00 56 49,0	−06 21 26	1,533	2,466	10	9,8
Nov	6	00 51 46,6	−06 58 21	1,599	2,469	14	10,0
Nov	16	00 48 57,5	−07 10 11	1,686	2,473	17	10,3
Nov	26	00 48 36,6	−06 58 34	1,788	2,477	19	10,5
Dic	6	00 50 45,1	−06 26 18	1,903	2,481	21	10,7
Dic	16	00 55 14,0	−05 36 52	2,028	2,486	22	10,8
Dic	26	01 01 47,5	−04 33 48	2,157	2,492	23	11,0
40 HARMONIA		**2024**					
Abr	20	19 59 39,1	−20 22 13	1,992	2,265	26	11,7
Abr	30	20 11 02,7	−20 03 24	1,868	2,260	26	11,6
May	10	20 20 25,9	−19 50 32	1,746	2,255	25	11,4
May	20	20 27 29,1	−19 46 21	1,629	2,250	24	11,2
May	30	20 31 53,5	−19 53 16	1,521	2,244	22	11,0
Jun	9	20 33 18,5	−20 13 15	1,423	2,239	19	10,8
Jun	19	20 31 31,0	−20 46 56	1,339	2,234	16	10,5
Jun	29	20 26 32,4	−21 32 51	1,272	2,229	12	10,3
Jul	9	20 18 43,8	−22 27 08	1,226	2,224	7	10,0
Jul	19	20 08 59,2	−23 23 31	1,204	2,219	2	9,6
Jul	29	19 58 38,0	−24 15 10	1,207	2,214	4	9,8
Ago	8	19 49 09,0	−24 56 39	1,234	2,210	10	10,1
Ago	18	19 41 54,8	−25 25 06	1,284	2,205	14	10,3
Ago	28	19 37 47,5	−25 40 23	1,352	2,201	18	10,6
Set	7	19 37 09,4	−25 43 37	1,436	2,197	21	10,8
Set	17	19 40 00,1	−25 36 06	1,532	2,193	24	11,0
Set	27	19 46 00,5	−25 18 55	1,637	2,189	26	11,2
Oct	7	19 54 46,9	−24 52 29	1,747	2,186	27	11,4
Oct	17	20 05 54,1	−24 16 54	1,861	2,182	27	11,5

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 mayo de 2023 el número de cometas de corto periodo numerados ascendió a 460. 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 460P/PANSTARRS y su primera aparición tuvo lugar en el año 2016.

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 2024

Nombre del cometa	mes	día	distancia a		elongación
			Sol (ua)	Tierra (ua)	(°)
26P/Grigg-Skjellerup	Feb	11	1,11	1,22	59
62P/Tsuchinshan 1	Abr	6	1,38	1,52	63
12P/Pons-Brooks	Abr	21	0,78	1,61	22
50P/Arend	May	13	1,92	2,90	12
32P/Comas Sola	May	18	2,01	2,73	36
46P/Wirtanen	May	21	1,06	2,04	9
54P/de Vico-Swift-NEAT	Set	1	2,17	1,28	142
33P/Daniel	Set	24	2,17	2,27	71
37P/Forbes	Oct	5	1,61	1,87	60
25D/Neujmin 2	Oct	9	1,34	2,23	20
30P/Reinmuth 1	Dic	17	1,88	1,40	103

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 setiembre 1882	C/1882 R1	672	0,008	153	0,9999	142
Ikeya-Seki	C/1965 S1	877	0,008	183	0,9999	142
Bennett	C/1969 Y1	1680	0,538	282	0,9962	90
Gran cometa de 1807	C/1807 R1	1710	0,646	286	0,9955	63
Donati	C/1858 L1	1950	0,578	312	0,9963	117
Gran cometa de 1881	C/1881 K1	2390	0,735	357	0,9959	63
Hale-Bopp	C/1995 O1	2530	0,914	371	0,9951	89
Humason	C/1961 R1	2920	2,133	407	0,9896	153
Gran cometa de 1811 (Flaugergues)	C/1811 F1	3100	1,035	424	0,9951	107
Cometa meridional de 1947	C/1947 X1	3800	0,110	487	0,9995	139
Gran cometa de 1680 (Kirch)	C/1680 V1	9370	0,006	889	1,0000	61
Coggia	C/1874 H1	13700	0,676	1140	0,9988	66
Skjellerup-Maristany	C/1927 X1	$> 10^4$	0,176	2200	0,9998	85
Cometa del eclipse	C/1948 V1	$\sim 10^5$	0,135	4200	0,9999	23
Hyakutake	C/1996 B2	$\sim 10^5$	0,230	4600	0,9999	125
West	C/1975 V1	$\sim 10^6$	0,197	14000	1,0000	43
Gran cometa de enero de 1910	C/1910 A1	$> 10^6$	0,129	52000	1,0000	139
Gran cometa meridional de 1887	C/1887 B1		0,005		1,0	144

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
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

75 primeros cometas de corto periodo

Nombre	P (años)	T	q (ua)	e	ω (º)	Ω (º)	i (º)	Prim. apar.
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
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

75 primeros cometas de corto periodo

Nombre	P (años)	T	q (ua)	e	ω (°)	Ω (°)	i (°)	Prim. apar.
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
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:

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

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

75 primeros cometas de corto periodo ordenados alfabéticamente

con indicación de su periodo en años

P	Nombre	P	Nombre
8,27	50P/Arend	7,38	54P/de Vico-Swift-NEAT
6,73	49P/Arend-Rigaux	14,78	66P/du Toit
8,34	47P/Ashbrook-Jackson	6,41	57P/duToit-Neujmin-Delporte
6,65	3D/Biela	3,30	2P/Encke
6,82	19P/Borrelly	7,40	4P/Faye
6,19	16P/Brooks 2	6,52	15P/Finlay
5,46	5D/Brorsen	6,42	37P/Forbes
70,52	23P/Brorsen-Metcalf	10,99	34D/Gale
6,45	67P/Churyumov-Gerasimenko	6,55	21P/Giacobini-Zinner
5,56	71P/Clark	5,30	26P/Grigg-Skjellerup
9,58	32P/Comas Sola	7,65	65P/Gunn
28,07	27P/Crommelin	75,91	1P/Halley
8,09	33P/Daniel	7,16	51P/Harrington
6,54	6P/d'Arrest	7,58	52P/Harrington-Abell
9,03	72P/Denning-Fujikawa	154,91	35P/Herschel-Rigollet

75 primeros cometas de corto periodo ordenados alfabéticamente

con indicación de su periodo en años

P	Nombre	P	Nombre
6,90	17P/Holmes	7,06	61P/Shajn-Schaldach
5,26	45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova	11,47	56P/Slaughter-Burnham
8,25	58P/Jackson-Neujmin	8,50	74P/Smirnova-Chernykh
6,95	48P/Johnson	37,93	38P/Stephan-Oterma
9,52	59P/Kearns-Kwee	9,41	64P/Swift-Gehrels
10,84	68P/Klemola	7,67	69P/Taylor
6,67	75D/Kohoutek	5,57	9P/Tempel 1
7,05	70P/Kojima	5,37	10P/Tempel 2
6,40	22P/Kopff	5,96	11P/Tempel-Swift-LINEAR
18,27	28P/Neujmin 1	33,24	55P/Tempel-Tuttle
5,43	25D/Neujmin 2	6,39	62P/Tsuchinshan 1
10,77	42P/Neujmin 3	6,57	60P/Tsuchinshan 2
69,52	13P/Olbers	13,61	8P/Tuttle
20,13	39P/Oterma	5,42	41P/Tuttle-Giacobini-Kresak
6,72	18D/Perrine-Mrkos	10,98	40P/Vaisala 1
69,85	12P/Pons-Brooks	12,56	53P/Van Biesbroeck
6,32	7P/Pons-Winnecke	61,86	20D/Westphal
7,33	30P/Reinmuth 1	8,50	36P/Whipple
7,10	44P/Reinmuth 2	13,21	63P/Wild 1
8,26	24P/Schaumasse	5,44	46P/Wirtanen
14,70	29P/Schwassmann-Wachmann 1	8,75	14P/Wolf
8,74	31P/Schwassmann-Wachmann 2	6,13	43P/Wolf-Harrington
5,44	73P/Schwassmann-Wachmann 3		

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.

Principales lluvias de meteoros

nombre	máximo	visibilidad	radiante α	radiante δ	velocidad (km s^{-1})	ritmo cenital (h^{-1})	
cuadrántidas	3 Ene	28 Dic - 12 Ene	230°	49°	41	120	[60-200]
líridas	22 Abr	16 Abr - 25 Abr	271°	34°	49	18	[14-90]
η acuáridas	6 May	19 Abr - 28 May	338°	−1°	66	50	[40-85]
δ acuáridas	30 Jul	12 Jul - 23 Ago	340°	−16°	41	25	[16-40]
perseidas	12 Ago	17 Jul - 24 Ago	48°	58°	59	100	[80-200]
dracónidas	8 Oct	6 Oct - 10 Oct	262°	54°	20	>20	[20-500+]
oriónidas	21 Oct	2 Oct - 7 Nov	95°	16°	66	20	[14-70]
leónidas	17 Nov	6 Nov - 30 Nov	152°	22°	71	15	[10-20+]
gemínidas	14 Dic	4 Dic - 17 Dic	112°	33°	35	120	[110-140]
úrsidas	22 Dic	17 Dic - 26 Dic	217°	76°	33	10	[10-50]



CAPÍTULO 7

Estrellas y galaxias





Imagen de la región de formación estelar de la nebulosa de Orión obtenida con la cámara infrarroja HAWK-I, instalada en el Very Large Telescope (VLT) de ESO en Chile. ESO/H Drass et al.

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

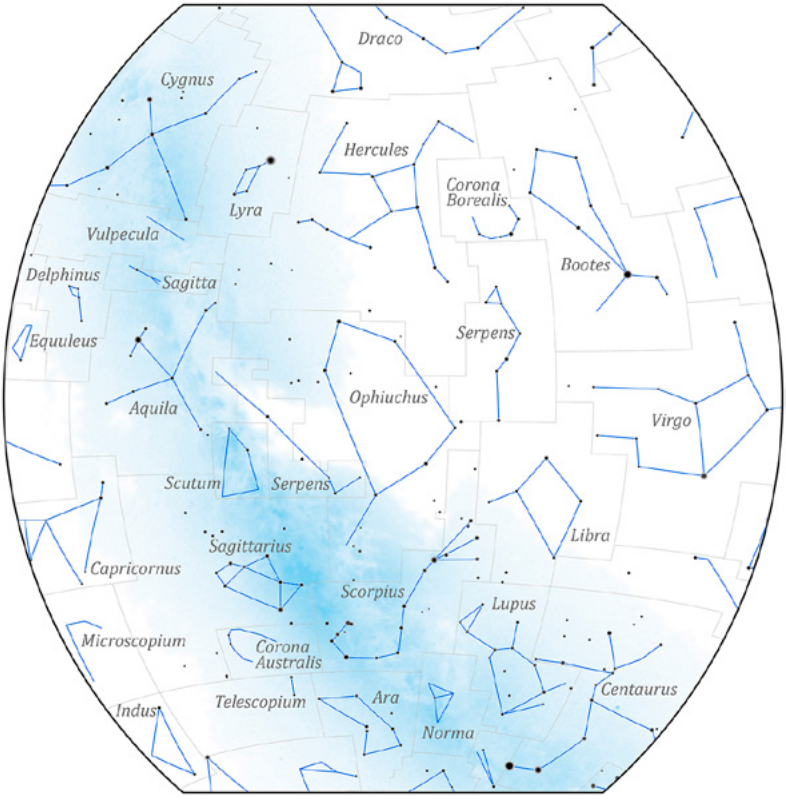
nombre latino	abr.	α (h)	δ (o)	área (o^2)	N*	traducción
Andromeda	And	1	40	722	100	Andrómeda
Antlia	Ant	10	−35	239	20	Máquina Neumática
Apus	Aps	16	−75	206	20	Ave del Paraíso
Aquarius	Aqr	23	−15	980	90	Acuario
Aquila	Aql	20	5	652	70	Águila
Ara	Ara	17	−55	237	30	Altar
Aries	Ari	3	20	441	50	Carnero
Auriga	Aur	6	40	657	90	Cochero
Bootes	Boo	15	30	907	90	Boyero
Caelum	Cae	5	−40	125	10	Buril
Camelopardalis	Cam	6	70	757	50	Jirafa
Cancer	Cnc	9	20	506	60	Cangrejo
Canes Venatici	CVn	13	40	465	30	Perros de Caza
Canis Major	CMa	7	−20	380	80	Can Mayor
Canis Minor	CMi	8	5	183	20	Can Menor
Capricornus	Cap	21	−20	414	50	Capricornio
Carina	Car	9	−60	494	110	Quilla
Cassiopeia	Cas	1	60	598	90	Casiopea
Centaurus	Cen	13	−50	1060	150	Centauro
Cepheus	Cep	22	70	588	60	Cefeo

Constelaciones

nombre latino	abr.	α (h)	δ (o)	área (o^2)	N∗	traducción
Cetus	Cet	2	−10	1231	100	Ballena
Chamaeleon	Cha	11	−80	132	20	Camaleón
Circinus	Cir	15	−60	93	20	Compás
Columba	Col	6	−35	270	40	Paloma
Coma Berenices	Com	13	20	386	50	Cabellera de Berenice
Corona Australis	CrA	19	−40	128	25	Corona Austral
Corona Borealis	CrB	16	30	179	20	Corona Boreal
Corvus	Crv	12	−20	184	15	Cuervo
Crater	Crt	11	−15	282	20	Copa
Crux	Cru	12	−60	68	30	Cruz del Sur
Cygnus	Cyg	21	40	804	150	Cisne (Cruz del Norte)
Delphinus	Del	21	10	189	30	Delfín
Dorado	Dor	5	−65	179	20	Dorada
Draco	Dra	17	65	1083	80	Dragón
Equuleus	Equ	21	10	72	10	Caballo Menor
Eridanus	Eri	3	−20	1138	100	Erídano
Fornax	For	3	−30	398	35	Horno Químico
Gemini	Gem	7	20	514	70	Gemelos
Grus	Gru	22	−45	366	30	Grulla
Hercules	Her	17	30	1225	140	Hércules
Horologium	Hor	3	−60	249	20	Reloj
Hydra	Hya	10	−20	1303	130	Hidra Hembra
Hydrus	Hyi	2	−75	243	20	Hidra Macho
Indus	Ind	21	−55	294	20	Indio
Lacerta	Lac	22	45	201	35	Lagarto
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

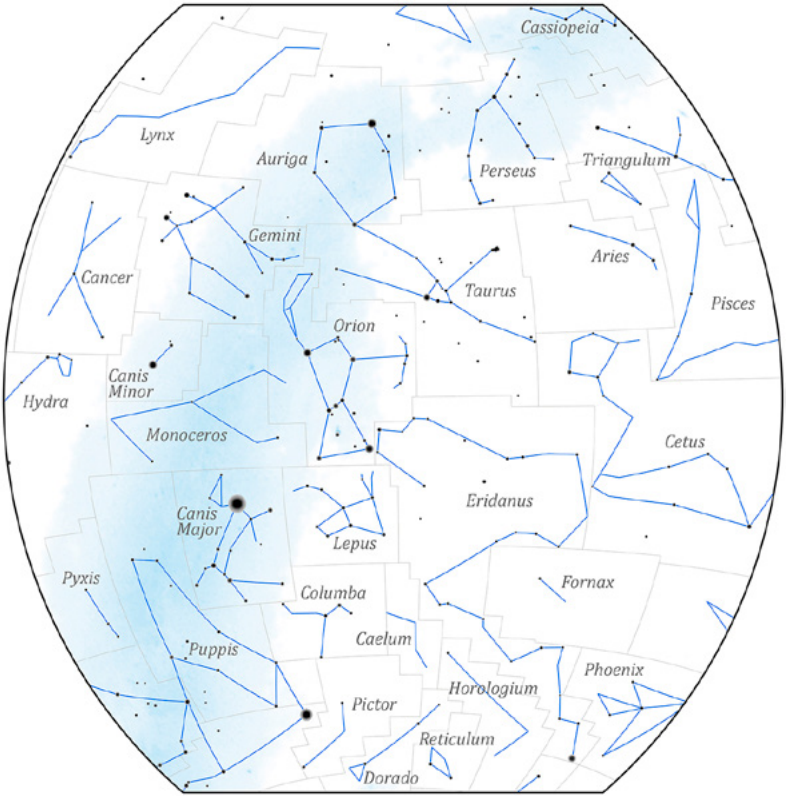
nombre latino	abr.	α (h)	δ (o)	área (o^2)	N∗	traducción
Monoceros	Mon	7	−5	482	85	Unicornio
Musca	Mus	12	−70	138	30	Mosca
Norma	Nor	16	−50	165	20	Escuadra
Octans	Oct	22	−85	291	35	Octante
Ophiuchus	Oph	17	0	948	100	Ofiuco
Orion	Ori	5	5	594	120	Orión
Pavo	Pav	20	−65	378	45	Pavo
Pegasus	Peg	22	20	1121	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



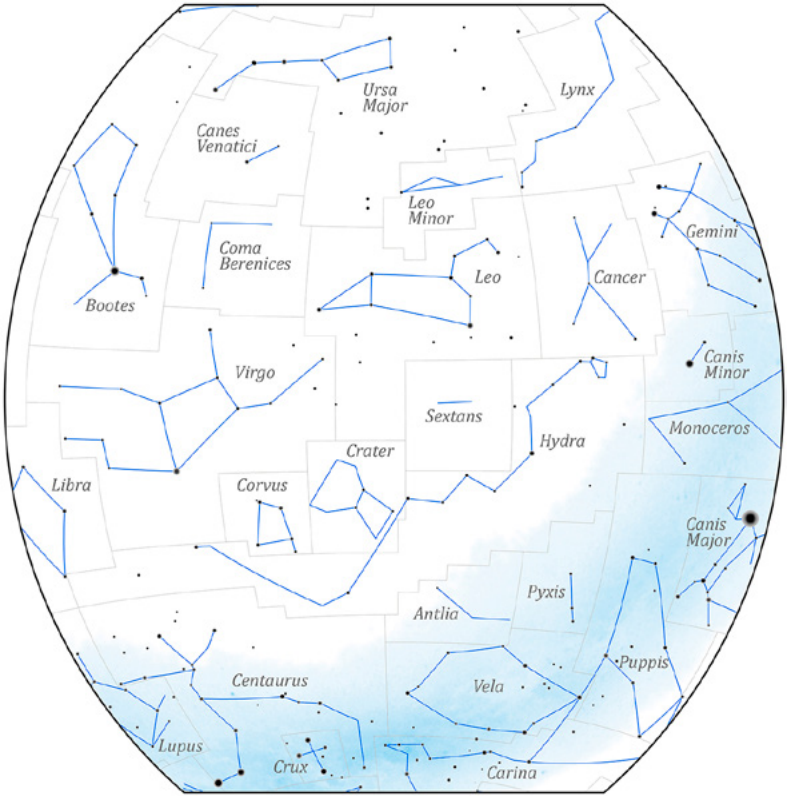
Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de – 65° y + 65°, y con ascensiones rectas desde 13 a 21 horas, que corresponden a los bordes derecho e izquierdo de la figura, respectivamente.



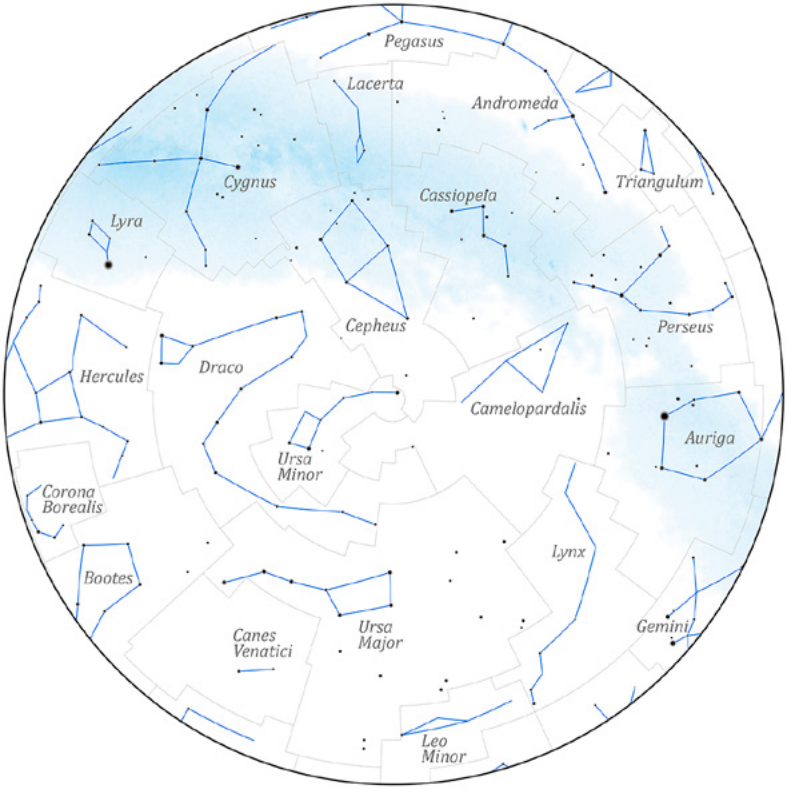
Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de -65° y $+65^{\circ}$, y con ascensiones rectas desde 19 a 3 horas, que corresponden a los bordes derecho e izquierdo de la figura, respectivamente.



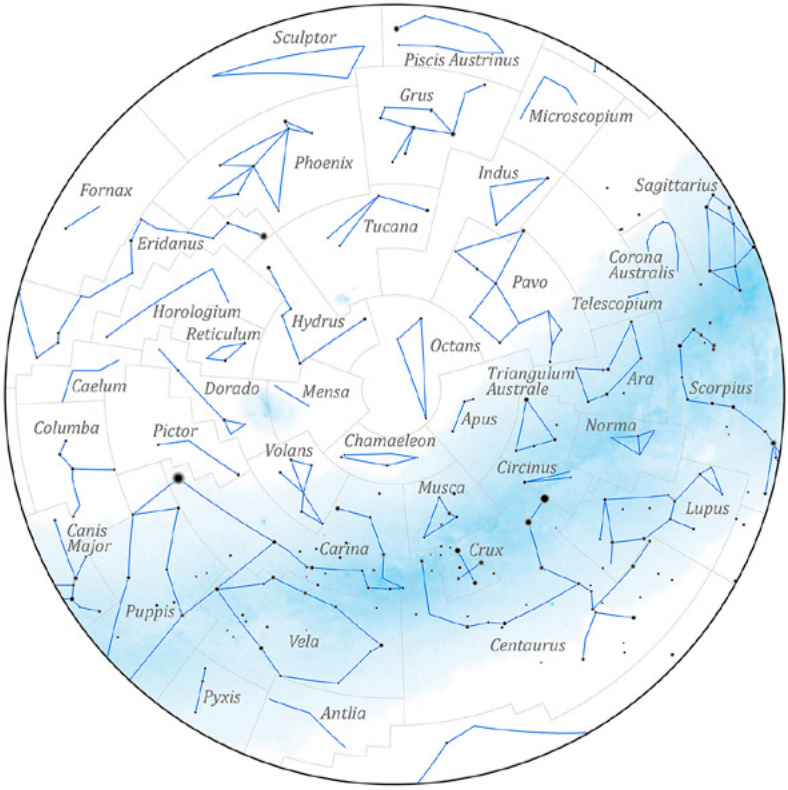
Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de – 65° y + 65°, y con ascensiones rectas desde 1 a 9 horas, que corresponden a los bordes derecho e izquierdo de la figura, respectivamente.



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



Esta proyección cubre las constelaciones con declinación superior a +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", habiendo adaptado algunos nombres a la fonética castellana.

En conclusión, no se recomienda el uso de estos nombres más o menos populares salvo en aquellos pocos casos en que no hay confusión posible y el nombre popular es realmente muy conocido (ej.: Sirio). En todos los demás casos se recomienda usar las designaciones de Bayer, Flamstead o un número de catálogo.

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 Flamstead), 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 Flamstead	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 Proxima Centauri, que se encuentra a 1,30 parsecs (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 parsecs.

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	
Proxima Centau.	14 29,7	−62 41	11,01	15,49	M5.5Ve	1,3
α Cen A (Rigil K.)	14 39,6	−60 50	−0,01	4,38	G2V	1,3
e. de Barnard	17 57,8	+04 42	9,54	13,22	M3.8V	1,8
Wolf 359	10 56,5	+07 01	13,53	16,64	M5.8Ve	2,4
Lalande 21185	11 03,3	+35 58	7,50	10,46	M2.1Ve	2,5
L726–8	01 39,0	−17 57	12,52	15,40	M5.6Ve	2,7
α CMa (Sirio)	06 45,1	−16 43	−1,44	1,47	A1Vm	2,7
Ross 154	18 49,8	−23 50	10,45	13,11	M3.6Ve	2,9
Ross 248	23 41,9	+44 10	12,29	14,81	M4.9Ve	3,1
ε Eri	03 32,9	−09 28	3,73	6,14	K2Ve	3,3
Ross 128	11 47,7	+00 48	11,10	13,47	M4.1V	3,4
L789–6	22 38,6	−15 17	12,18	14,52	$M5^+Ve$	3,4
61 Cyg	21 06,9	+38 45	5,22	7,56	K3.5Ve	3,4
ε Ind	22 03,4	−56 47	4,68	6,95	K3Ve	3,5
α CMi (Proción)	07 39,3	+05 14	0,40	2,66	F5IV-V	3,5
BD+43°44	00 18,4	+44 01	8,08	10,30	M1.3Ve	3,6
BD+59°1915	18 42,8	+59 38	8,90	11,11	M3.0V	3,6
G51–15	08 29,8	+26 47	14,81	17,01	M6.6V	3,6
τ Cet	01 44,1	−15 56	3,50	5,69	G8V	3,6
CD−36°15693	23 05,9	−35 51	7,35	9,53	M1.3Ve	3,7

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 Proxima 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
Proxima 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 434.

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 $V = 3$, extraidas del Catálogo de Estrellas Hipparcos, ordenadas por ascensión recta creciente. En la primera columna figura el nombre según Bayer seguido de la abreviatura del nombre de la constelación. 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 parsecs. Las dos columnas siguientes indican la magnitud visual *V* (según el catálogo Hipparcos) y el índice de color *B* – *V* (o sea, la diferencia entre la magnitud azul B y la visual V). El tipo espectral, extraido del catálogo FK5, se halla en la última columna.

Estrellas brillantes

nombre	α_{2000} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} (^{o} $'$ $''$)	$\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ ($''$/milenio)	π ($''$)	V	B–V	tipo esp.
α And	00 08 23,3	+29 05 26	136 −163	0,034	2,07	−0,04	A0p
β Cas	00 09 10,7	+59 08 59	523 −180	0,060	2,28	0,38	F5
γ Peg	00 13 14,2	+15 11 01	5 −8	0,010	2,83	−0,19	B2
β Hyi	00 25 45,1	−77 15 15	2220 324	0,134	2,82	0,62	G0
α Phe	00 26 17,0	−42 18 22	233 −354	0,042	2,40	1,08	K0
α Cas	00 40 30,5	+56 32 14	50 −32	0,014	2,24	1,17	K0
β Cet	00 43 35,4	−17 59 12	233 33	0,034	2,04	1,02	K0
γ Cas	00 56 42,5	+60 43 00	26 −4	0,005	2,15	−0,05	B0p
β And	01 09 43,9	+35 37 14	176 −112	0,016	2,07	1,58	M0
δ Cas	01 25 49,0	+60 14 07	297 −49	0,033	2,66	0,16	A5
α Eri	01 37 42,9	−57 14 12	88 −40	0,023	0,45	−0,16	B5
β Ari	01 54 38,4	+20 48 29	96 −109	0,055	2,64	0,17	A5
α Hyi	01 58 46,2	−61 34 11	263 27	0,046	2,86	0,29	F0
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} (^{h} ^{m} ^{s})	δ_{2000} (^{o} $'$ $''$)	$\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ ($''$/milenio)	π ($''$)	V	B–V	tipo 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}			δ_{2000}			$\mu_\alpha \cos\delta$,	μ_δ	π	V	B–V	tipo
	(^{h}	^{m}	^{s})	(^{o}	$'$	$''$)	($''$/milenio)		($''$)			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 Doble 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	α_{2000}	δ_{2000}	componentes	magnitudes		separ.	A.P.
	(^{h} ^{m})	(º ′)		prim.	sec.	(″)	(º)
η Cas	00 49,1	57 49	AB	3,52	7,36	3,4	327
γ Ari	01 53,5	19 18	AB	4,52	4,58	7,4	1
θ Eri	02 58,3	−40 18		3,20	4,12	8,2	90
η Tau	03 47,5	24 06	AB	2,83	6,27	117,6	291
HR 1190	03 48,6	−37 37		4,72	5,25	8,2	216
32 Eri	03 54,3	−02 57	AB	4,80	5,89	6,9	349
κ Tau	04 25,4	22 18	AB	4,22	5,29	339,4	174
83 Tau	04 30,6	13 43	AC	4,75	6,09	4,9	311
92 Tau	04 39,3	15 55		4,69	5,09	444,0	194
β Ori	05 14,5	−08 12	A,BC	0,30	6,80	9,7	202
β Lep	05 28,2	−20 46	AB	2,90	7,50	2,7	10
δ Ori	05 32,0	00 18	AC	2,41	6,83	56,2	4
Struve 747	05 35,0	−06 00	AB	4,70	5,51	36,3	224
λ Ori	05 35,1	09 56	AB	3,51	5,45	4,3	44
ι Ori	05 35,4	−05 55	AB	2,77	7,73	12,5	146
ζ Ori	05 40,7	−01 57	AB	1,88	3,70	2,2	168
γ Lep	05 44,5	−22 27	AB	3,64	6,28	95,5	349
θ Aur	05 59,7	37 13	AB	2,60	7,20	4,2	304
ζ CMa	06 20,3	−30 04	AB	2,96	7,81	169,6	340
β Mon	06 28,8	−07 02	AB	4,62	5,00	7,1	133
β Mon	06 28,8	−07 02	AC	4,62	5,39	9,9	126
ε CMa	06 58,6	−28 58		1,50	7,50	7,9	162
π Pup	07 17,1	−37 06	AB	2,89	7,94	66,5	213
NV Pup	07 18,3	−36 44	AB	4,66	5,07	241,6	102
η CMa	07 24,1	−29 18		2,45	6,77	177,0	287
α Gem	07 34,6	31 53	AB	1,93	2,97	5,4	52
k Pup	07 38,8	−26 48	AB	4,40	4,62	9,9	318
γ Vel	08 09,5	−47 20	AB	1,79	4,14	41,2	221

Estrellas dobles o múltiples

nombre	α_{2000}	δ_{2000}	componentes	magnitudes		separ.	A.P.
	(^{h} ^{m})	(^{o} $'$)		prim.	sec.	($''$)	(^{o})
γ Vel	08 09,5	−47 20	AC	1,79	7,26	61,5	152
ι Cnc	08 46,7	28 46		4,13	5,99	30,7	308
η Hya	08 46,8	06 25	AB,C	3,49	6,66	2,7	312
38 Lyn	09 18,8	36 48	AB	3,92	6,09	2,6	224
ζ Leo	10 16,7	23 25		3,46	6,03	331,3	337
γ Leo	10 20,0	19 50	AB	2,37	3,64	4,8	127
54 Leo	10 55,6	24 45		4,48	6,30	6,8	112
α UMa	11 03,7	61 45	AC	2,02	7,19	370,0	205
HR 4314	11 05,3	−27 18	AD	4,96	5,70	507,3	88
ι Leo	11 23,9	10 32	AB	4,06	6,71	2,2	93
γ Vir	12 41,7	−01 27	AB	3,48	3,53	2,8	359
α CVn	12 56,0	38 19	AB	2,85	5,52	19,5	230
ζ UMa	13 23,9	54 56	AB	2,23	3,88	14,6	154
ζ UMa	13 23,9	54 56	AC	2,23	4,01	707,7	72
ζ UMa	13 23,9	54 56	AD	2,23	7,62	492,8	102
3 Cen	13 51,8	−33 00		4,50	5,97	7,8	105
π Boo	14 40,7	16 25	AB	4,88	5,79	5,4	113
ε Boo	14 45,0	27 04	AB	2,58	4,81	2,8	347
α Lib	14 50,9	−16 03	AB	2,74	5,19	231,1	314
δ Ser	15 34,8	10 32	AB	4,17	5,16	4,0	172
ζ^2 CrB	15 39,4	36 38		4,96	5,91	6,3	306
η Lup	16 00,1	−38 24	AB	3,37	7,50	15,0	19
β Sco	16 05,4	−19 48	AC	2,59	4,52	13,4	20
β Sco	16 05,4	−19 48	AD	2,62	7,50	518,2	30
ν Sco	16 12,0	−19 28	AC	4,35	6,60	41,3	336
ε Nor	16 27,2	−47 33		4,51	6,12	22,9	334
α Sco	16 29,4	−26 26		0,96	5,40	2,6	277
α Her	17 14,6	14 23	AB	3,48	5,40	4,6	103
ρ Her	17 23,7	37 09	AB	4,50	5,40	4,1	321
HR 6516	17 30,4	−01 04	AD	3,82	5,50	16,9	317
ν Dra	17 32,2	55 11		4,87	4,90	62,1	311
θ Sco	17 37,3	−43 00		1,97	5,36	6,5	315
ψ Dra	17 41,9	72 09	AB	4,60	5,59	29,6	17
95 Her	18 01,5	21 36		4,85	5,20	6,4	257
70 Oph	18 05,5	02 30	AB	4,22	6,17	6,6	123
ε Lyr	18 44,3	39 40	AB,CD	4,67	4,56	209,5	172
ζ Lyr	18 44,8	37 36	AD	4,34	5,62	43,7	150
β Lyr	18 50,1	33 22	AB	3,63	6,69	45,7	149
θ Ser	18 56,2	04 12	AB	4,59	4,93	22,4	106

Estrellas dobles o múltiples

nombre	α_{2000}		δ_{2000}		componentes	magnitudes		separ.	A.P.
	(^{h}	^{m})	(^{o}	$'$)		prim.	sec.	($''$)	(^{o})
α Vul	19	28,7	24	40		4,61	5,93	427,7	28
β Cyg	19	30,7	27	58	AB	3,19	4,68	35,2	54
δ Cyg	19	45,0	45	08	AB	2,89	6,27	2,8	216
ε Dra	19	48,2	70	16		4,01	6,87	3,2	21
o Cyg	20	13,6	46	44	AC	3,93	6,97	108,6	173
o Cyg	20	13,6	46	44	AD	3,93	4,83	336,7	322
α Cap	20	18,1	−12	33	AE	3,66	4,34	381,2	290
β Cap	20	21,0	−14	47	AB	3,15	6,08	205,4	267
γ Del	20	46,7	16	07	AB	4,36	5,03	8,9	265
γ Equ	21	10,3	10	08	AD	4,70	6,06	335,2	152
ξ Cep	22	03,8	64	38	AB	4,45	6,40	8,4	273
ζ^2 Aqr	22	28,8	00	01	AB	4,34	4,49	2,4	159
δ Cep	22	29,2	58	25	AC	4,21	6,11	41,0	191

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 caida sobre la estrella compacta, este material emite rayos X. Los que son capturados por la otra estrella dan lugar a la emision de radiación de muy alta temperatura de forma más o menos episódica. Entre las variables de rayos X se encuentra Vela X–1, cuya contrapartida óptica es HD 77581.

Finalmente, podemos encontrar en los catálogos otros tipos de estrellas variables. Se utilizan para clasificar estrellas mal estudidas o muy peculiares, y objetos erróneamente considerados estrellas variables: estrellas consideradas variables que en realidad no lo son y objetos variables que en realidad no son estrellas. Estos últimos incluyen los "cuásares" y los "blázares", que no son más que dos manifestaciones de un mismo fenómeno: la variabilidad de los núcleos activos de galaxias.

Efemérides 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 Per y β Lyr pueden encontrarse en las siguientes tablas.

Mínimos de β Persei (Algol) en 2024

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

Mínimos de β Persei (Algol) en 2024

fecha y hora	fecha y hora	fecha y hora	fecha y hora
Feb 13 $08^h\,19^m$	May 15 $02^h\,35^m$	Ago 14 $20^h\,36^m$	Nov 14 $14^h\,35^m$
Feb 16 $05^h\,08^m$	May 17 $23^h\,24^m$	Ago 17 $17^h\,24^m$	Nov 17 $11^h\,24^m$
Feb 19 $01^h\,58^m$	May 20 $20^h\,13^m$	Ago 20 $14^h\,13^m$	Nov 20 $08^h\,13^m$
Feb 21 $22^h\,47^m$	May 23 $17^h\,02^m$	Ago 23 $11^h\,01^m$	Nov 23 $05^h\,02^m$
Feb 24 $19^h\,37^m$	May 26 $13^h\,51^m$	Ago 26 $07^h\,50^m$	Nov 26 $01^h\,51^m$
Feb 27 $16^h\,26^m$	May 29 $10^h\,40^m$	Ago 29 $04^h\,39^m$	Nov 28 $22^h\,40^m$
Mar 1 $13^h\,15^m$	Jun 1 $07^h\,29^m$	Set 1 $01^h\,27^m$	Dic 1 $19^h\,29^m$
Mar 4 $10^h\,05^m$	Jun 4 $04^h\,18^m$	Set 3 $22^h\,16^m$	Dic 4 $16^h\,19^m$
Mar 7 $06^h\,54^m$	Jun 7 $01^h\,07^m$	Set 6 $19^h\,05^m$	Dic 7 $13^h\,08^m$
Mar 10 $03^h\,43^m$	Jun 9 $21^h\,55^m$	Set 9 $15^h\,53^m$	Dic 10 $09^h\,57^m$
Mar 13 $00^h\,33^m$	Jun 12 $18^h\,44^m$	Set 12 $12^h\,42^m$	Dic 13 $06^h\,46^m$
Mar 15 $21^h\,22^m$	Jun 15 $15^h\,33^m$	Set 15 $09^h\,31^m$	Dic 16 $03^h\,35^m$
Mar 18 $18^h\,11^m$	Jun 18 $12^h\,22^m$	Set 18 $06^h\,19^m$	Dic 19 $00^h\,24^m$
Mar 21 $15^h\,01^m$	Jun 21 $09^h\,11^m$	Set 21 $03^h\,08^m$	Dic 21 $21^h\,14^m$
Mar 24 $11^h\,50^m$	Jun 24 $05^h\,59^m$	Set 23 $23^h\,57^m$	Dic 24 $18^h\,03^m$
Mar 27 $08^h\,39^m$	Jun 27 $02^h\,48^m$	Set 26 $20^h\,45^m$	Dic 27 $14^h\,52^m$
Mar 30 $05^h\,29^m$	Jun 29 $23^h\,37^m$	Set 29 $17^h\,34^m$	Dic 30 $11^h\,41^m$

Mínimos de β Lyrae (Sheliak) en 2024

fecha y hora	fecha y hora	fecha y hora	fecha y hora
Ene 4 $15^h\,24^m$	Abr 4 $05^h\,41^m$	Jul 3 $19^h\,57^m$	Oct 2 $10^h\,14^m$
Ene 17 $14^h\,01^m$	Abr 17 $04^h\,17^m$	Jul 16 $18^h\,34^m$	Oct 15 $08^h\,50^m$
Ene 30 $12^h\,38^m$	Abr 30 $02^h\,54^m$	Jul 29 $17^h\,10^m$	Oct 28 $07^h\,27^m$
Feb 12 $11^h\,14^m$	May 13 $01^h\,31^m$	Ago 11 $15^h\,47^m$	Nov 10 $06^h\,03^m$
Feb 25 $09^h\,51^m$	May 26 $00^h\,07^m$	Ago 24 $14^h\,24^m$	Nov 23 $04^h\,40^m$
Mar 9 $08^h\,28^m$	Jun 7 $22^h\,44^m$	Set 6 $13^h\,00^m$	Dic 6 $03^h\,17^m$
Mar 22 $07^h\,04^m$	Jun 20 $21^h\,21^m$	Set 19 $11^h\,37^m$	Dic 19 $01^h\,53^m$

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 Dra	16 33	+66 45	6,7	13,0	245	Ene 08
R Aql	19 06	+08 14	5,5	12,0	284	Ene 09
SS Vir	12 25	+00 48	6,0	9,6	354	Ene 14
W Cet	00 02	−14 41	7,1	14,8	351	Ene 17
R UMa	10 45	+68 47	6,7	13,4	301	Ene 25
R Hya	13 30	−23 17	3,0	11,0	389	Ene 27

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	Feb 04
S Her	16 52	+14 56	6,4	13,8	307	Feb 25
RT Cyg	19 44	+48 47	6,4	12,7	190	Feb 27
U Her	16 26	+18 54	6,5	13,4	406	Feb 29
R And	00 24	+38 35	5,8	14,9	409	Mar 01
R Tri	02 37	+34 16	5,4	12,6	266	Mar 14
R Leo	09 48	+11 26	4,4	11,3	312	Mar 19
U Cyg	20 20	+47 54	5,9	12,1	462	Mar 19
R Gem	07 07	+22 42	6,0	14,0	369	Mar 22
V Cas	23 12	+59 42	6,9	13,4	228	Mar 28
T Hya	08 56	−09 08	6,7	13,2	289	Abr 05
R Boo	14 37	+26 44	6,2	12,1	223	Abr 06
R Ser	15 51	+15 08	5,2	14,4	356	Abr 20
R Cyg	19 37	+50 12	6,1	14,2	426	May 00
R Cas	23 58	+51 24	4,7	13,5	430	May 04
R Vir	12 38	+06 59	6,0	12,1	145	May 07
U Cet	02 34	−13 09	6,8	13,4	234	May 14
T Her	18 09	+31 01	6,8	13,9	165	May 21
o Cet	02 19	−02 59	2,0	10,0	331	May 24
U Ori	05 56	+20 10	4,8	12,6	372	Jun 02
R LMi	09 46	+34 31	6,3	13,2	371	Jun 10
S UMa	12 44	+61 06	7,0	12,4	226	Jun 13
R Lep	05 00	−14 48	5,5	11,7	432	Jun 22
R Aur	05 17	+53 35	6,7	13,9	457	Jun 22
T UMa	12 36	+59 29	6,6	13,4	256	Jun 23
R Cnc	08 17	+11 44	6,1	11,8	361	Jun 29
χ Cyg	19 51	+32 55	3,3	14,2	406	Jul 03
S Vir	13 33	−07 12	6,3	13,2	377	Jul 10
S CrB	15 21	+31 22	5,8	14,1	360	Jul 17
T Cas	00 23	+55 48	6,9	13,0	444	Jul 23
R Peg	23 07	+10 33	6,9	13,8	378	Jul 25
X Oph	18 38	+08 50	5,9	9,2	334	Ago 04
S CMi	07 33	+08 19	6,6	13,2	332	Ago 13
R Sgr	19 17	−19 18	6,7	12,8	268	Ago 20
V CrB	15 50	+39 34	6,9	12,6	357	Ago 23
V Oph	16 27	−12 26	7,3	11,6	297	Ago 23
S Peg	23 21	+08 55	7,1	13,8	319	Set 01
W And	02 18	+44 18	6,7	14,6	395	Set 09
R Crv	12 20	−19 15	6,7	14,4	317	Oct 03
R Aqr	23 44	−15 17	5,8	12,4	386	Oct 16
T Cep	21 10	+68 29	5,2	11,3	388	Oct 21
V Mon	06 23	−02 12	6,0	13,7	333	Oct 30

Estrellas variables de otros tipos

nombre	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} ($^\circ$ $'$)	magnitud máx.	magnitud mín.	periodo (días)	tipo
TV Psc	00 28	+17 24	4,7	5,4	70	Semirregular
γ Cas	00 57	+60 43	1,6	3,0		γ Cassiopeiae
RX And	01 05	+41 18	10,3	13,6	14,1	Z Camelopardalis
ζ Phe	01 08	−55 15	3,9	4,4	1,670	Algol
UV Cet	01 39	−17 58	6,8	13,0		UV Ceti, “flare”
ρ Per	03 05	+38 50	3,3	4,4	50	Semirregular
β Per	03 08	+40 57	2,1	3,4	2,867	Algol
GK Per	03 31	+43 54	0,2	14,0		Nova
BU Tau	03 49	+24 08	4,8	5,0		γ Cassiopeiae
λ Tau	04 01	+12 29	3,3	3,8	3,953	Algol
VW Hyi	04 09	−71 18	8,4	14,4	28	U Geminorum
T Tau	04 22	+19 32	8,4	13,5		T Tauri
RY Tau	04 22	+28 27	9,3	13,0		T Tauri
RV Tau	04 47	+26 11	9,8	13,3	78,7	RV Tauri
SU Aur	04 56	+30 34	9,3	11,8		T Tauri
ε Aur	05 02	+43 49	2,9	3,8	9890	Algol
ζ Aur	05 02	+41 05	3,7	4,0	972	Algol
UX Ori	05 05	−03 47	8,7	12,8		T Orionis
RX Lep	05 11	−11 51	5,0	7,0		Irregular
β Dor	05 34	−62 29	3,5	4,1	9,84	δ Cephei
T Ori	05 36	−05 29	9,5	12,6		T Orionis
α Ori	05 55	+07 24	0,4	1,3	2110	Semirregular
δ Pic	06 10	−54 58	4,7	4,9	1,673	β Lyrae
η Gem	06 15	+22 30	3,2	3,9	233	Semirregular
RT Aur	06 29	+30 30	5,0	5,8	3,728	δ Cephei
ζ Gem	07 04	+20 34	3,7	4,2	10,15	δ Cephei
EW CMa	07 14	−26 21	4,4	4,8		γ Cassiopeiae
L_2 Pup	07 14	−44 39	2,6	6,2	140	Semirregular
UW CMa	07 19	−24 34	4,8	5,3	4,393	β Lyrae
FW CMa	07 25	−16 12	5,0	5,5		γ Cassiopeiae
U Mon	07 31	−09 47	6,1	8,1	92,3	RV Tauri
U Gem	07 55	+22 00	8,2	14,9	103	U Geminorum
V Pup	07 58	−49 15	4,7	5,2	1,454	β Lyrae
MX Pup	08 14	−35 54	4,6	4,9		γ Cassiopeiae
Z Cam	08 26	+76 02	10,2	13,4	20,0	Z Camelopardalis
W UMa	09 44	+57 57	7,9	8,3	0,334	W 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

Estrellas variables de otros tipos

nombre	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} (^{o} $'$)	magnitud máx.	magnitud mín.	periodo (días)	tipo
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
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 1º 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 < 1º), 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}	$2^h\ 31^m\ 48^s{,}704$
δ_{2000}	89° 15′ 50″,72
$\mu_\alpha \cos\delta$	0,03829″ por año
μ_δ	−0,0152″ por año
π	0,003″
V	2,02
B − *V*	0,60
tipo espectral	F8

Consideraciones previas

Para realizar o reducir observaciones de la Polar conviene determinar los siguientes valores:

tiempo sidéreo local = tiempo sidéreo en Greenwich a 0^h TU
(ver *Tablas de tiempos* en la página 104)
+ 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 346)

declinación de la Polar: δ = 90º − *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 104) 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:

$$a = -p \text{ sen } H/\cos h$$

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

Coordenadas Hipparcos y otros parámetros

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

α UMi	
α_{2000}	$2^h31^m49^s{,}09456$ 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: $p = 90° - \delta$, 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 2024
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^h02^m	37′	3^h01^m	37′	3^h00^m	37′	3^h00^m	37′	3^h00^m	38′	3^h01^m	38′
1	84ˢ,62	49″,4	91ˢ,51	44″,6	96ˢ,80	45″,5	54ˢ,23	51″,7	41ˢ,40	0″,3	0ˢ,77	9″,0
2	82ˢ,98	49″,2	89ˢ,68	44″,6	95ˢ,29	45″,7	53ˢ,40	52″,0	41ˢ,27	0″,6	1ˢ,82	9″,3
3	81ˢ,38	49″,0	87ˢ,97	44″,5	93ˢ,85	45″,8	52ˢ,46	52″,2	41ˢ,10	0″,9	3ˢ,08	9″,5
4	79ˢ,86	48″,8	86ˢ,33	44″,5	92ˢ,41	46″,0	51ˢ,40	52″,4	40ˢ,99	1″,2	4ˢ,53	9″,8
5	78ˢ,42	48″,6	84ˢ,71	44″,5	90ˢ,92	46″,0	50ˢ,25	52″,6	41ˢ,02	1″,5	6ˢ,12	10″,1
6	77ˢ,09	48″,4	83ˢ,06	44″,4	89ˢ,31	46″,1	49ˢ,09	52″,9	41ˢ,26	1″,9	7ˢ,76	10″,3
7	75ˢ,84	48″,2	81ˢ,29	44″,3	87ˢ,56	46″,2	48ˢ,02	53″,2	41ˢ,72	2″,3	9ˢ,37	10″,5
8	74ˢ,63	48″,0	79ˢ,35	44″,2	85ˢ,66	46″,3	47ˢ,15	53″,5	42ˢ,37	2″,6	10ˢ,90	10″,7
9	73ˢ,39	47″,8	77ˢ,23	44″,2	83ˢ,69	46″,5	46ˢ,50	53″,9	43ˢ,12	2″,9	12ˢ,31	10″,9
10	72ˢ,05	47″,6	74ˢ,97	44″,1	81ˢ,75	46″,7	46ˢ,07	54″,2	43ˢ,90	3″,2	13ˢ,61	11″,0
11	70ˢ,53	47″,3	72ˢ,67	44″,1	79ˢ,95	46″,9	45ˢ,78	54″,5	44ˢ,62	3″,4	14ˢ,83	11″,2
12	68ˢ,81	47″,0	70ˢ,45	44″,1	78ˢ,36	47″,1	45ˢ,55	54″,8	45ˢ,24	3″,7	16ˢ,01	11″,4
13	66ˢ,91	46″,8	68ˢ,37	44″,2	76ˢ,98	47″,3	45ˢ,29	55″,1	45ˢ,75	3″,9	17ˢ,19	11″,6
14	64ˢ,90	46″,6	66ˢ,48	44″,3	75ˢ,76	47″,6	44ˢ,95	55″,3	46ˢ,17	4″,2	18ˢ,42	11″,8
15	62ˢ,88	46″,4	64ˢ,75	44″,3	74ˢ,62	47″,8	44ˢ,52	55″,6	46ˢ,54	4″,5	19ˢ,73	12″,0
16	60ˢ,94	46″,3	63ˢ,12	44″,4	73ˢ,49	48″,0	43ˢ,99	55″,8	46ˢ,90	4″,7	21ˢ,17	12″,3
17	59ˢ,14	46″,2	61ˢ,52	44″,5	72ˢ,31	48″,2	43ˢ,40	56″,1	47ˢ,29	5″,0	22ˢ,74	12″,5
18	57ˢ,49	46″,1	59ˢ,89	44″,5	71ˢ,03	48″,3	42ˢ,77	56″,4	47ˢ,75	5″,3	24ˢ,44	12″,7
19	55ˢ,94	46″,0	58ˢ,18	44″,5	69ˢ,66	48″,5	42ˢ,14	56″,7	48ˢ,32	5″,6	26ˢ,27	12″,9
20	54ˢ,46	45″,9	56ˢ,37	44″,5	68ˢ,20	48″,7	41ˢ,57	57″,0	49ˢ,03	6″,0	28ˢ,18	13″,1
21	52ˢ,97	45″,7	54ˢ,44	44″,5	66ˢ,67	48″,9	41ˢ,08	57″,3	49ˢ,89	6″,3	30ˢ,12	13″,3
22	51ˢ,43	45″,6	52ˢ,41	44″,6	65ˢ,11	49″,1	40ˢ,72	57″,7	50ˢ,89	6″,6	32ˢ,03	13″,4
23	49ˢ,77	45″,4	50ˢ,31	44″,6	63ˢ,57	49″,3	40ˢ,51	58″,0	52ˢ,00	6″,9	33ˢ,83	13″,5
24	47ˢ,99	45″,3	48ˢ,18	44″,7	62ˢ,08	49″,6	40ˢ,45	58″,4	53ˢ,19	7″,2	35ˢ,51	13″,6
25	46ˢ,07	45″,1	46ˢ,05	44″,8	60ˢ,69	49″,8	40ˢ,53	58″,7	54ˢ,39	7″,4	37ˢ,05	13″,7
26	44ˢ,03	45″,0	43ˢ,98	44″,9	59ˢ,43	50″,1	40ˢ,71	59″,0	55ˢ,54	7″,6	38ˢ,49	13″,8
27	41ˢ,91	44″,9	42ˢ,00	45″,1	58ˢ,31	50″,4	40ˢ,95	59″,3	56ˢ,59	7″,8	39ˢ,92	13″,9
28	39ˢ,75	44″,8	40ˢ,14	45″,2	57ˢ,33	50″,7	41ˢ,18	59″,6	57ˢ,52	8″,0	41ˢ,42	14″,1
29	37ˢ,59	44″,7	38ˢ,40	45″,4	56ˢ,48	51″,0	41ˢ,36	59″,8	58ˢ,34	8″,2	43ˢ,06	14″,3
30	35ˢ,47	44″,6			55ˢ,71	51″,3	41ˢ,44	60″,1	59ˢ,10	8″,5	44ˢ,88	14″,4
31	33ˢ,44	44″,6			54ˢ,98	51″,5			59ˢ,88	8″,7		

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 2024
en su culminación superior en Greenwich

día	Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	α	*p*	α	*p*	α	*p*	α	*p*	α	*p*	α	*p*
	$3^h\,01^m$	38′	$3^h\,02^m$	38′	$3^h\,03^m$	38′	$3^h\,04^m$	37′	$3^h\,05^m$	37′	$3^h\,05^m$	37′
1	$46^s{,}88$	14″,6	$50^s{,}90$	15″,9	$56^s{,}28$	12″,2	$49^s{,}58$	64″,8	$24^s{,}36$	54″,4	$30^s{,}38$	43″,1
2	$49^s{,}01$	14″,8	$53^s{,}19$	15″,8	$58^s{,}03$	12″,0	$50^s{,}86$	64″,5	$25^s{,}16$	54″,1	$30^s{,}22$	42″,7
3	$51^s{,}22$	14″,9	$55^s{,}34$	15″,7	$59^s{,}74$	11″,8	$52^s{,}20$	64″,2	$26^s{,}00$	53″,7	$29^s{,}93$	42″,3
4	$53^s{,}43$	15″,0	$57^s{,}37$	15″,6	$61^s{,}46$	11″,6	$53^s{,}62$	64″,0	$26^s{,}87$	53″,4	$29^s{,}48$	42″,0
5	$55^s{,}56$	15″,0	$59^s{,}30$	15″,5	$63^s{,}22$	11″,4	$55^s{,}12$	63″,7	$27^s{,}69$	53″,0	$28^s{,}86$	41″,5
6	$57^s{,}58$	15″,1	$61^s{,}18$	15″,5	$65^s{,}07$	11″,3	$56^s{,}70$	63″,4	$28^s{,}44$	52″,6	$28^s{,}09$	41″,2
7	$59^s{,}47$	15″,1	$63^s{,}04$	15″,4	$67^s{,}00$	11″,1	$58^s{,}33$	63″,1	$29^s{,}51$	51″,8	$27^s{,}20$	40″,8
8	$61^s{,}26$	15″,2	$64^s{,}94$	15″,3	$69^s{,}03$	10″,9	$59^s{,}96$	62″,8	$29^s{,}79$	51″,3	$26^s{,}27$	40″,5
9	$62^s{,}98$	15″,2	$66^s{,}90$	15″,3	$71^s{,}14$	10″,7	$61^s{,}56$	62″,5	$29^s{,}93$	50″,9	$25^s{,}38$	40″,2
10	$64^s{,}66$	15″,3	$68^s{,}97$	15″,3	$73^s{,}29$	10″,5	$63^s{,}06$	62″,1	$29^s{,}97$	50″,6	$24^s{,}60$	39″,9
11	$66^s{,}37$	15″,4	$71^s{,}14$	15″,2	$75^s{,}46$	10″,3	$64^s{,}44$	61″,7	$30^s{,}00$	50″,2	$23^s{,}98$	39″,6
12	$68^s{,}14$	15″,5	$73^s{,}41$	15″,2	$77^s{,}58$	10″,1	$65^s{,}65$	61″,3	$30^s{,}10$	49″,9	$23^s{,}49$	39″,3
13	$70^s{,}00$	15″,6	$75^s{,}77$	15″,1	$79^s{,}61$	9″,8	$66^s{,}70$	61″,0	$30^s{,}35$	49″,5	$23^s{,}09$	39″,0
14	$71^s{,}97$	15″,7	$78^s{,}18$	15″,0	$81^s{,}49$	9″,5	$67^s{,}61$	60″,6	$30^s{,}77$	49″,2	$22^s{,}67$	38″,7
15	$74^s{,}08$	15″,8	$80^s{,}59$	14″,9	$83^s{,}20$	9″,2	$68^s{,}47$	60″,3	$31^s{,}32$	48″,9	$22^s{,}16$	38″,4
16	$76^s{,}29$	15″,9	$82^s{,}95$	14″,8	$84^s{,}75$	8″,9	$69^s{,}36$	60″,0	$31^s{,}90$	48″,5	$21^s{,}47$	38″,0
17	$78^s{,}60$	15″,9	$85^s{,}19$	14″,6	$86^s{,}21$	8″,6	$70^s{,}39$	59″,7	$32^s{,}41$	48″,2	$20^s{,}58$	37″,7
18	$80^s{,}95$	16″,0	$87^s{,}27$	14″,4	$87^s{,}68$	8″,4	$71^s{,}60$	59″,4	$32^s{,}77$	47″,8	$19^s{,}51$	37″,3
19	$83^s{,}28$	16″,0	$89^s{,}18$	14″,2	$89^s{,}25$	8″,2	$72^s{,}96$	59″,1	$32^s{,}94$	47″,3	$18^s{,}30$	37″,0
20	$85^s{,}54$	16″,0	$90^s{,}97$	14″,1	$90^s{,}99$	8″,0	$74^s{,}41$	58″,8	$32^s{,}91$	46″,9	$17^s{,}01$	36″,7
21	$87^s{,}65$	15″,9	$92^s{,}74$	13″,9	$92^s{,}92$	7″,7	$75^s{,}83$	58″,4	$32^s{,}73$	46″,5	$15^s{,}69$	36″,4
22	$89^s{,}62$	15″,9	$94^s{,}57$	13″,8	$94^s{,}96$	7″,5	$77^s{,}15$	58″,0	$32^s{,}43$	46″,1	$14^s{,}38$	36″,1
23	$91^s{,}44$	15″,8	$96^s{,}55$	13″,7	$97^s{,}03$	7″,3	$78^s{,}29$	57″,6	$32^s{,}07$	45″,8	$13^s{,}12$	35″,8
24	$93^s{,}21$	15″,8	$98^s{,}71$	13″,6	$99^s{,}04$	7″,0	$79^s{,}26$	57″,2	$31^s{,}69$	45″,4	$11^s{,}93$	35″,6
25	$95^s{,}00$	15″,8	$101^s{,}02$	13″,5	$100^s{,}94$	6″,7	$80^s{,}06$	56″,8	$31^s{,}33$	45″,1	$10^s{,}82$	35″,4
26	$96^s{,}90$	15″,9	$103^s{,}42$	13″,4	$102^s{,}68$	6″,3	$80^s{,}74$	56″,4	$31^s{,}03$	44″,8	$9^s{,}79$	35″,1
27	$98^s{,}97$	15″,9	$105^s{,}83$	13″,2	$104^s{,}26$	6″,0	$81^s{,}32$	56″,1	$30^s{,}80$	44″,4	$8^s{,}79$	34″,9
28	$101^s{,}21$	16″,0	$108^s{,}17$	13″,0	$105^s{,}71$	5″,7	$81^s{,}86$	55″,7	$30^s{,}65$	44″,1	$7^s{,}81$	34″,6
29	$103^s{,}59$	16″,0	$110^s{,}40$	12″,8	$107^s{,}04$	5″,3	$82^s{,}40$	55″,4	$30^s{,}55$	43″,8	$6^s{,}79$	34″,4
30	$106^s{,}05$	16″,0	$112^s{,}49$	12″,6	$108^s{,}32$	5″,0	$82^s{,}99$	55″,0	$30^s{,}47$	43″,5	$5^s{,}66$	34″,1
31	$108^s{,}51$	15″,9	$114^s{,}44$	12″,4			$83^s{,}64$	54″,7			$4^s{,}40$	33″,8

El día 6 de noviembre la Polar culmina dos veces en Greenwich, siendo las coordenadas en su segundo paso: $\alpha = 3^h5^m29^s{,}05$ y $p = 37'52''{,}2$.

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:

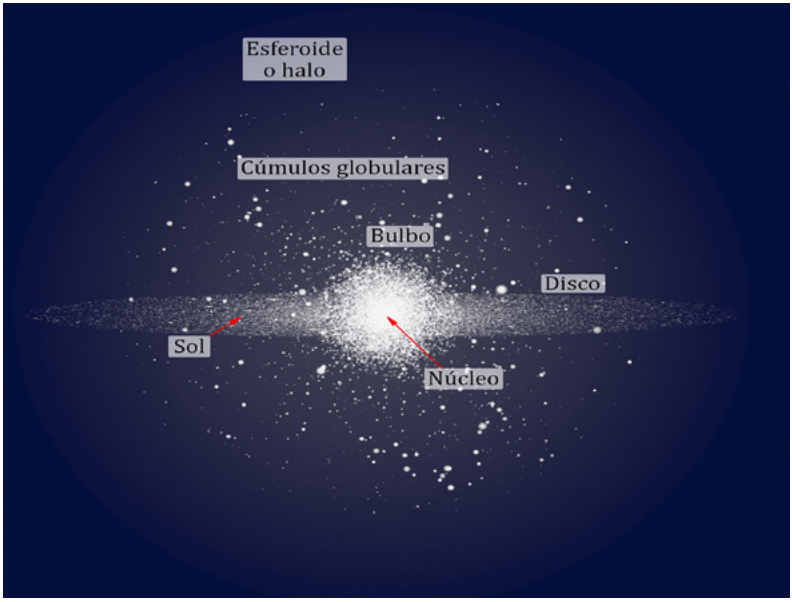
tipo morfológico	SBbc
masa incluyendo el halo invisible	$\sim 10^{12}\ \mathcal{M}_\odot$
masa excluyendo el halo invisible	$\sim 10^{11}\ \mathcal{M}_\odot$
diámetro del halo gaseoso	100 kpc
dirección del polo norte galáctico	$\alpha = 12^h51^m26^s$, $\delta = +27°07'42''$
velocidad respecto del fondo 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 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	$0{,}044\ \mathcal{M}_\odot\ pc^{-3}$
densidad total de materia	$0{,}15–0{,}18\ \mathcal{M}_\odot\ pc^{-3}$
brillo superficial	$15\ \mathcal{L}_\odot\ pc^{-1}$
metalicidad, Z	0,02
velocidad de escape	$\sim$ 550 km s^{-1}



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

Cúmulos estelares

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

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

Propiedades medias de los cúmulos estelares

	abiertos	globulares
diámetro (en parsecs)	4	20
masa (en $\mathcal{M}_\odot$)	250	$6\ 10^5$
densidad central (en $\mathcal{M}_\odot$ pc^{-3})	~ 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 vacio sino que está ocupado por *gas* en diversas fases (ionizado, neutro en forma atómica o molecular) y condiciones físicas (frío, caliente, muy caliente; difuso, denso) que constituye el denominado *medio interestelar*. La *materia interestelar* también contiene pequeños *granos de polvo,* de diversa composición (grafito, silicatos, carbonatos,...), que constituye el 1% en masa y se hallan bien mezclados con el gas. El medio interestelar está también consituido por *rayos cósmicos* (partículas subatómicas de elevada energía) y *campos magnéticos.*

En el medio interestelar destacan una serie de objetos, que se distinguen por representar diversas fases del intercambio de materia y energía que tiene lugar entre las estrellas y el medio circundante. Las estrellas nacen en nubes moleculares, objetos densos y fríos. Las estrellas de mayor masa producen nebulosas difusas, brillantes en óptico y en el continuo radio. Dependiendo del tipo de estrella de que se trate y de la etapa de su vida (inicial, final) puede dar lugar a varios tipos de nebulosas: nebulosas de 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} (^{o} $'$)	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 (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 parsecs y una masa de hasta $10^6\ \mathcal{M}_\odot$, por lo que constituyen los objetos de mayor masa de nuestra galaxia. En su interior se forman tanto estrellas muy masivas como poco masivas, normalmente en cúmulos abiertos, los cuales pueden llegar a tener varios miles de estrellas. Cuando 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 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 comúnmente nebulosas, entre ellas la de Andrómeda, eran realmente galaxias independientes de la Vía Láctea. Denominamos *galaxia* a un gran conjunto de estrellas (más de diez millones) y materia interestelar (nubes de gas y polvo), además de otros cuerpos menores (restos de estrellas, planetas), unido gravitatoriamente y percibido como una entidad separada, aunque no siempre independiente, en el espacio. Su centro de masas o *núcleo* galáctico es una región pequeña y compacta que contiene una gran densidad de estrellas y otros objetos. En ocasiones en él se encuentra un agujero negro supermasivo (con una masa entre 10^6 y 10^{10} $\mathcal{M}_\odot$), pudiendo emitir una parte considerable de la energía total de la galaxia. En tal caso se habla de un *núcleo activo*, que puede manifestarse en ondas de radio (radiogalaxia) o en todo el espectro electromagnético (cuásar, blazar, galaxia de Seyfert). Se llama *galaxia activa* a aquella que contiene un núcleo activo.

Se denominan galaxias con *brote estelar* aquellas en que el ritmo de nacimiento de estrellas es muy superior al de una galaxia normal de tamaño similar. Entre ellas se encuentran las *galaxias infrarrojas* luminosas y ultraluminosas descubiertas en la década de 1980.

Las galaxias se caracterizan por su número de estrellas (las enanas tienen unos miles de millones, mientras que las supergigantes pueden superar un billón), su tamaño (entre cientos y millones de años luz de diámetro), su luminosidad (entre 10^5 y 10^{14} $\mathcal{L}_\odot$) y su forma. Los tipos morfológicos principales se expresan, de manera simplificada, mediante:

E	elíptica (de E0 hasta E7)
Im, Irr	irregular
S	espiral (de 'a' a 'c') (SA, SAB, SB)
S0	lenticular (S0 y E8)
dSph	esferoidal enana
d	prefijo indicativo de galaxia enana
B	sufijo indicativo de presencia de una barra

Las galaxias se identifican por las coordenadas que dan su posición en el cielo. Catalogadas en los siglos XVIII y XIX junto con las nebulosas y cúmulos estelares, algunas aparecen en el pequeño catálogo de Ch. Messier (en él la galaxia de Andrómeda es Messier 31 o M31) y en el catálogo mucho más extenso de William, Caroline y John Herschel, que a finales del siglo XIX J.L.E. Dreyer plasmó en el Nuevo Catálogo General de Nebulosas y Cúmulos de Estrellas (la galaxia de Andrómeda es NGC 224). Otros catálogos muy utilizados en la denominación de galaxias son el Atlas de Galaxias Peculiares de H. Arp, en el que abundan galaxias en interacción (Arp 220, Arp 244) y alguna radiogalaxia (como Arp 153, también conocida como Centauro A o NGC 5128), el Catálogo General de Galaxias de Upspala (UGC) o el catálogo de galaxias enanas DDO. En los catálogos de radiofuentes publicados a partir del año 1950 también se encuentran galaxias (como 3C236) y cuásares (como 3C48 y 3C273). Los cúmulos de galaxias fueron catalogados inicialmente por G.O. Abell.

Se denomina *Grupo Local* a un grupo de varias decenas de galaxias que incluye, como miembros dominantes, la Vía Láctea y 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
Andrómeda VIII	00 42,3	+40 37	9,1	45x10	dSph	720

Galaxias del Grupo Local

nombre	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} (^{o} $'$)	mag. V	tamaño ($'$x$'$)	tipo	dist. (kpc)
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
Gibson Reaves 8 (GR8)		12 58,7	14 13

Galaxias con nombre propio

nombre	otros nombres	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} (^{o} ')
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
Osa Menor, Enana de La		15 08,8	67 12

Galaxias con nombre propio

nombre	otros nombres	α_{2000} (^{h} ^{m})	δ_{2000} (^{o} ')
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 unión 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 megaparsecs (1 Mpc = 3,26 millones de años luz), constituyen las mayores estructuras del universo ligadas gravitatoriamente. Además de las galaxias, observaciones con telescopios de rayos X han mostrado la presencia en ellos de grandes cantidades de gas intergaláctico, a temperaturas de decenas de millones de grados. Sin embargo la masa combinada de galaxias y gas caliente no es suficiente para mantener los cúmulos ligados, con galaxias moviéndose en ellos con velocidades de hasta 1000 km/s, por lo que se supone que la mayor parte de su masa total (típicamente entre 10^{13} y 10^{15} $\mathcal{M}_\odot$) está constituida por una materia oscura de naturaleza desconocida. Se conocen miles de cúmulos, entre los cuales destacan el 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	Fornax (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	León	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} (^{o})	tamaño (Mpc)	z	comentarios
Laniakea	10,5	−46	135		Contiene los tres siguientes.
Virgo			33		Contiene el Grupo Local y el cúmulo de Virgo.
Hidra-Centauro	13,0	−32	45	0,014	El más cercano, contiene los cúmulos de Hidra (Abell 1060), Regla (3627) y Centauro (3526).
Pavo-Indio	20,6	−37	30	0,017	Pobre, contiene Abell 3656.
Perseo-Peces	02,5	+40	30	0,016	Contiene el cúmulo de Perseo (Abell 426).
Coma (Cab. de B.)	12,4	+24	30	0,021	Pequeño, contiene el cúmulo de Coma (Abell 1656) cuyo análisis reveló la existencia de la materia oscura y el del León (Abell 1367).
Fénix	00,9	−48	45	0,027	Pobre, en ocasiones se le llama también Escultor.
Ofiuco	17,2	−22	20	0,029	Situado al otro lado de la Vía Láctea.
Hércules (Norte)	16,4	+37	30	0,030	Dominado por el cúmulo Abell 2199, en ocasiones se le considera junto con Hércules (Sur).
León	11,1	+23	45	0,032	Pobre, contiene Abell 1228.
Hércules (Sur)	15,8	+16	45	0,037	Dominado por el rico cúmulo de Hércules (Abell 2151).
Shapley	13,4	−30	60	0,048	Es uno de los más densos, contiene más de 20 cúmulos, entre ellos el muy rico Abell 3558

Tabla comparativa de distancias 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 megaparsecs y la velocidad V en km s^{-1}.

Para valores de ɀ 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:

$$D_L = D_A\,(1 + \text{ɀ})^2$$

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:

$$D_C = D_A\,(1 + \text{ɀ}) = D_L / (1 + \text{ɀ})$$

Tabla comparativa de distancias
a algunas galaxias, cuásares y cúmulos seleccionados

nombre (comentario)	distancia (Mpc) angular	comóvil	luminosa	ɀ
Nube Grande de Magallanes *(g. irregular, satélite de la Vía Láctea)*	0,048	=	=	
Galaxia de Andrómeda *(g. espiral más próxima a la Vía Láctea)*	0,78	=	=	
Borde del Grupo Local	~1,5	=	=	
Centauro A *(NGC 5128, radiogalaxia muy cercana)*	~ 4	=	=	
Galaxia de los Perros de Caza, M51 *(g. espiral, interacciona con NGC 5195)*	~ 7	=	=	
Cúmulo de Virgo (la Virgen) *(cúmulo de galaxias más cercano)*	16,5	=	=	0,004
Cúmulo de Norma (la Regla)	68	69	70	0,016
Cúmulo de Coma (la Cabellera de B.)	99	102	104	0,023
3C48 *(cuásar muy intenso en radio)*	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 parsec = 3,0857 10^{22} m

Los objetos más lejanos

En julio de 2022 el programa de observación ERO (Early Release Observations) utilizando la Cámara de Infrarrojo Cercano del Telescopio Espacial James Webb (JWST) descubrió la galaxia F200DB-045, con un corrimiento al rojo estimado de aproximadamente $z \simeq 20$, podría convertirse en el objeto más lejano descubierto, su distancia comóvil sería de unos 11000 Mpc y su edad cósmica de unos 168 millones de años después del Big Bang. Otra posible candidata es la galaxia CEERS-93316, descubierta, también en julio de 2022, por el programa de observación de imágenes CEERS utilizando el JWST. La galaxia tiene un corrimiento al rojo estimado de aproximadamente $z \simeq 16$, que corresponde con una distancia comóvil de unos 10700 Mpc y una edad cósmica de unos 230 millones de años después del Big Bang.

Mientras se espera la confirmación de los anteriores descubrimientos, el objeto más lejano descubierto hasta el momento es la galaxia HD1, cuyo corrimiento al rojo determinado espectroscópicamente ha dado como resultado $z = 13{,}27$, que correspondería a una distancia comóvil de 10260 Mpc y una edad cósmica de unos 330 millones de años después del Big Bang. La galaxia fue identificada en julio de 2022 por un equipo internacional de astrónomos que realizó las observaciones con los telescopios Subaru del Observatorio Astronómico Nacional de Japón, VISTA de la ESO, el infrarrojo del Reino Unido (UKIRT) y el telescopio espacial Spitzer. Otro de los objetos más lejanos es la galaxia JADES-GS-z13-0, descubierta en setiembre de 2022 por el programa de observación JADES utilizando el JWST. La galaxia tiene un corrimiento al rojo determinado espectroscópicamente de $z = 13{,}20$, que corresponde con una distancia comóvil de unos 10250 Mpc y una edad cósmica de unos 330 millones de años después del Big Bang.

El siguiente objeto más lejano es la galaxia GLASS-z12 (anteriormente conocida como GLASS-z13), descubierta en julio de 2022 por el programa de observación Grism Lens-Amplified Survey from Space (GLASS) utilizando el Telescopio Espacial James Webb. Las observaciones espectroscópicas realizadas por ALMA (Atacama Large Milimiter/submilimiter Array) en agosto de 2022 confirmaron que la galaxia tiene un corrimiento al rojo espectroscópico de $z = 12{,}117$, que corresponde con una distancia comóvil de unos 10100 Mpc y una edad cósmica de unos 350 millones de años después del Big Bang. A una distancia algo menor estaría la galaxia GN-z11, cuyo corrimiento al rojo determinado espectroscópicamente ha dado como resultado $z = 10{,}957$, que correspondería a una distancia comóvil de 9700 Mpc y una edad cósmica de unos 400 millones de años. La galaxia fue

identificada en el año 2016 por un equipo que estudiaba datos del Cosmic Assembly Near-infrared Deep Extragalactic Legacy Survey (CANDELS) del telescopio espacial Hubble y del Great Observatories Origins Deep Survey- North (GOODS-North) del telescopio espacial Spitzer.

En la siguiente tabla se muestran los objetos astronómicos más lejanos descubiertos, indicando si la detección ha sido o no confirmada.

Nombre	Corrimiento al rojo (z)	Tipo	Estado
F200DB-045	20,4	Galaxia	Sin confirmar
CEERS-93316	16,39	Galaxia	Sin confirmar
HD1	13,27	Galaxia	Confirmada
JADES-GS-z13-0	13,20	Galaxia	Confirmada
GLASS-z12	12,117	Galaxia	Confirmada
GN-z11	10,957	Galaxia	Confirmada

7.11. Moléculas en el medio interestelar y circunestelar

La siguiente tabla está actualizada a setiembre de 2023, con las especies moleculares de la base de datos de Colonia para espectroscopia molecular (CDMS): ***https://cdms.astro.uni-koeln.de/classic/molecules***. En ella hay 306 moléculas, incluidas 8 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 medio interestelar y el circunestelar

Moléculas "metálicas"

AlF	CF^+	TiO_2	CH_3Cl
AlCl	AlO	FeCN	$HMgC_3N$
HCl	NaCN	H_2Cl^+	MgC_4H
KCl	CaNC	KCN	MgC_4H^+
NaCl	MgC_2	HMgNC	MgC_5N
HF	MgCN	MgC_2H	MgC_5N^+
FeO ?	MgNC	NaCCCN	MgC_6H
TiO	AlNC	MgC_3N	MgC_6H^+
HCl^+	AlOH	MgC_3N^+	

Moléculas con hidrógeno

H_2	HD	H_3^+	H_2D^+

Moléculas con solo hidrógeno y carbono

C_2	C_4H	C_6H	CH_2CHCH_3
CH	C_4H^-	C_6H^-	CH_3CH_2CCH
CH^+	C_3H_2	CH_3C_2H	$[C_6H_4]$
C_3	$[C_3H_2]$	[C3HCCH]	CH_3C_6H
C_2H	C_5H	HCCCHCCC	$[C_5H_6]$
CH_2	C_5H^+	C_7H	H_2CCCHC_4H
$[C_3H]$	CH_2CCH	C_6H_2	$C_{10}H^-$
C_3H^+	H_2C_4	HC_6H	$[C_6H_6]$
C_3H	C_2H_4	CH_2CHCCH	$[C_5H_4CCH_2]$
C_2H_2	HC_4H	CH_3C_4H	$[C_9H_8]$
CH_3	$H_2C_3H^+$	C_8H	[1-C_5H_5CCH]
CH_3^+	$[C_3C_2H]$	C_8H^-	[2-C_5H_5CCH]
C_5	H_2C_5	$H_2CCCHCCH$	$[C_6H_5CCH]$
CH_4			

Moléculas con oxígeno, hidrógeno y/o carbono

CO	$HOCO^+$	CH_3CO^+	HC_7O
CO^+	H_2CO	C_5O	HOCHCHCHO ?
OH	H_3O^+	HOCOOH	CH_3CH_2OH
OH^+	HOOH	$[C_2H_4O]$	$(CH_2OH)_2$
O_2	HCCO	H_2CCHOH	CH_3CH_2CHO
C_2O	HCOOH	HC_5O	CH_3CHCH_2O
HCO	H_2C_2O	CH_3CHO	CH_3OCH_2OH
HCO^+	H_2COH^+	CH_3COOH	$(CH_3)_2CO$
HOC^+	CH_3O	CH_2OHCHO	CH_3OCOCH_3
H_2O	HC_3O^+	CH_2CHCHO	CH_3COCH_2OH
H_2O^+	HCCCO	$(CHOH)_2$	C_2H_5OCHO
CO_2	CH_3OH	$HCOOCH_3$	n-C_3H_7OH
HO_2	HCCCHO	CH_3CHCO	i-C_3H_7OH
C_3O	$[H_2C_3O]$	$(CH_3)_2O$	$C_2H_5OCH_3$

Moléculas con nitrógeno y oxígeno

NO	HNCO	H_2NCO^+	CH_3NHCHO
NO^+ ?	HCNO	NH_2CHO	CH_3CONH_2
HNO	HOCN	$HOCH_2CN$	C_2H_5NCO
N_2O	HCOCN	CH_3NCO	$HOCH_2CONH_2$
NCO	NH_2OH	H_2NCONH_2	$HOCH_2CH_2NH_2$
HONO			

Moléculas con nitrógeno, hidrógeno y/o carbono

CN	H_2CCN	CH_2CHCN	H_2CCCHC_3N
CN^-	HC_3N	HC_5N	$C_2H_5NH_2$?
NH	HCCNC	CH_3NH_2	HC_7NH^+
N_2	H_2CNH	HCCCHNH	$CH_3CHCHCN$
HCN	H_2NCN	HC_4NC	$CH_3C(CN)CH_2$
HNC	HNC_3	CH_2C_3N	CH_2CHCH_2CN
N_2H^+	HNCNH	C_7N^-	CH_3C_5N
NH_2	NH_4^+	H_2NCH_2CN	$H_2C(CH)_3CN$
C_2N	H_2C_3N	CH_3CHNH	HC_9N
C_3N	CH_3CN	$HCCCH_2CN$	i-C_3H_7CN
NH_3	CH_3NC	HC_5NH^+	n-C_3H_7CN
HCCN	HC_3NH^+	$C_2H_3NH_2$	[1-C_5H_5CN]
$HCNH^+$	C_5N	CH_2CCHCN	[2-C_5H_5CN]
H_2CN	HC_4N	HC_7N	CH_3C_7N ?
C_3N^-	H_2CCNH	CH_3C_3N	[C_6H_5CN]
CNCN	C_5N^-	HCCCHCHCN	$HC_{11}N$
HNCN	HNCHCN	H_2CCHC_3N	2-C_9H_7CN
H_2NC	$HCCNCH^+$	CH_3CH_2CN	1-$C_{10}H_7CN$
$NCCNH^+$	NC_4NH^+	$CH_2CHCHNH$?	2-$C_{10}H_7CN$

Moléculas con azufre, silicio o fósforo

CP	SH^+	HS_2	HC_3S^+
SiC	SH	HSC	H_2C_2S
NS	SiP ?	NCS	C_4S
NS^+	C_2S	Si_2C	HCOSH
PN	HCS^+	HSO	HCSCN
SO^+	HCS	H_2CS	C_4Si
SO	H_2S	HSCN	SiH_3CN
SiN	OCS	[SiC_3]	C_5S
SiO	SO_2	PH_3	H_2C_3S
SiS	[SiC_2]	HCCS	CH_3SH
CS	SiCN	$HCCS^+$	HCCCHS
SiH ?	SiNC	C_3S	HC_4S
PO	HCP	HNCS	CH_3SiH_3
PO^+	CCP	SiH_4	CH_3CH_2SH

Fulerenos

C_{60}	C_{70}	C_{60}^+

Otras moléculas

HeH^+	ArH^+

En la siguiente tabla se muestran las moléculas que han sido detectadas por primera vez utilizando el radiotelescopio de 40 metros de Yebes (Guadalajara).

Moléculas detectadas en el Observatorio de Yebes (Guadalajara)

Moléculas con solo hidrógeno y carbono

C_5H^+	H_2C_5	$[C_6H_4]$	$[C_9H_8]$
CH_2CCH	HCCCHCCC	$[C_5H_6]$	$[1\text{-}C_5H_5CCH]$
$H_2C_3H^+$	CH_2CHCCH	H_2CCCHC_4H	$[2\text{-}C_5H_5CCH]$
$[C_3C_2H]$	$H_2CCCHCCH$	$[C_5H_4CCH_2]$	$[C_6H_5CCH]$
$[C_3HCCH]$	CH_3CH_2CCH		

Moléculas con oxígeno, hidrógeno y/o carbono

HC_3O^+	CH_3CO^+	HOCOOH	$(CHOH)_2$
HCCCO	C_5O	CH_3CHCO	$n\text{-}C_3H_7OH$

Moléculas con nitrógeno, hidrógeno y/o carbono

HNCN	HC_4NC	HC_5NH^+	HC_7NH^+
$NCCNH^+$	CH_2C_3N	$C_2H_3NH_2$	$CH_3CHCHCN$
H_2C_3N	C_7N^-	$CH_2CHCHNH$?	$CH_3C(CN)CH_2$
$HCCNCH^+$	$HCCCH_2CN$	$C_2H_5NH_2$?	CH_2CHCH_2CN
NC_4NH^+			

Moléculas con nitrógeno y oxígeno

C_2H_5NCO	$HOCH_2CONH_2$	$HOCH_2CH_2NH_2$

Moléculas con azufre, silicio o fósforo

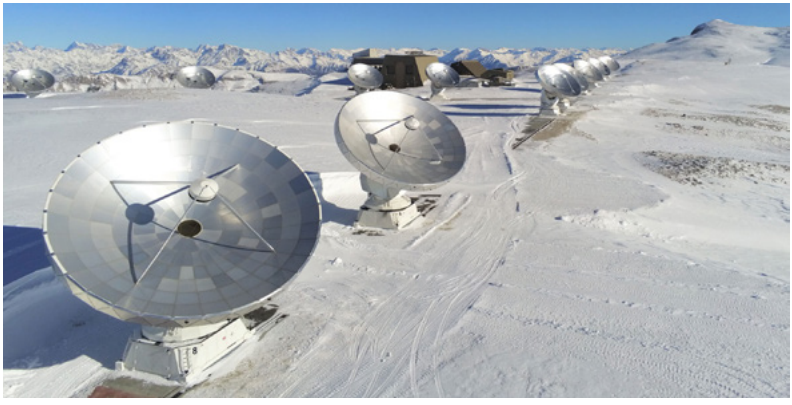
PO^+	$HCCS^+$	C_4S	H_2C_3S
NCS	HC_3S^+	HCOSH	HCCCHS
HSO	H_2C_2S	HCSCN	HC_4S
HCCS			

Moléculas “metálicas”

MgC_2	NaCCCN	$HMgC_3N$	MgC_6H
MgC_3N	MgC_4H	MgC_5N	MgC_6H^+
MgC_3N^+	MgC_4H^+	MgC_5N^+	



Observatorio Astronómico de Yebes (guadalajara)



Observatorio NOEMA (NOrthern Extended Millimeter Array), en los Alpes franceses, fruto de la colaboración entre el CNRS (Francia), Max-Planck-Gesellschaft (MPG, Alemania) y el IGN.

CAPÍTULO 8

Artículos de divulgación





Vista del reflector secundario desde la cabina de receptores del radiotelescopio de 40 m del Observatorio de Yebes.

Tecnología para la radioastronomía

Pablo de Vicente
Astrónomo y director del Observatorio de Yebes (IGN)

Resumen

Radio astronomy began in the second decade of the 20th century, but did not gain momentum until the 1950s in various institutes in the USA, Europe and Australia with the construction of large instruments to receive signals from the cosmos at radio frequencies. The National Astronomical Observatory (OAN) wanted to participate in this development and after several years of study, approximately in 1974, began the construction of the Yebes Observatory with two small optical telescopes for observing the solar system and a 14m radio telescope. A young and enthusiastic community of astronomers and engineers was formed around the latter, which later grew to form part of the current corps of astronomers at the Royal Observatory of Madrid and the Yebes Observatory. The latter has developed all the technology that has made it possible to carry out observations in this frequency range of the spectrum with a very high degree of quality and internationally recognised competence.

This article briefly describes the elements necessary for radio-frequency observation of the universe, following the order in which the signal is received and processed at each step. Although not all radio telescopes operate in the same way, what follows is common to most of them.

Recolectando fotones: el reflector

El principal instrumento de observación de los seres humanos son sus ojos. Observando el firmamento por las noches y descubriendo patrones regulares y eventos repetitivos comenzó la astronomía, probablemente la disciplina científica más antigua de la humanidad. Cuando observamos el cielo nocturno nuestros ojos recogen los fotones procedentes de las atmósferas de las estrellas de la Vía Láctea y de otras galaxias tras viajar por el espacio y atravesar la atmósfera terrestre. Estos fotones pasan por una lente, el cristalino, que los concentra en una superficie cubierta de detectores, la retina. Los conos y los bastones que la componen son células que se excitan con la llegada de la luz visible y envían impulsos eléctricos hasta el cerebro que interpreta esas señales y forma una imagen.

En radioastronomía los fotones se recogen empleando antenas reflectoras, habitualmente superficies parabólicas que actúan como las lentes y, que concentran la radiación en un sólo lugar, su foco. Las antenas que se utilizan pueden ser de foco primario o de foco secundario. En las primeras el foco se encuentra frente al reflector parabólico y mirando hacia él. En las segundas se coloca un segundo reflector, habitualmente una superficie hiperbólica en el lugar del foco primario, interceptando la radiación antes de que esta se concentre en él, que la refleja hacia dentro del primario, a través de una abertura en el vértice, en un foco más lejano donde se sitúan los detectores.

Las antenas parabólicas de foco primario o secundario suelen disponer de un tetrápodo donde se sujeta el receptor, en el primer caso, o el reflector secundario en el segundo. En estos últimos casos dicho tetrápodo sostiene una estructura móvil que permite mover o inclinar el reflector secundario en diferentes direcciones para modificar la posición del foco secundario y situarlo en un lugar óptimo.

Los reflectores parabólicos suelen estar formados por paneles individuales sujetos por tornillos en cuatro o más puntos. La superficie de los paneles debe ser reflectora para las ondas radio y preparada para la intemperie y para una gran variabilidad térmica, y su calidad está directamente relacionada con la longitud de la onda que se quiere observar; el error en la superficie debe ser igual o menor que 1/16 de la longitud de onda observada. Por ejemplo, si se desea observar a 100 GHz, lo que corresponde a una longitud de onda aproximada de 3 mm, los paneles deben tener una «rugosidad» máxima aproximada de 187 micras. Este valor determina, en última instancia, el tipo de material del panel y la pintura que lo recubre.

Muchos reflectores parabólicos están construidos de modo que la estructura que soporta los paneles, al deformarse por gravedad o por temperatura, lo haga de tal modo que la superficie continúe siendo un

paraboloide, aunque su foco sea diferente para diferentes elevaciones o temperaturas. Esta propiedad se denomina homología y es muy común encontrarla en muchos radiotelescopios. En estos casos, para compensar la deformación por gravedad a diferentes elevaciones, el foco primario o el reflector secundario se pueden mover dinámicamente a lo largo del eje axial hasta situarse en el foco óptimo.



Figura 1: Radiotelescopio perteneciente al interferómetro NOEMA en Francia. La imagen muestra los paneles del reflector primario, el tetrápodo que soporta el reflector secundario o subreflector y la parte trasera de este último. También se aprecia el vértice, la apertura circular en el reflector primario a través de la cual la radiación procedente del subreflector entra a la cabina de receptores. El vértice está protegido de la intemperie con una lámina dieléctrica que actúa de aislante, pero que es transparente a la radiación. Imagen cortesía de Cristina García-Miró.

En los últimos años se han implementado superficies activas que incluyen pequeños motores en los puntos de anclaje de los paneles y permiten moverlos en función de la elevación o de la temperatura ambiente. El control de estos motores se hace remotamente de forma automática para conseguir una eficiencia constante y mantener enfocado el sistema.

Existen diversas técnicas para medir la deformación de los paneles, mediante fotogrametría, estaciones totales topográficas o escáneres por láser. La más precisa y usada es la holografía. Esta técnica se basa en comparar la señal de un emisor potente recibida simultáneamente en dos antenas: la del propio radiotelescopio y la de una bocina de referencia o una antena pequeña poco deformable usualmente montada en el mismo radiotelescopio. Con una transformación matemática sobre los datos obtenidos al realizar un mapa en torno al emisor, es posible obtener la altura relativa de los paneles del reflector primario. Dicha altura relativa se puede corregir mediante un proceso iterativo de ajuste y medida que permite conseguir una superficie con errores mínimos.

Cuanto menor sea el error de la superficie y mejor enfocada esté, mayor será la eficiencia del radiotelescopio a diferentes elevaciones, es decir mayor energía recolectará en el detector. Por tanto, la determinación del foco a diferentes elevaciones y el ajuste de la superficie son dos tareas necesarias en la puesta en marcha de un radiotelescopio.

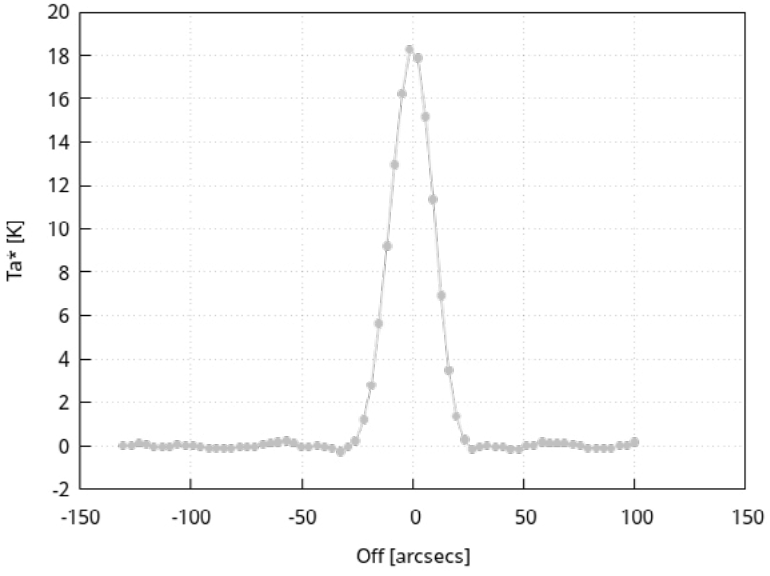


Figura 2: Barrido del radiotelescopio de 40m del Observatorio de Yebes sobre Marte a 86 GHz. La potencia recibida en función del ángulo barrido (en segundos de arco) tiene forma de función gaussiana. Dado que la potencia máxima es 18 K, la resolución angular es la «anchura» de la gaussiana a 9 K, lo que corresponde a 20 segundos de arco.

Los radiotelescopios equipados con un detector en su foco captan los fotones de una zona del cielo que tiene un tamaño finito. Esa zona es la subtendida por un ángulo sólido (bidimensional) cuyo tamaño es directamente proporcional a la longitud de onda e inversamente proporcional al tamaño del reflector primario. Este ángulo representa la resolución angular de un telescopio y habitualmente se expresa en segundos o minutos de arco, dependiendo de su tamaño. Cuanto mayor es el radiotelescopio y más corta es la longitud de onda (mayor es la frecuencia de observación) más pequeño es el ángulo y mayor poder de resolución tiene el telescopio. Expresado de un modo informal, la resolución angular es la capacidad de un instrumento para observar con nitidez.

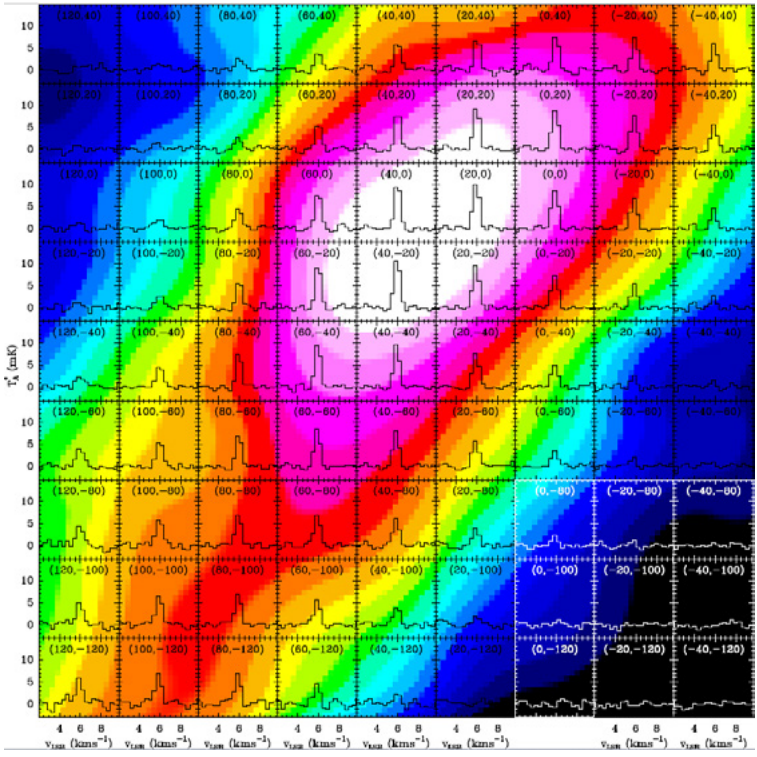


Figura 3: Mapa de la distribución de la molécula aromática benzonitrilo en una nube molecular fría obtenida a frecuencias de observación entre 32 y 50 GHz barriendo con el radiotelescopio de 40m del Observatorio de Yebes. El mapa se construye mediante interpolación de espectros individuales en diferentes posiciones. (Cernicharo et al. 2023)

La resolución angular se puede determinar de modo práctico realizando un barrido con el radiotelescopio en acimut (horizontalmente) y elevación (verticalmente) en torno a una radiofuente puntual y observando en un detector la potencia registrada. La potencia en función del desplazamiento angular suele tener la forma de una función gaussiana y la anchura a media potencia de esa función es la resolución angular. Este valor indica a qué distancia angular mínima se distinguen dos objetos puntuales como tales. Esta forma gaussiana tan peculiar se debe a la difracción que sufre la radiación en el borde del reflector. La resolución angular del radiotelescopio de 40m del Observatorio de Yebes a 100 GHz (3 mm de longitud de onda) es de 20 segundos de arco aproximadamente. La resolución angular de nuestro ojo es de 50 segundos de arco aproximadamente.

Dado que un radiotelescopio equipado con un detector sólo es sensible a una zona del cielo, para poder obtener una imagen de una fuente (un astro, o cualquier otro objeto del universo), es necesario realizar un mapa, moviendo el telescopio en torno a dicha fuente y tomando datos en diferentes posiciones (ver la figura 3). Una alternativa mucho más rápida y eficiente es situar varios detectores en el foco del radiotelescopio que recojan radiación de diferentes zonas del cielo. Este procedimiento se usa de modo regular en los telescopios ópticos equipados con CCDs o con placas fotográficas, y es el que emplean nuestros ojos con su retina. En un radiotelescopio sin embargo no es sencillo situar varios detectores en el foco, por su tamaño y por la dificultad tecnológica y el coste económico que suponen. Las soluciones existentes de este tipo están disponibles en algunos instrumentos y se conocen como matrices en el pano focal (Focal Plane Arrays). En la actualidad esta es un área de desarrollo activa.

Redirigiendo y concentrando la radiación

Como hemos comentado en la sección anterior, la radiación procedente del reflector primario o secundario se concentra en un lugar, el foco del sistema. En un reflector de foco secundario, la radiación atraviesa la superficie del primario a través de una abertura circular usualmente protegida del exterior mediante una lámina dieléctrica (ver la figura 1). El tipo de sistema óptico que se usa, Cassegrain o Nasmyth, indica si la radiación se recoge inmediatamente en el eje del radiotelescopio como en el primer caso, o si se intercepta y redirige con espejos hacia los laterales, permitiendo situar el foco en un lugar más accesible y cómodo, como en el segundo caso. En esta última situación siempre tiene que haber un espejo terciario plano, que se sitúa en el eje del reflector principal, y se mueve de modo síncrono con

la elevación. Al igual que en el caso del reflector primario o el secundario la rugosidad de los espejos terciarios debe ser la menor posible para maximizar la eficiencia en la recepción.

En el lugar del foco se sitúa el receptor de radioastronomía cuyo primer elemento es el alimentador. El alimentador es un componente pasivo habitualmente con forma de embudo, cuya principal función es dirigir la radiación electromagnética hasta la antena, donde dicha radiación se convierte en corrientes eléctricas en un conductor que se llevan al siguiente elemento por cables coaxiales (en algunos casos). El «embudo», habitualmente llamado bocina, se diseña para configurar la superficie reflectora electromagnéticamente de forma no uniforme, dando menos peso a los fotones recibidos que se han reflejado en zonas más exteriores que a los que se han reflejado en las zonas más interiores del reflector primario. Este diseño tiene como objetivo reducir la contribución de la radiación procedente del suelo cerca del radiotelescopio y que entra por difracción en los bordes del reflector. La bocina recibe la radiación total del cielo, compuesta por campos eléctricos que vibran en todas las direcciones y a diferentes frecuencias.

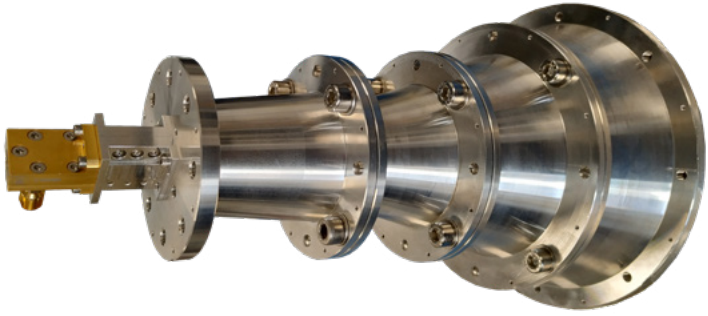


Figura 4: Bocina o alimentador diseñado en el Observatorio de Yebes para un receptor de 18 a 32 GHz. Para facilitar el mecanizado en un taller, la bocina está construida en piezas que se ensamblan después. En su parte final está conectada con una guía de onda. Imagen cortesía de Óscar García

A veces la bocina no tiene en su extremo una antena, sino que continúa en una cavidad rectangular, llamada guía de ondas, que por sus dimensiones filtra los campos electromagnéticos cuya longitud de onda es más larga que una cierta longitud de onda de corte. Es decir, a lo largo de dicha guía solo pueden viajar campos electromagnéticos de longitudes de onda más pequeñas que la de corte.

En el extremo de la bocina se puede montar un dispositivo llamado OMT (Transductor Ortomodo) que divide los campos electromagnéticos en dos direcciones o polarizaciones. Dichos campos se propagan confinados por guías rectangulares de modo que el campo eléctrico vibra en la dirección perpendicular a la dimensión más pequeña. Cada uno de ellos se procesa y detecta en receptores independientes. A veces los receptores no utilizan OMTs y separan la radiación que reciben en dos polarizaciones circulares opuestas empleando láminas lambda/4 que retrasan 90 grados la fase del campo electromagnético en una dirección, y se sitúan delante de las bocinas. Esta configuración es muy cómoda pero tiene sus inconvenientes porque aumenta el ruido y reduce la banda de frecuencia observada.

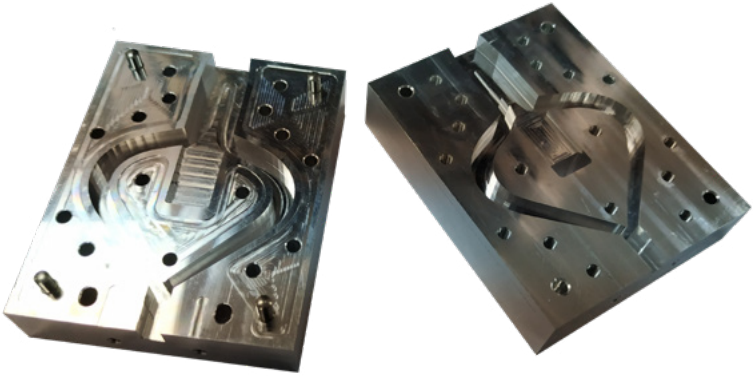


Figura 5: OMT diseñado en el Observatorio de Yebes para un receptor de 18 a 32 GHz. Imagen cortesía de Óscar García

En resumen, las primeras etapas de los receptores de radioastronomía son capaces de filtrar y recibir radiación de ciertas longitudes de onda y dos polarizaciones diferentes y tratar dichas señales de modo independiente. Dichas polarizaciones pueden ser lineales o circulares, siendo ortogonales en ambos casos. La radiación recibida se detecta como una corriente eléctrica variable en el tiempo cuya potencia depende de la intensidad de la señal que ha partido de la fuente cósmica bajo estudio.

De vatios a temperatura de antena

Las corrientes eléctricas que se detectan en los receptores son variables en el tiempo y su potencia se mide en vatios. En radioastronomía la propiedad que se emplea para medir la intensidad de las fuentes es la temperatura de antena por lo que es necesario realizar una transformación de vatios a grados kelvin. Esta operación de transformación se denomina calibración.

Muchos de los objetos del cosmos se comportan como cuerpos negros y la radiación que emiten a lo largo del espectro electromagnético, diferente a diferentes frecuencias, depende exclusivamente de la temperatura a la que se encuentran. Por tanto, el uso de la temperatura como unidad de potencia resulta muy útil y su uso en radioastronomía está totalmente establecido.

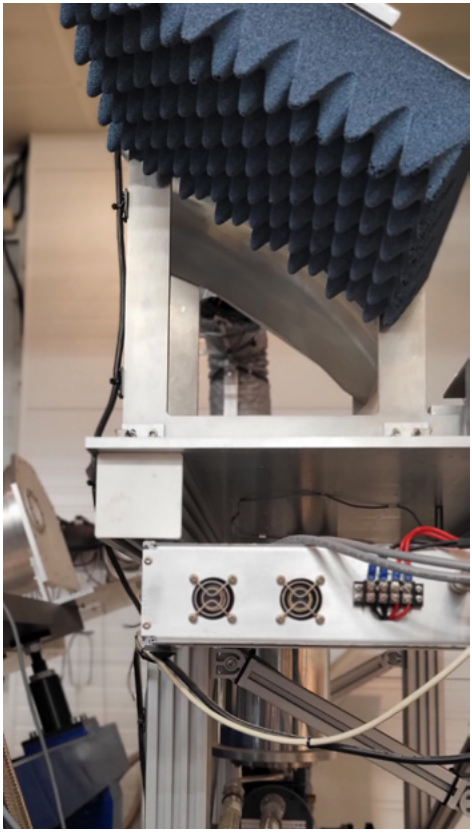


Figura 6: Sistema de calibración de carga caliente/fría en el radiotelescopio de 40m del Observatorio de Yebes. El material absorbente negro y azul se comporta como un cuerpo negro a temperatura ambiente. El cilindro que se adivina en la parte inferior de la fotografía es un criostato (vasija a muy baja temperatura) que dispone de una ventana para ver su interior y que se comporta como un cuerpo negro a 20 K. Ambas cargas se colocan frente a los receptores durante la calibración impidiendo la visión del cielo.

La calibración durante una observación radioastronómica consiste en observar con el receptor una carga caliente y una fría que se sitúan frente a la bocina y asumir que se comportan como cuerpos negros. Las cargas suele ser materiales absorbentes a temperatura ambiente, unos 293 K, y a una temperatura física muy baja, por ejemplo 20 K (alojado dentro de un criostato). Se mide la potencia de salida en ambos casos y, si el receptor se comporta como un sistema lineal, la transformación de vatios a kelvin resulta trivial. Existen otros métodos de calibración cuando no es posible utilizar dos cargas, como por ejemplo la inyección de ruido de una potencia conocida.

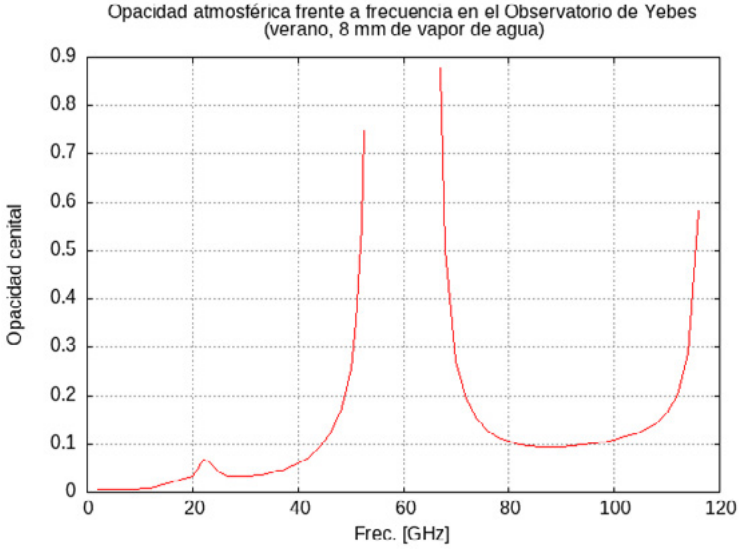


Figura 7: Opacidad atmosférica en la dirección del cénit en el Observatorio de Yebes en un verano típico. Las observaciones a frecuencias entre 50 y 70 GHz no son posibles debido a la altísima opacidad atmosférica causada por el oxígeno atmosférico.

La calibración se realiza regularmente, y forma parte del método estándar de observación, porque el estado del receptor y de la atmósfera pueden cambiar con el tiempo y generar variaciones de las corrientes eléctricas en la antena. La atmósfera en radio es prácticamente transparente entre 1 GHz y 18 GHz, pero a frecuencias superiores es ligeramente opaca aumentando su opacidad con la frecuencia. La opacidad es responsable de atenuar las señales del exterior, pero también de que la atmósfera emita radiación que se añade al de las señales que se reciben del cosmos. La opacidad la causan fundamentalmente las moléculas de vapor de agua y las de oxígeno pues emiten en radio.

Amplificando señales

La señal recogida por la bocina y encaminada a través del OMT viaja confinada en guías de onda o en cables coaxiales en forma de campos electromagnéticos hasta llegar a un amplificador. A veces hay otros elementos antes con funciones muy interesantes, pero para simplificar la explicación los obviaremos aquí, de momento. Este es un dispositivo activo que tiene como objetivo amplificar la señal recibida varios órdenes de magnitud, siendo habitual que el aumento sea de 1000 veces. En los receptores se suelen instalar varios amplificadores en cascada a lo largo de la cadena de recepción para aumentar millones o miles de millones de veces el nivel de la señal. Este valor puede resultar sorprendente para el lector, pero las señales del cosmos que se reciben son extraordinariamente débiles y necesitan ser amplificadas mucho para poder ser detectadas. El primer amplificador de un receptor de radioastronomía es extraordinariamente importante y posiblemente se puede considerar su componente más crítico.

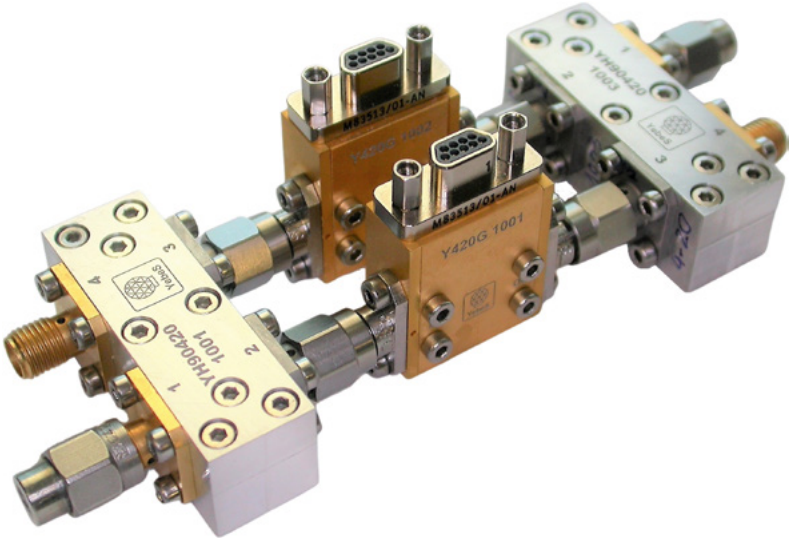


Figura 8: Amplificador de muy bajo ruido (LNA) balanceado de 4 a 20 GHz desarrollado en el Observatorio de Yebes. El desarrollo del amplificador se hizo para un proyecto internacional y fue financiado por el Observatorio Austral Europeo (ESO). Fotografía cortesía de Isaac López

La mayoría de los amplificadores actuales usados en radioastronomía son LNAs (amplificadores de bajo ruido) y están basados en transistores. Un transistor es un dispositivo electrónico que regula el paso de una señal utilizando una segunda señal de control. Una analogía para comprender esta definición es imaginar una llave de agua que permite el flujo de agua; con un pequeño giro de la llave podemos regular el paso de un gran caudal de agua. La señal que recogemos del cosmos con el radiotelescopio es la señal de control que «gira» la llave. La señal amplificada es en realidad, por tanto, la corriente eléctrica que alimenta al amplificador, y que mimetiza totalmente el comportamiento de la señal de control porque esta transmite sus variaciones temporales a la primera. Es decir, la corriente eléctrica acaba siendo una copia de la primera, pero con mayor potencia.

Las principales características de un amplificador son su temperatura de ruido, su grado de amplificación, su estabilidad y el rango de frecuencias en el que trabaja. El objetivo de un amplificador en radioastronomía es que contribuya con muy poco ruido, que sea muy estable y que su ganancia y el rango de trabajo de frecuencias sea el mayor posible, pero desafortunadamente no resulta sencillo alcanzar todos estos objetivos simultáneamente y algunos se consiguen en detrimento de otros.

Ruido y criogenia

Hasta ahora hemos visto que las señales de radiofrecuencia del cosmos se capturan y transforman en corrientes eléctricas en las primeras etapas de un radiotelescopio. Estas corrientes eléctricas son muy débiles y están enmascaradas por corrientes aleatorias mucho más potentes causadas por la agitación térmica de los electrones en los primeros dispositivos del receptor (bocina, guías de onda, amplificadores, cables ...). A la potencia generada por esas corrientes aleatorias se le denomina ruido y siempre está presente en todas las etapas del receptor.

En radioastronomía el objetivo prioritario es reducir la contribución del ruido lo máximo posible y ello se consigue, fundamentalmente, disminuyendo la temperatura a la que se encuentran los dispositivos, sobre todo el primer amplificador y aquellos anteriores a él, para que apenas exista agitación térmica. El método más extendido requiere la utilización de criostatos, unas vasijas metálicas habitualmente fabricadas en acero que aíslan el interior del exterior y donde se sitúan la bocina, si es suficientemente pequeña, el OMT, las guías de onda, el amplificador y otros dispositivos entre el OMT y el amplificador que todavía no se han mencionado aquí.

Un criostato típico de radioastronomía mantiene la temperatura en su interior a 15 K, 248 grados centígrados bajo cero, o menos utilizando una configuración interna que reduce el calentamiento por conducción térmica, convección y radiación. En el interior aloja una cabeza refrigeradora que es el elemento activo que reduce la temperatura. Para reducir al máximo la entrada de calor en la vasija mediante convección y conducción, el criostato se vacía empleando una bomba rotatoria o/y turbomolecular que consigue una presión por debajo de un milibar. El estado de vacío se mantiene luego sólo empleando el sistema de refrigeración. Para evitar fugas, todos los interfaces de la vasija con el exterior utilizan ventanas de vacío, tanto por donde entra la radiación hacia la bocina como en las guías de onda y cables que llevan la señal al siguiente paso no criogénico. El calentamiento por radiación se minimiza empleando varias pantallas metálicas, excepto en la zona de la bocina donde se coloca un filtro de radiación infrarroja, si esta se encuentra en el interior del criostato. El calentamiento por conducción en las guías de onda y en los cables coaxiales se consigue reducir con puentes térmicos, de acero inoxidable o finísimas rendijas, que aíslan el interior del exterior.

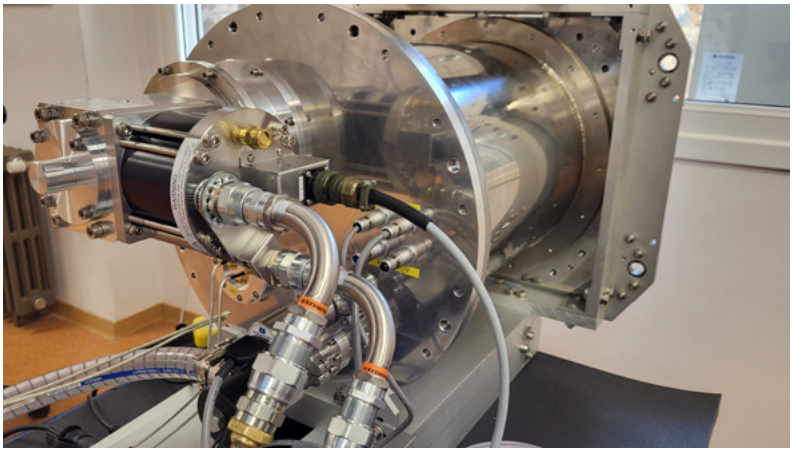


Figura 9: Criostato y cabeza refrigeradora con tubos de helio. En la tapa más cercana del criostato se observa el paso de tubos y cables, todos con puentes térmicos y ventanas de vacio.

El sistema de refrigeración está compuesto por un compresor, una cabeza refrigeradora y unas líneas de presión que comunican ambas y por las que circula helio gaseoso, que se utiliza como refrigerante. El sistema es de ciclo cerrado y por tanto no precisa recarga. El helio circula desde el compresor hasta la cabeza donde se produce una

expansión adiabática que enfría su interior. El helio a baja presión, tras la etapa de expansión, se retira hacia el compresor donde es comprimido y refrigerado mediante aire o agua. Las cabezas utilizadas suelen ser de dos etapas y su superficie se puede refrigerar a temperaturas de 15 K y 50 K. Las pantallas de radiación interiores están unidas habitualmente a la etapa de temperatura más alta y los dispositivos en la cadena de recepción se unen a la etapa más fría.

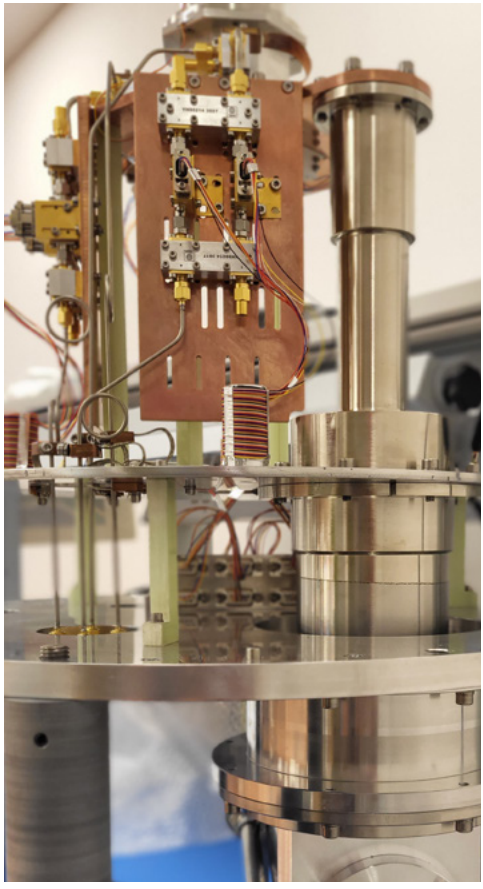


Figura 10: Cabeza refrigeradora en el interior del criostato. Se pueden apreciar las dos etapas de 15 K (extremo superior) y 50 K (a mitad del tubo). En la fría se adosa una placa de cobre con la bocina y los amplificadores de bajo ruido, y en la intermedia un cilindro de apantallamiento para impedir el calentamiento por radiación.

La señal: representación temporal y en frecuencia

La señal recibida es una suma de campos electromagnéticos variables en el tiempo que oscilan a diferente frecuencia. El modo más inmediato de visualizar una señal es imaginarla como una función cuya potencia depende del tiempo. Sin embargo, la mejor representación en radioastronomía es la que muestra dicha potencia en función de la frecuencia. A partir de ahora intentaremos visualizar la señal de este modo y consideraremos que las señales armónicas tienen una frecuencia (o longitud de onda) comprendida dentro de un rango que llamaremos ancho de banda. Esto quiere decir que el receptor ha filtrado ya los campos electromagnéticos dejando pasar sólo aquellos que están dentro de un cierto rango y dejando fuera el resto. Por ejemplo, cuando se dice que un receptor trabaja en banda Q, quiere decir que sólo permite el paso de señales cuya frecuencia está alrededor de 45 GHz, entre 32 y 50 GHz aproximadamente.

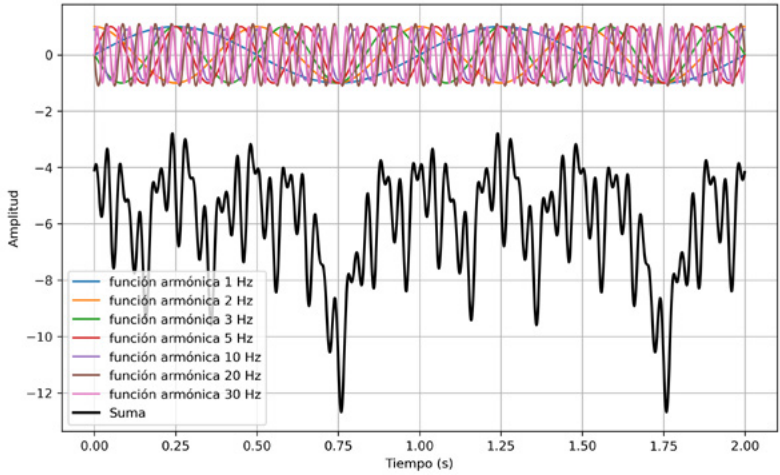


Figura 11: Representación temporal de una función dependiente del tiempo resultado de sumar 7 funciones periódicas mostradas arriba en diferentes colores. La función suma simula la señal recibida en un radiotelescopio. La suma se ha desplazado 6 K hacia abajo para facilitar su visión por parte del lector.

Esta representación es extraordinariamente útil porque permite estudiar la naturaleza de las fuentes a partir de su comportamiento en frecuencia. Por ejemplo, las moléculas de una fuente interestelar pueden producir señales armónicas a frecuencias específicas

causadas por cambios en su estado rotacional. Este es el caso de las líneas espectrales características de todas las moléculas que emiten radiación. Hay otros mecanismos de emisión como la radiación de cuerpo negro o la radiación sincrotrón cuya intensidad también depende de la frecuencia.

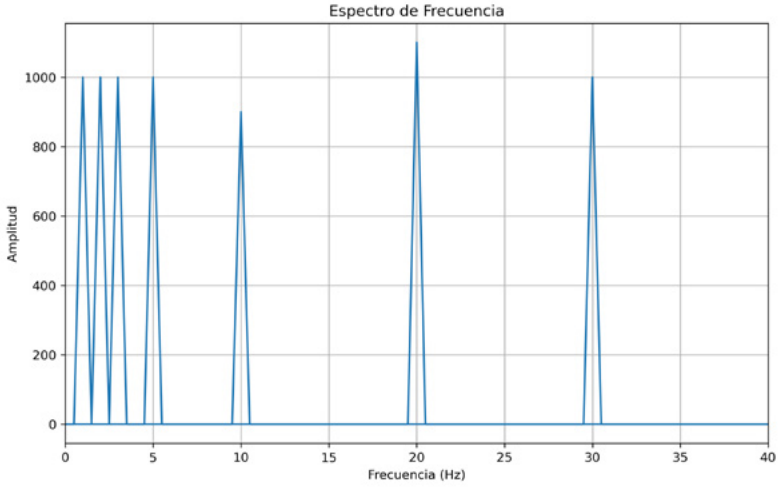


Figura 12: Representación espectral de la función suma anterior (Figura 11) que simula la señal recibida en un radiotelescopio. Se pueden apreciar las 7 componentes de la señal con su frecuencia y amplitud.

Mezclando y troceando señales

La señal, después de amplificada, se reduce en frecuencia ya que los campos electromagnéticos que viajan por los cables se atenúan a medida que se propagan, siendo su atenuación mayor cuanto mayor es su frecuencia. Además, la electrónica que permite manipular dichas señales trabaja mejor a bajas frecuencias. Por tanto, se hace necesario convertir la señal recibida en una similar de frecuencia menor, conservando su intensidad y las características de su variabilidad temporal. Esa conversión se hace con un dispositivo llamado mezclador. El mezclador dispone de tres puertos: recibe por uno de ellos la señal procedente del amplificador y por otro la de un oscilador local de una frecuencia cercana a la de observación. Ambas señales se multiplican en el dispositivo y como resultado se obtiene, entre otros productos,

la resta y la suma entre ellas que se canaliza por el tercer puerto. Si a la salida del mezclador se sitúa un filtro que sólo deja pasar la señal restada, se obtiene de una señal cuya intensidad y fase (variabilidad en el tiempo) se conserva, pero modulada por la amplitud y fase de la señal del reloj. Por ejemplo, una señal entre 32 y 50 GHz se puede transformar en otra de 0 a 18 GHz, tras un proceso como este.

El mezclador no necesita estar refrigerado si ha habido una etapa de amplificación previa, pero si la primera etapa en el procesamiento de la señal es la mezcla, algo habitual a frecuencias de observación superiores a 100 GHz, el mezclador (un superconductor-aislador-superconductor) debe estar en un criostato, que funciona a temperaturas inferiores a 4 K y el proceso descrito en la sección anterior es ligeramente diferente.

Este proceso de conversión se puede realizar varias veces a lo largo de la cadena de recepción para conseguir que la señal tenga una frecuencia casi nula en el extremo inferior de la banda de frecuencias. Para intentar minimizar las contribuciones del oscilador local este debe comportarse como un oscilador armónico ideal, es decir, con una amplitud constante y una frecuencia pura. Para conseguirlo se emplean unos circuitos denominados redes de enganche de fase (PLL en inglés) que utilizan la señal de un estándar de frecuencia de gran pureza espectral como un oscilador de cuarzo o incluso un máser de hidrógeno.

Cuando la señal observada y reducida en frecuencia está compuesta por componentes en frecuencia que se extienden a frecuencias altas, es decir cuando el ancho de banda en frecuencia es muy grande, es necesario trocear la banda en intervalos de frecuencia más pequeños y realizar una conversión de frecuencia para cada uno de ellos. Por ejemplo, la señal reducida de 0 a 18 GHz se puede trocear en intervalos de 2,5 GHz y cada uno de ellos mezclarlo convenientemente para que finalmente todos ellos se encuentren entre 0 y 2,5 GHz, pero donde cada intervalo cubre una parte diferente del espectro electromagnético recibido del cielo.

Las señales analógicas ya reducidas se pueden transportar de un lugar a otro del radiotelescopio mediante cables de cobre, pero si el ancho de banda es muy grande (superior a 1 GHz), es conveniente emplear fibras ópticas para que la señal no se atenúe de modo desigual en función de su frecuencia. La señal, una vez troceada en intervalos de frecuencia en banda base y transportada está lista para ser muestreada, digitalizada y detectada.

Muestreando y digitalizando la señal

Antiguamente, la señal recibida y transformada a muy baja frecuencia alimentaba un voltímetro adosado a un registrador gráfico que pintaba sobre un papel cuadriculado móvil. Las pequeñas oscilaciones de la plumilla representaban el ruido, y el aumento y disminución de la señal al pasar el radiotelescopio por encima de una fuente indicaban la detección de esta. En esos registros se podía apreciar la función gaussiana mencionada anteriormente cuando la fuente era muy pequeña o se podía considerar puntual. En cualquier caso, los vatios detectados son siempre proporcionales a la potencia recibida.



Figura 13: Imagen de un antiguo registro tomado con el radiotelescopio de 14m del Observatorio de Yebes al pasar sucesivas veces sobre Júpiter a 43 GHz de frecuencia. Se pueden apreciar los pases como gaussianas anchas y unos picos más estrechos que se producen cuando la antena se va momentáneamente sobre la fuente al finalizar el barrido. También se aprecia una señal muy potente, cuadrada en el tiempo, cuando se coloca una carga caliente en frente del receptor.

En la actualidad la señal se procesa digitalmente y para ello es necesario muestrearla periódicamente a un ritmo que debe ser el doble de la máxima frecuencia del intervalo de frecuencia. Por ejemplo, si el intervalo de frecuencia de nuestra señal está entre 0 y 2,5 GHz, se deberían tomar, al menos, cinco mil millones de muestras por segundo. Esta velocidad de muestreo, generada con un reloj local, garantiza regenerar la señal fielmente a partir de sus muestras. El siguiente paso consiste en realizar una digitalización de la señal. Esta se consigue empleando un sistema que asigna un número al voltaje obtenido. Si

empleáramos un bit, asignaríamos un 1 a un voltaje positivo y un 0 al negativo. Sin embargo 1 bit no reproduce fielmente la señal porque reduce la relación entre la señal y el ruido. Si se emplean dos bits, el primero se puede usar para indicar el signo (positivo o negativo) del voltaje y el segundo para determinar la amplitud del voltaje respecto del mínimo. De este modo una señal con voltaje positivo e intensa se representaría por 11 y una negativa e intensa por 00. Las señales 10 y 01 serían señales positiva y negativa respectivamente pero más débiles en valor absoluto que en los casos anteriores.

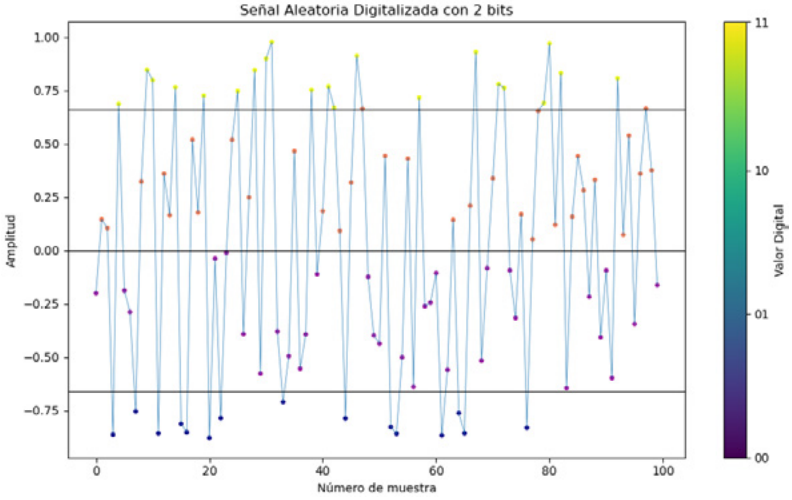


Figura 14: Imagen de una señal con ruido blanco muestreada regularmente y digitalizada con dos bits. El color representa el valor digital en binario: amarillo es «11» y corresponde a un valor entre 0,66 y 1, naranja es «10» y corresponde a un valor entre 0 y 0,66, morado es «01» y corresponde a un valor entre -0,66 y 0, y azul es «00» y corresponde a un valor entre -1 y -0,66. La división está hecha teniendo en cuenta que la distribución de una señal con ruido blanco es gaussiana y el número de valores en cada intervalo (-1 a -0,66, -0,66 a 0, 0 a 0,66 y 0,66 a 1) es aproximadamente el mismo para una muestra estadísticamente significativa.

Obviamente con mayor número de bits la fidelidad de la digitalización es mayor, pero las necesidades de memoria y computación para la operación aumentan. Cuando se emplean dos bits la relación entre la señal y el ruido en lugar de ser del 100% es del 88% . En la actualidad se emplean sistemas de 2 bits para las observaciones de interferometría no conectada, tipo VLBI, y de 8 bits o más para las de antena única.

Además de estas operaciones de muestreo y digitalización, hay otra que consiste en generar tramas de datos etiquetadas temporalmente en un formato determinado. Estas tramas permiten identificar cuándo se han tomado los datos, operación totalmente necesaria en todas las observaciones astronómicas dado que la Tierra se mueve en el espacio y la orientación relativa entre la fuente y el observador está cambiando constantemente.

Detectores o backends. FPGAs

El equipo donde se realizan las operaciones de muestreo, digitalización y formación de tramas se denomina «backend». Se trata de dispositivos con electrónicas rápidas que procesan los datos a gran velocidad y que están habitualmente programados para realizar una operación específica y especializada. Los «backends» se pueden clasificar en detectores de continuo y espectrales. Los primeros detectan toda la radiación que les llega integrando en frecuencia y en el tiempo, es decir cuando les llega una corriente variable en el tiempo suman todo el voltaje recibido durante un tiempo llamado tiempo de integración y entregan un valor. Este proceso, de integración y entrega de datos, se repite continuamente hasta que el observador lo detiene o reconfigura su tiempo de integración.

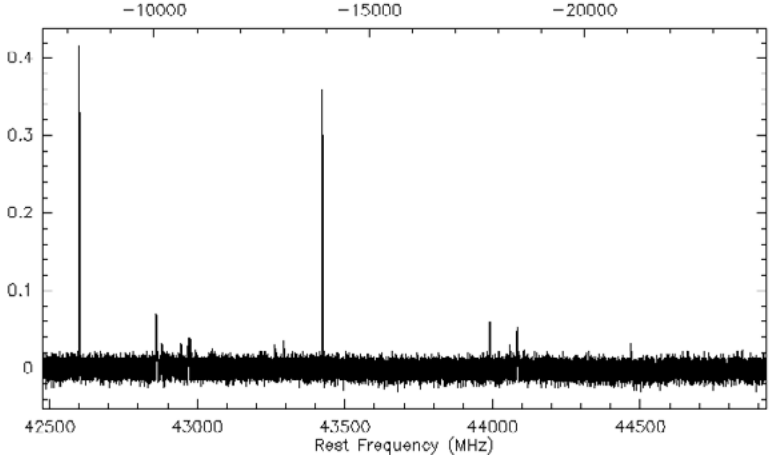


Figura 15: Espectro obtenido por el radiotelescopio de 40m del Observatorio de Yebes en la dirección de una nube molecular denominada L1440. El espectro se obtiene realizando una Transformada Rápida de Fourier con un detector o «backend» especializado.

Los detectores espectrales son capaces de integrar y registrar la potencia recibida en canales de frecuencia contiguos. Esta operación se puede hacer de múltiples formas, pero la más habitual es empleando unidades procesadoras específicamente diseñadas para realizar una operación matemática: la transformada rápida de Fourier (FFT). La señal variable en el tiempo, una vez muestreada y digitalizada, se trocea en el tiempo y a cada trozo se le aplica una FFT que produce otra señal donde se entrega la potencia para diferentes frecuencias en intervalos temporales regulares. Habitualmente el número de canales es una potencia de 2 y la resolución espectral depende del número de canales disponibles; existen espectrómetros de transformada rápida de Fourier con 64000 canales y una resolución espectral de 38 kHz.

La realización práctica de los espectrómetros FFT se hace con unos dispositivos denominados FPGA (Field Programmable Gate Array). Estos dispositivos se han puesto de moda en los últimos años en radioastronomía por su versatilidad y potencia. Se trata de un conjunto de circuitos integrados personalizables, compuestos de bloques de procesamiento y sus puertas lógicas se pueden reprogramar. La programación de estos circuitos es compleja y requiere mucha experiencia por parte del programador, a pesar de las herramientas auxiliares de apoyo existentes.

Las FPGAs también se emplean en los backends de VLBI, donde realizan operaciones de división de la señal en frecuencia y creación de tramas. Los detectores de VLBI guardan los datos obtenidos en bruto en un formato específico, que luego serán leídos por el correlador. Los «backends» envían las tramas a baterías de discos en cada estación o en tiempo real a través de una red de alta velocidad hasta un correlador. Si los datos se guardan en disco, estos se tranfieren a los correladores por fibra óptica a velocidades menores a las que se registraron. Dado el inmenso volumen de datos generado, hasta 32 TB en 24 horas, las estaciones necesitan líneas de conexión a Internet muy rápidas (10 Gb/s) y los correladores que recogen datos de diferentes procedencias todavía mayores (100 y 200 Gb/s).

Conectando telescopios para aumentar la nitidez de las imágenes

En la primera sección de este artículo se ha comentado que la resolución angular de un radiotelescopio depende del tamaño del radiotelescopio y de la longitud de onda a la que se observa. Para aumentar la resolución es necesario aumentar el tamaño de los telescopios y/o reducir la longitud de onda. Un método para lograr lo primero de modo sostenible es emplear varios radiotelescopios separados

entre sí, de modo que sinteticen un radiotelescopio del tamaño de la máxima distancia entre ellos. Cada radiotelescopio «representa» un trocito de superficie del telescopio sintetizado. Ese trocito se desplaza en el tiempo por esa superficie virtual debido a la rotación terrestre; este método recibe el nombre de síntesis de apertura. Las mayores resoluciones angulares que se consiguen en astronomía, se obtienen de este modo y son cercanas a los 20 microsegundos de arco.



Figura 16: Radiotelescopios de la Red Global Milimétrica (GMVA). Esta red, en la que participa regularmente el radiotelescopio de 40m del Observatorio de Yebes, observa a una frecuencia de 86 GHz y su resolución angular es aproximadamente 50 microsegundos de arco. Imagen cortesía de Helge Rottmann.

La implementación práctica de este método se consigue recogiendo la misma señal del cosmos en cada uno de los radiotelescopios individuales y multiplicando las señales de todas las parejas posibles, desplazando una de las señales de cada pareja para que se alineen en el tiempo. Este proceso se denomina correlación y permite generar una imagen del cielo cuya fidelidad es mayor cuantas más antenas intervengan en el proceso. Cuando hay pocas antenas se emplean procesos de reconstrucción de imágenes muy complejos, como los que se utilizaron para obtener la primera imagen de un agujero negro en 2019.

Todos los radiotelescopios que participan en este tipo de observaciones, denominadas de Interferometría de Larga Línea de Base (VLBI), necesitan disponer de relojes muy precisos y estables sincronizados empleando sistemas de posicionamiento global por satélite, como

los GPS, y «backends» como los descritos anteriormente. Además, es necesario disponer de un correlador que recibe las señales de todos los telescopios de la red y las procesa. Dado que este método genera grandes cantidades de datos las líneas de conexión a Internet de los radiotelescopios tienen que ser muy rápidas como se ha comentado en una sección anterior.

El software, esa tecnología olvidada e inaprensible

Toda la tecnología descrita en las secciones anteriores precisa programación. El «software» permea todas las tareas necesarias para generar resultados a partir de una observación: el control del radiotelescopio, la cadena de recepción y el procesamiento de la señal. Uno de los aspectos fundamentales en astronomía es la necesidad de la sincronización y el etiquetado temporales en todo el proceso debido al movimiento de la Tierra y es especialmente importante en las observaciones simultáneas con otros radiotelescopios.

El software controla el movimiento del radiotelescopio de modo que este apunte en la dirección precisa y siga de modo correcto la fuente bajo estudio, permitiendo realizar integraciones largas en el tiempo para detectar señales débiles. Los radiotelescopios son instrumentos de montura acimutal y el movimiento de seguimiento lo realizan en acimut y elevación, movimiento que requiere un control preciso de los motores y una monitorización continua de los codificadores de posición. Este control y monitorización se extiende a los motores del foco, ya que también es fundamental mantener enfocado el sistema para todas las elevaciones. Al mismo tiempo el software controla todos los aspectos de la recepción de la señal: la frecuencia de los relojes, cambiante constantemente porque el movimiento de la Tierra genera un efecto Doppler en las observaciones, la atenuación de las señales para que estas tengan un nivel correcto, la monitorización de los amplificadores y otros sistemas, la monitorización de las temperaturas en la estructura de la antena y en todas las salas en las que hay equipamiento porque los cambios de temperatura producen cambios en la fase de la señal, la captura de las señales de los backends, la determinación del tiempo de integración, las señales de inicio y parada de la toma de datos... Todas estas son funciones de control y monitorización de todos los equipos y por tanto el software debe gestionar un entorno variado montado en red con diferentes tipos de interfaz: red ethernet, USB, conexión serie RS232 y RS422 y GPIB.

Adicionalmente hay una parte muy importante denominada procesado inicial de la señal o "pipeline", consistente en la generación de archivos FITs, un estándar en astronomía, que contienen

los datos observados junto con una colección de todas las variables de monitorización posibles. Dichos archivos, una vez generados, se pueden convertir a formatos más comunes y sencillos de usar con los que trabajan los astrónomos y son estos los que se entregan como producto final.

Hay una parte de software desconocida, pero muy importante, que es aquella relacionada con la gestión de las propuestas de observación, su calificación y la programación en el radiotelescopio. Prácticamente, todos los radiotelescopios del mundo se gestionan ofreciendo tiempo de observación basada en una política de acceso competitiva evaluado por un comité independiente. Esto significa que es preciso disponer de una herramienta de software que recoja las propuestas de observación, las entregue al comité, gestione las calificaciones, se comunique con el investigador principal y con la persona responsable de programar las observaciones en el radiotelescopio y recoja los datos para ofrecerlos al investigador de cada proyecto aceptado.

Finalmente, el software que interviene en las observaciones de interferometría merece un artículo completo por lo que aquí sólo voy a apuntar algunos detalles. La gestión de la grabación y transferencia de los datos se hace siguiendo un formato común para todos los radiotelescopios y conlleva la escritura sobre discos y la transferencia de datos en tiempo real o en diferido hacia los correladores. Los datos que se reciben en el correlador se correlan, integran, calibran y procesan, generando un volumen de datos por cada pareja de antenas muy inferior al que se muestrea y digitaliza. Todos esos datos «brutos», aunque ya reducidos, se vuelven a procesar en conjunto para generar una imagen utilizando algoritmos de reconstrucción de imágenes muy complejos.

El software empleado en interferometría y una parte del que se emplea para observaciones de antena única es un esfuerzo colectivo internacional porque requiere seguir formatos comunes y porque precisa un trabajo de personas en diferentes lugares del planeta con necesidades muy similares. Se trata de un proceso muy eficiente que habitualmente sigue las reglas del software libre con licencias que permiten la utilización y modificación del código. Los astrónomos han sido tradicionalmente un colectivo muy involucrado en desarrollos abiertos y/o libres, de filosofía similar a la investigación científica, muchos de ellos utilizando Linux como sistema operativo sobre el que desarrollar y ejecutar sus aplicaciones.

Desarrollos tecnológicos actuales y futuros

Toda la tecnología descrita en las secciones anteriores, empleando el flujo de la señal recibida del cosmos, es comprendida y manejada con destreza por los ingenieros y astrónomos de los radio observatorios que deben mantener operativos los instrumentos de observación y resolver los problemas que surjan. Adicionalmente, en algunos de los observatorios o de sus instituciones se dedican recursos humanos y económicos a la investigación, y desarrollo tecnológico en radioastronomía. Dada la complejidad de toda la instrumentación empleada, no se pueden cubrir todas las áreas de desarrollo salvo en casos muy concretos de institutos muy potentes. Para mitigar esta limitación muchos observatorios radio europeos han solicitado en los últimos años proyectos tecnológicos conjuntos financiados por la Comisión Europea. Los cuatro proyectos europeos RADIONET han servido para acometer desarrollos tecnológicos entre 2000 y 2020 que han producido avances de una gran repercusión en toda la radioastronomía. En la actualidad hay un proyecto tecnológico activo denominado RADIOBLOCKS, en el que participan 33 instituciones europeas de radioastronomía, y en el que se abordan mejoras tecnológicas interesantes que además pueden resultar muy útiles para la industria. A continuación, se mencionan algunos campos en los que hay más actividad de investigación y desarrollo. Esta lista es solo una pequeña selección y no está asociada específicamente al proyecto RADIOBLOCKS.

Uno de los problemas más graves de la radioastronomía es la creciente contaminación del espectro electromagnético, lo que se conoce como radio interferencias o RFI . El espectro se está usando de manera masiva y global para las comunicaciones por teléfono (3G, 4G, 5G) y por satélite, para los radares y las redes inalámbricas generando un entorno muy ruidoso para la astronomía. Se está trabajando actualmente en mejoras en los amplificadores para evitar que se saturen en presencia de estas señales potentes, así mismo se trabaja en el uso de un mayor número de bits en la digitalización para aumentar el rango dinámico, en un alto apantallamiento de los componentes en las diferentes fases del tratamiento de la señal, en el seguimiento de satélites de comunicaciones y en algoritmos inteligentes de supresión de señales no deseadas. Además, para evitar la entrada de estas señales en la cadena de recepción se están desarrollando filtros superconductores que se sitúan antes de los amplificadores y que impiden el paso de señales de frecuencias selectas.

Una de las áreas de trabajo más prometedoras y donde hay una intensa actividad es la de receptores multipixel en el foco, los FPAs. Estos receptores son de diferente tipo, espectrales y de continuo y

operan en diferentes rangos de longitud de onda, desde las centimétricas hasta las submilimétricas. Estos receptores son especialmente adecuados para grandes radiotelescopios y supondrán un aumento considerable de la eficiencia observacional en los proyectos que requieren cartografiados en el cielo. Además, se está estudiando el uso de sistemas más económicos para la formación de varios haces sintéticos en el cielo, teniendo presente la protección contra las interferencias radio (RFI).

Existen líneas de trabajo para diseñar y fabricar «backends» multipropósito que permitan, con una reconfiguración, realizar observaciones de diferente tipo: continuo, espectrales, para púlsares o de VLBI (interferometría). Además, se está trabajando en la digitalización temprana de la señal inmediatamente posterior a la etapa de amplificación criogénica. Esto requiere muestreados a altísimas velocidades lo que puede generar ruido autoinducido y calentamiento. Para mitigarlo hacen falta sistemas de apantallamiento de radiación y refrigeración.

Finalmente, para resaltar el trabajo en un área en la que el Observatorio de Yebes es especialmente potente, los amplificadores de bajo ruido precisan nuevos materiales en los transistores para, manteniendo o mejorando las actuales prestaciones, reducir el consumo de energía y su disipación de calor. Este requisito es especialmente importante en dos entornos: para su uso en receptores espaciales y en matrices de receptores en el plano, Focal Plane Arrays.

El Observatorio de Yebes

Como habrá podido apreciar el lector, un radiotelescopio es un sistema muy complejo que requiere tecnología muy diversa, en muchas ocasiones puntera, y un equipo de profesionales que comprenda, conozca y sepa operar dicho instrumento. Por otra parte, mantener actualizado un radiotelescopio y situarlo internacionalmente al frente consiguiendo su máxima eficiencia requiere algo adicional: innovación y desarrollo tecnológico.

El Observatorio de Yebes dispone de uno de tales instrumentos, el radiotelescopio de 40m. La calidad de los equipos instalados en él ha conseguido situar a este telescopio entre los mejores del mundo, y su acceso competitivo y abierto le ha permitido adquirir la clasificación de Infraestructura Científica Técnica Singular (ICTS) desde el año 2012. Uno de los hitos científicos más importantes recientemente conseguidos es el del instrumento que más moléculas interestelares ha descubierto en los últimos 50 años. En un entorno internacional competitivo esto ha exigido años de formación, una política de

captación de personal joven y entusiasta y una fuerte inversión, así como fondos para su operación, mantenimiento y mejoras.

El Observatorio de Yebes es un centro de desarrollo tecnológico en radioastronomía con un gran prestigio internacional. En él se diseñan y fabrican dispositivos y receptores para institutos extranjeros, además de los propios, y se han hecho transferencias tecnológicas a la empresa española contribuyendo a la industrialización especializada de España. Este artículo es un reconocimiento al personal técnico del Observatorio de Yebes, los verdaderos artífices de su éxito, por su calidad, dedicación y la excelente labor que realizan.

La búsqueda de vida en el sistema solar

Marina Rodríguez Baras
Astrónoma del Observatorio Astronómico Nacional (IGN)

Resumen

La cuestión sobre si existe vida extraterrestre en el universo es uno de los grandes interrogantes de la humanidad, y en la actualidad empezamos a tener la capacidad científica y tecnológica para buscar respuestas. Uno de los entornos que puede darnos más información al respecto es nuestro propio barrio astronómico, el sistema solar, que sigue albergando fascinantes retos científicos y misterios sin resolver. En este artículo repasamos los lugares clave de nuestro sistema planetario, desde Marte hasta las lunas de Saturno, en los que la investigación astrofísica puntera está trabajando para conocer mejor nuestros propios orígenes y para quizás descubrir en los próximos años, por primera vez, vida más allá de nuestro planeta.

Las grandes preguntas del universo

Cuando los astrofísicos y astrofísicas damos charlas de divulgación sabemos que hay dos temas que es muy probable que salgan en las preguntas del público, independientemente del tema concreto de la charla: uno es el origen del universo, y otro es la posibilidad de la existencia de vida más allá de nuestro propio planeta. Esto no es en absoluto sorprendente, ya que estas cuestiones van más allá de la mera curiosidad científica o de la pasión por la astronomía, porque atañen a cuestiones fundamentales del ser humano. No son solo ciencia, también son pura filosofía: estamos tratando de entender cómo y por qué estamos aquí, y si en ese proceso cósmico que nos ha llevado a la

vida hay también otros seres que nos acompañan en el camino, o si por el contrario somos una excepcionalidad en el universo.

Nunca hasta el momento hemos tenido la capacidad científica para responder a estas preguntas. Hoy comenzamos a tenerla. Nuestro conocimiento científico y nuestra capacidad tecnológica de observación y análisis del cielo han avanzado recientemente de una manera tan vertiginosa que fronteras que hasta hace unas décadas parecían insalvables ahora están siendo superadas. Y sabemos que vendrán más. Eso no quiere decir que ya tengamos las respuestas, ni mucho menos. Al contrario, cada paso que damos en el conocimiento nos hace más conscientes de las vastísimas lagunas de nuestra ignorancia. Pero, centrándonos en la cuestión de la vida extraterrestre, los recientes avances nos han permitido ganar la capacidad de buscar. Desde los pasados años 90 sabemos que hay planetas externos a nuestro sistema solar, y de hecho ahora los conocemos a miles. Estamos ganando cada vez más capacidad de análisis de sus propiedades y en concreto de sus atmósferas, lo que nos va a ir dando progresivamente más información sobre qué hay allí. Y mucho más cerca de nosotros, en nuestro sistema solar, avanzamos en el estudio de sus cuerpos más remotos e inaccesibles, e incluso nos planteamos cómo traer a la Tierra material de esos cuerpos para su estudio, o cómo llegar a mandar a un ser humano a otro planeta. Ya no tenemos que limitarnos a la reflexión filosófica ni a la espera pasiva de que las respuestas lleguen del cielo en forma de ovnis o de algún tipo de señal extraterrestre, de esa forma que tanto ha alimentado la literatura y el cine de ciencia ficción. Ahora la pregunta filosófica se convierte en ciencia: ¿estamos solos en el universo? ¿Cómo hemos llegado a existir? Este es un artículo sobre cómo la astrofísica está luchando por encontrar las respuestas.

Pero… ¿hay vida ahí fuera?

A día de hoy, hasta donde sabemos, no. La Tierra sigue siendo el único lugar del universo en el que somos conscientes de la existencia de vida. Sin embargo, una de las fronteras científicas que hemos traspasado en las últimas décadas es la detección de exoplanetas, es decir, planetas que están orbitando en torno a otras estrellas, en sistemas planetarios diferentes a nuestro sistema solar. En 1995 los astrofísicos Didier Queloz y Michel Mayor descubrieron 51 Pegasi b (hoy conocido como Dimidio), el primer planeta extrasolar orbitando en torno a una estrella del mismo tipo que la nuestra. Desde entonces nuestra capacidad de detección, con métodos como los tránsitos, la velocidad radial o incluso la imagen directa, y con telescopios como Kepler, TESS o el James Webb, ha aumentado de tal forma que en la actualidad, finales de 2023, hemos detectado más de 5500 exoplanetas.

Muchos tienen condiciones físicas extremas (como los denominados hot jupiters), pero un importante porcentaje de los exoplanetas detectados son planetas rocosos, con tamaños y composiciones semejantes al de nuestra Tierra. Esto es solo el principio, ya que los números parecen indicar que una fracción muy significativa de estrellas tienen planetas orbitando a su alrededor. Además los ingredientes que en nuestro planeta son esenciales para la existencia de vida (agua, abundancia de ciertos elementos químicos, fuentes de energía) tienen una presencia generalizada en muchos entornos astrofísicos. Y sabemos que al menos aquí en la Tierra la vida es voraz, en el sentido más positivo de la palabra: desde las fosas abisales hasta los hielos árticos, incluso en las condiciones más extremas la vida encuentra la manera de desarrollarse. Los datos y números son por tanto impactantes: con tal número de posibles planetas en el universo y con estas condiciones generalizadas, ¿seremos de verdad el único lugar en el que se haya desarrollado la vida? Parece que la estadística nos va a favor, y que estimar que procesos análogos al nuestro pueden haberse dado en otros entornos planetarios es una hipótesis de trabajo razonable.

Ahora bien, no sabemos qué estamos buscando. Por pura cuestión práctica, nuestro primer punto de partida es buscar vida siguiendo el único modelo de vida que conocemos, que es el nuestro. E incluso en ese caso no comprendemos aún de forma completa cómo se ha formado la vida en la Tierra, por lo que nos falta información sobre las características de los procesos que se pueden estar dando en otros entornos. Además no sabemos si se puede desarrollar vida con otras condiciones totalmente diferentes, es decir, con otros procesos químicos y basándose en otros elementos, en vez de en el carbono, o incluso usando otro disolvente diferente al agua. Puede ocurrir incluso que llegásemos a detectar vida y nos sea tan ajena a lo esperado que no seamos capaces de reconocerla como tal. Pero no podemos hacer otra cosa que partir de lo que ya conocemos e intentar encontrar más respuestas a lo largo del camino.

¿Qué y dónde buscar?

La ciencia ficción nos ha mostrado espectaculares encuentros con seres extraterrestres antropomorfos e inteligentes con los que el ser humano alcanzaba la capacidad de comunicarse (con desenlaces, por cierto, más o menos violentos). En el caso de la búsqueda científica de vida extraterrestre es altamente improbable que lleguemos a un escenario de ese tipo. Hay que tener en cuenta que incluso en la Tierra, que ha tenido las condiciones y la estabilidad necesarias como para desarrollar vida inteligente con capacidades tecnológicas, esta última fase constituye apenas un instante de un proceso con una duración

del orden de 4000 millones de años. Es muchísimo más probable que, si encontramos vida, esta se halle en unas condiciones mucho menos evolucionadas, del tipo de bacterias o microorganismos. Pero entonces llega el siguiente problema: si trabajamos con observaciones a distancias astronómicas, ¿cómo detectar vida microscópica, que no está emitiendo ninguna señal al universo? Puesto que lo único que recibimos de cuerpos tan lejanos como los exoplanetas es su luz, no podemos buscar los organismos en sí, sino sus huellas. La existencia de vida modifica el entorno en el que se produce, produciendo efectos como por ejemplo un cambio en la composición de la atmósfera, generado por procesos como la fotosíntesis. Esas huellas, que denominamos biomarcadores, son lo que estamos buscando. Si encontramos, por ejemplo, una atmósfera exoplanetaria en la que estén presentes dióxido de carbono, metano y oxígeno, o si detectamos la presencia de ciertas moléculas orgánicas complejas, podemos considerar que pueden ser resultado de la existencia de vida en ese planeta. Puede ser difícil conseguir una confirmación total, ya que para ello tendríamos que encontrar huellas sobre las que tengamos la seguridad de que no pueden producirse de ninguna manera en ausencia de vida. En general es mucho menos impactante que comunicarse con los extraterrestres, pero es una muy buena primera aproximación a una detección, a partir de la cual seguir investigando.

¿Y dónde buscamos? Actualmente tenemos dos ámbitos en los que consideramos que tenemos la capacidad potencial de encontrar vida: uno son los exoplanetas, y otro el estudio detallado de nuestro propio sistema planetario, el sistema solar. En cuanto a los exoplanetas, hemos dicho que ya hay del orden de 5500 detectados, y el número va creciendo rápidamente. Buscar posibles señales de vida en todos ellos es inviable tecnológicamente y una probable pérdida de tiempo, ya que en muchos de ellos las condiciones físicas son tan extremas que la vida, tal como la conocemos, no tiene posibilidad de desarrollarse. Por ello usamos como criterio inicial un factor que consideramos clave para la vida: el agua. No sabemos si en otros lugares del universo se ha desarrollado vida en entornos totalmente diferentes, sin agua, pero sí sabemos que aquí, en la Tierra, en cualquier entorno donde haya agua podemos encontrar vida, independientemente de lo extremas que sean el resto de las condiciones. Por tanto buscamos entornos donde sea posible la existencia de agua líquida.

En el caso de los exoplanetas esto nos lleva a limitar los candidatos potenciales a aquellos que estén situados en la denominada zona de habitabilidad, es decir, en el rango de distancias a la estrella correspondiente en el cual es posible que un planeta tenga agua líquida en superficie, al poder tener temperaturas que no sean ni demasiado frías ni demasiado calientes. Esto de ninguna manera garantiza que el resto

de las condiciones sean favorables. Pero si buscamos planetas terrestres y en zona de habitabilidad, contamos con un punto de partida para encontrar condiciones similares a las de nuestro propio planeta en las que, quizás, puedan haberse dado procesos de evolución semejantes.

El sistema solar: el mejor laboratorio gigante.

Cuando hablamos de nuestro propio sistema planetario las condiciones son muy diferentes. Aquí no tenemos miles de planetas, como en el caso de los exoplanetas, sino que solo tenemos ocho. Por otro lado con los exoplanetas tenemos el brillo de la novedad, ya que son un campo científico totalmente nuevo y en constante crecimiento, mientras que el sistema solar lo llevamos estudiando, en la medida de las posibilidades de cada época, desde el inicio de la historia de la humanidad.

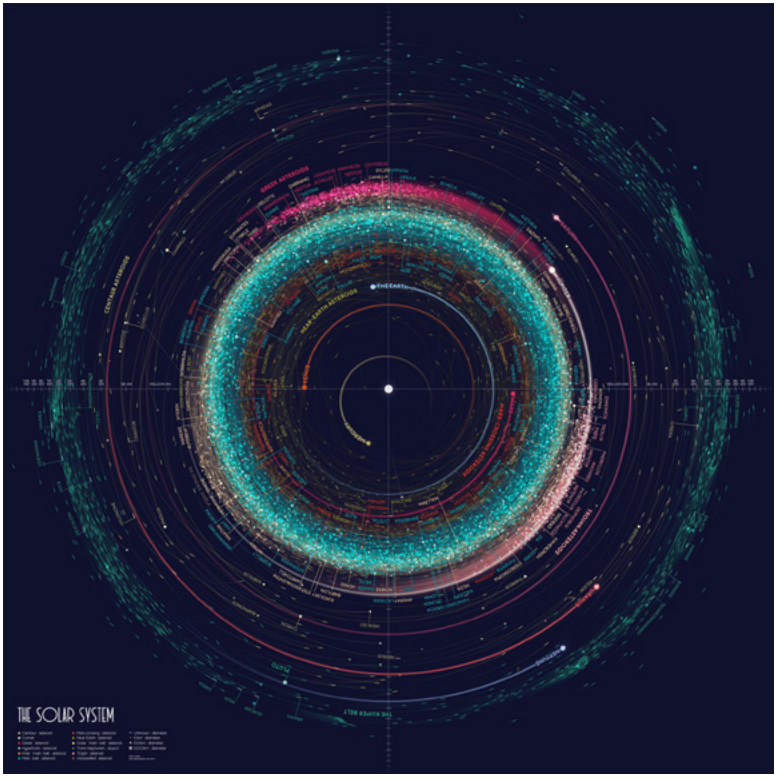


Figura 1. Mapa del sistema solar. Autora: Eleanor Lutz.

Pero ese contraste de números y tiempos no debe engañarnos respecto a la complejidad del estudio de nuestro sistema. La figura 1 de Eleanor Lutz, nos muestra un mapa del sistema solar visto desde la dirección del eje de rotación del Sol (llámese "desde arriba"), y que incluye todos los objetos conocidos con un tamaño mayor a 10km (son unos 10,000), así como otros 8000 de tamaño menor elegidos arbitrariamente (el número total es mucho mayor). Están representados en las posiciones en las que se encontraban el día de Año Nuevo de 1999, según la NASA.

Este mapa nos da una idea de lo que realmente tenemos orbitando en torno al Sol: cientos de miles de cuerpos con todo tipo de propiedades y condiciones físicas. No importa el tiempo que llevemos estudiándolo, aún nos queda mucho, muchísimo por saber. Por poner algunos ejemplos, no sabemos muy bien los detalles de cómo se formó el sistema planetario, cómo llegaron a posicionarse los planetas en sus órbitas actuales, o cuáles han sido las condiciones de la Tierra durante toda su evolución. Y entre todas estas incógnitas, también nos falta mucho por conocer sobre sus componentes, incluyendo si tienen las condiciones como para poder albergar vida en la actualidad o haberlo hecho en algún momento de su historia.

En el sistema solar contamos con una ventaja evidente: está mucho más cerca. Las distancias astronómicas siguen siendo un reto científico y tecnológico, pero en comparación con el resto del cosmos, nuestro "barrio" es más manejable y nos ofrece posibilidades que no tenemos en otros ámbitos. En primer lugar, aquí también seguimos el camino del agua como primera condición clave para entornos favorables para la vida, pero no tenemos que limitarnos a zonas de probabilidad, sino que directamente buscamos lugares donde haya agua líquida y los estudiamos de forma específica. El potencial de estos entornos es evidentemente mucho mayor, y en el caso de una detección tentativa también será más sencillo (no fácil, pero más sencillo) alcanzar o descartar una confirmación concluyente.

La segunda ventaja clara de nuestro sistema es que, aunque siga suponiendo un enorme reto tecnológico, tenemos la posibilidad de ir a los lugares que estamos estudiando. No nos limitamos solo al estudio de la luz que emiten los cuerpos y que recibimos desde la Tierra, sino que llevamos décadas mandando misiones espaciales que nos envían datos de proximidad, con mucha mayor resolución y calidad. También somos capaces de aterrizar en algunos de los lugares cuyas condiciones lo posibilitan: tenemos por ejemplo numerosos rovers estudiando la superficie de Marte, y también hemos aterrizado en Titán, o en el cometa 67P/CG. Esto permite el estudio directo de muestras de estas superficies mediante el instrumental científico que llevan las sondas de exploración, una capacidad absolutamente inalcanzable en

la actualidad en cualquier otro ámbito astronómico. Estamos además desarrollando la capacidad tecnológica para dar un paso más allá, y que estas muestras del terreno no solo se estudien in situ, sino que las sondas puedan volver a la Tierra y traer esas muestras con ellas. Esto ya se ha dado o está en proceso con material de algunos asteroides y cometas, y es muy posible que dentro de unos años podamos estudiar material de Marte con todo el potencial de análisis de los laboratorios de la Tierra.

El sistema solar es, por tanto, un entorno privilegiado para intentar detectar vida extraterrestre y para el estudio de nuestro propio origen. Vamos a recorrer ahora algunos de los lugares que consideramos a día de hoy que tienen un enorme potencial para aportar información sobre estos retos actuales de la ciencia.

Marte, el vecino de misterioso pasado

Marte es el planeta rojo, nuestro planeta vecino, el protagonista de incontables historias mitológicas en muchas civilizaciones. Si consideramos la zona de habitabilidad del sistema solar, aquella en la que los planetas tienen a priori la posibilidad de tener agua líquida en superficie, la Tierra está ubicada muy confortablemente en el interior (como prueban esos océanos que nos dan el nombre de planeta azul), mientras que Venus y Marte la bordean: Venus está demasiado caliente, condición además incrementada por una atmósfera terrorífica para la vida, en tanto que Marte está en el extremo de las temperaturas demasiado frías. Es a día de hoy un planeta rocoso, frío y seco, con una atmósfera mucho más tenue que la nuestra y poca protección respecto a la radiación solar, por lo que no es para nada apto para la vida que tenemos aquí. Pero también sabemos que Marte tiene casquetes polares de hielo de agua, que tiene clima y cambios estacionales, y cuando observamos al detalle la superficie encontramos muchos patrones del tipo observado en la figura 2.

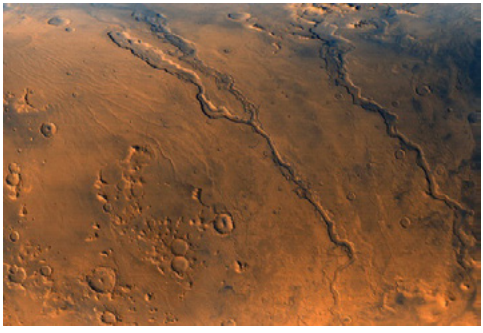


Figura 2. Detalle de la superficie marciana. Fuente: NASA/JPL-Caltech.

Podemos reconocerlo porque lo vemos en infinidad de sitios en nuestro planeta: es el rastro que deja un fluido en movimiento, como por ejemplo en el cauce seco de un río que en su momento transportó agua. Debido a estas y otras pruebas los astrofísicos consideramos es que es muy posible que en la superficie de Marte haya habido agua líquida, y de forma estable, en el pasado. Marte parece haber sufrido una fortísima evolución en sus condiciones, y haber tenido hace del orden de 3500 a 4000 millones de años unas temperaturas más altas, una actividad geológica mayor, y agua líquida de forma estable en superficie, generando por tanto unas condiciones mucho más óptimas para la posible existencia de vida. Además, las investigaciones también muestran que en Marte existe a día de hoy agua líquida, pero de forma subterránea, formando al menos un lago bajo uno de los casquetes polares del planeta. Como ya hemos mencionado, el agua es un factor fundamental para la habitabilidad, y la habitabilidad no implica la existencia de vida, pero constituye un escenario que merece la pena estudiar. Por tanto las dos cuestiones fundamentales sobre la vida en Marte son dos: si ha habido vida en la superficie en el pasado, cuando las condiciones eran diferentes, y si hay vida en la actualidad, en caso de que se confirme la existencia de esas concentraciones de agua líquida bajo la superficie del planeta.

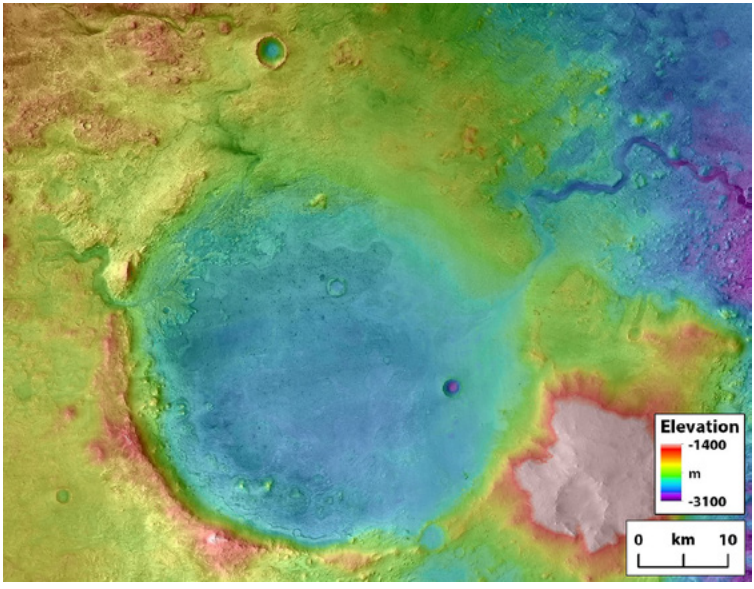


Figura 3. Imagen del cráter Jezero, lugar de aterrizaje y trabajo del rover Perseverance. Colores por altitud, tal como muestra la leyenda. Fuente: NASA/Tim Goudge.

Estas cuestiones marcianas abiertas han despertado un gran interés de las agencias espaciales, que llevan desde la década de los 60 del pasado siglo mandando misiones para orbitar o aterrizar en el planeta rojo, con el objetivo de conseguir más información sobre su pasado y su presente. De hecho actualmente hay misiones activas de la Agencia Espacial Europea (ESA), la NASA estadounidense, la Roscosmos de Rusia, la CNSA china, o la MBRSC de Emiratos Árabes Unidos, y en el pasado ha habido misiones con mayor o menor grado de éxito de las agencias de India y Japón, además de la antigua Unión Soviética. Una misión actualmente activa es la Mars 2020 de la NASA, que tiene desde febrero de 2021 en la superficie marciana al rover Perseverance, también llamado Percy. Va además acompañado del dron Ingenuity, que realizó en abril de 2021 el primer vuelo artificial controlado por el ser humano en otro planeta. Perseverance aterrizó en el cráter Jezero, que se puede ver en la figura 3. Jezero es un cráter de impacto, generado por la colisión de un cuerpo externo. Pero en la imagen del cráter, coloreada en función de la altitud tal como indica la leyenda, se puede distinguir con claridad tanto a izquierda como a derecha dos cauces de entrada y salida, como los que vimos en la imagen anterior y que nos recuerdan a los cauces de los ríos de la Tierra. Consideramos que en el pasado el cráter Jezero fue una gran acumulación de agua, es decir, un lago, y con ello un ambiente donde pudo haber vida. Por eso Perseverance aterrizó allí y está centrado en analizar ese entorno y el material del suelo del cráter.

Aún así, no hay más remedio que contener las expectativas, ya que no se espera un hallazgo de vida o de restos biológicos en el material del cráter. Esto se debe a que los datos nos hacen considerar que la radiación que recibe Marte en su superficie a día de hoy es demasiado intensa como para permitir la preservación de ningún resto de este tipo. Para avanzar en esa línea será necesario desarrollar la capacidad tecnológica para investigar bajo la superficie marciana, y analizar la posible presencia o ausencia de compuestos biológicos pasados o presentes allí. Pero lo que analicemos en el material de la superficie nos puede aportar información muy relevante sobre las condiciones del pasado del cráter y su evolución, clave para la comprensión del planeta.

En Marte existen trabajos actuales dedicados a la recuperación de muestras para ser estudiadas en la Tierra. Perseverance está recogiendo muestras de suelo marciano tal como se muestra en la figura 4. En esa piedra, denominada Rochette, Perseverance ha utilizado un pequeño taladro, causando el agujero que se ve en la imagen, para extraer una muestra de material. A día de hoy tiene ya un catálogo de muestras, incluyendo por ejemplo diferentes tipos de rocas o material sedimentario arrastrado por el agua en el pasado. La misión actual no

tiene la capacidad de retornar a la Tierra, ni tenemos aún medios para recuperarla. Pero NASA tiene planificada una misión, llamada Mars Sample Return, con el objetivo de poder traer esas muestras a nuestro planeta a principios o mediados de la próxima década. Cuando esto se lleve a cabo supondrá un punto de inflexión en nuestro conocimiento sobre el planeta rojo y en la obtención de respuestas sobre la posible existencia de vida marciana.



Figura 4. Rochette, piedra de la que Perseverance ha tomado muestras. Fuente: NASA/JPL-Caltech.

Hay otro motivo por el que Marte es uno de los objetivos prioritarios de las agencias espaciales terrestres: es el único planeta en el que, a pesar de sus duras condiciones actuales, podemos llegar a desarrollar artificialmente condiciones de habitabilidad para el ser humano. Es un horizonte aún lejano, pero para el que queda un apasionante camino. El primer paso, en los próximos años, va a ser el retorno del ser humano (la primera vez que irá una mujer) a nuestra Luna para intentar establecer estancias de larga duración. El siguiente gran paso, quizá en la próxima década, será el gran reto de mandar una misión tripulada a Marte, lo que constituirá el primer viaje de un ser humano a otro planeta, y a cualquier cuerpo fuera de nuestro sistema Tierra-Luna. Puede que no quede mucho para que podamos ver a una persona caminando por el planeta rojo, y la información que consigamos entonces será esencial para saber lo que ha pasado allí en el pasado, lo que esconde en el presente, y las oportunidades que están por venir.

Los satélites galileanos y sus océanos ocultos

Más allá de Marte los planetas son gigantes gaseosos con condiciones extremas de presión, muy poco indicados para el desarrollo de la vida tal como la conocemos. Pero eso no implica que el cinturón de asteroides sea el límite de las posibilidades, más bien al contrario. Los planetas externos cuentan con decenas de satélites orbitando alrededor de cada uno de ellos, y varios de esos satélites tienen entidad suficiente como para haber sido planetas de pleno derecho si en la formación del sistema planetario les hubiera correspondido orbitar en torno al Sol, en vez de a su planeta correspondiente. E incluso estando ubicados claramente fuera de la zona de habitabilidad, cuentan también con prometedores entornos que merece la pena investigar.

Quizás los satélites más conocidos y con un papel más relevante sean los satélites galileanos, que orbitan en torno a Júpiter. Reciben su apelativo porque fueron descubiertos por Galileo a principios del siglo XVII, a raíz del comienzo del uso del telescopio. Ya desde esos inicios tuvieron un papel destacado no solo por su interés intrínseco, sino porque Galileo los usó para mostrar que había cuerpos orbitando en torno a otros que no eran la propia Tierra, como argumento en apoyo de la teoría heliocéntrica. Son cuatro, y reciben los nombres de Ío, Europa, Ganímedes y Calisto, si los nombramos desde el más cercano al más lejano al planeta. En la figura 5 los vemos en orden inverso.

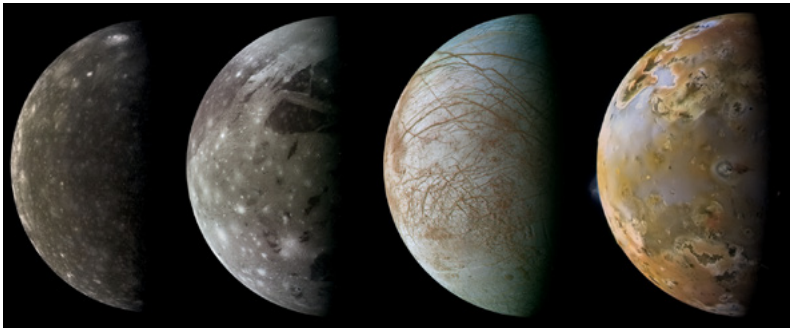


Figura 5. Imagen compuesta de los satélites galileanos. De izquierda a derecha: Calisto, Ganímedes, Europa e Ío. Fuente: NASA/JPL/Ted Styrk.

Los cuatro son terrestres, y todos son grandes: Ganímedes es más grande que Mercurio; Calisto e Ío son más grandes que nuestra luna, y los cuatro son más grandes que Plutón, por ejemplo. Cada uno tiene peculiaridades interesantes, como que Ganímedes es la única luna de nuestro sistema planetario que tiene campo magnético, o que Ío tiene

actividad geológica, con muchos volcanes en superficie. Pero si nos centramos en la búsqueda de agua líquida, y por tanto en entornos favorables para el desarrollo de vida, el factor clave es que consideramos que tres de ellos pueden tener océanos subterráneos de agua líquida.

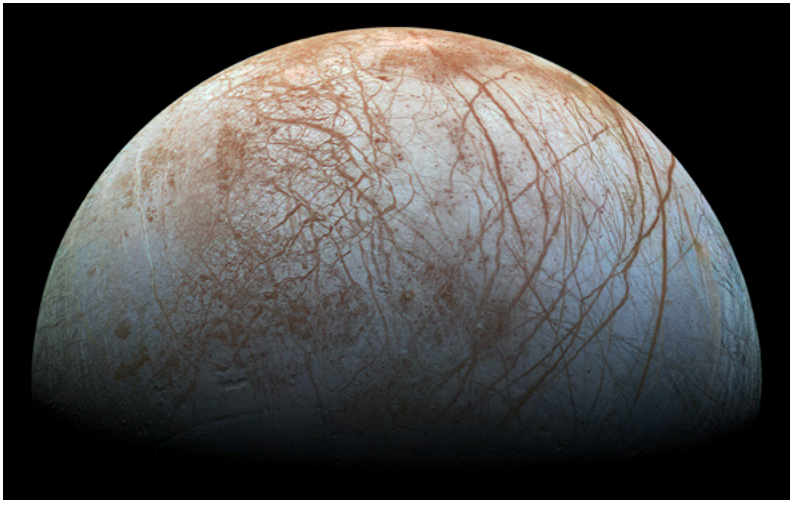


Figura 6. El satélite Europa, a partir de imágenes de la sonda Galileo. Fuente: NASA/JPL-Caltech/SETI Institute.

Lo podemos ver con más claridad si nos centramos en uno de ellos, el más pequeño, Europa. La figura 6 está realizada a partir de imágenes tomadas por la sonda espacial Galileo, de la NASA, a finales de los años 90. Hay un aspecto que destaca, y es el hecho de que prácticamente no se observan cráteres de impacto, como los que sí vemos, por ejemplo, en una imagen de la superficie de nuestra Luna. La superficie de Europa, compuesta principalmente por hielo de agua junto a otros componentes, es una de las más lisas del sistema solar. Esto es sorprendente, ya que Europa recibe meteoritos, como cualquier otro cuerpo del sistema solar, y no cuenta con una atmósfera que amortigüe sus efectos, como tenemos en la Tierra. Si no hay apenas cráteres visibles es porque los que se forman deben estar desapareciendo rápidamente, y que por tanto la superficie que observamos es muy reciente. Podemos ver además que existen una serie de surcos o grietas en muchas zonas, que deducimos que se forman cuando el hielo se rompe y se vuelve a congelar, y una observación más detallada nos revela incluso regiones donde las líneas de las grietas no coinciden, porque en el proceso de rotura hubo un deslizamiento de las placas correspondientes.

Todo esto nos induce a pensar que debajo de esa capa de hielo de la superficie de Europa tenemos otra capa de agua líquida, sobre la que flota la capa de hielo, y que la regeneración y los desplazamientos cuyas huellas detectamos se producen cuando la capa de hielo superficial se rompe y se desliza sobre ese agua subterránea. Consideramos que esa capa subterránea de agua está sobre la capa rocosa del interior del satélite. Ese océano subterráneo podría cubrir Europa entera, hasta el punto de contener más agua que todos los océanos de la Tierra juntos. Por tanto podríamos tener una situación semejante a la que se representa en la figura 7.

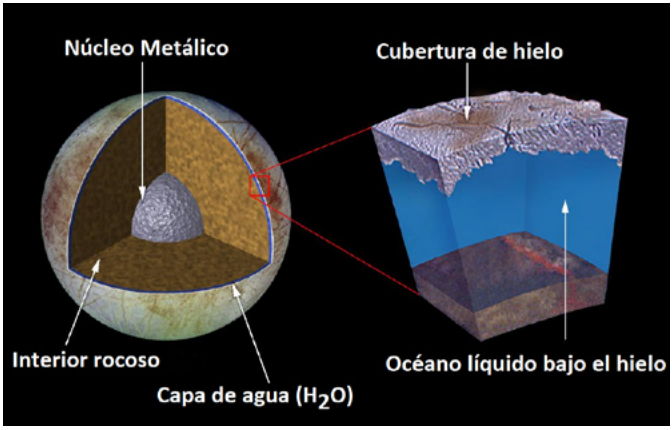


Figura 7. Representación aproximada de la posible estructura interna de Europa, mostrando el océano subterráneo. Fuente: Wikipedia (adaptada).

Y como ya sabemos, pensamos que donde hay agua líquida puede haber vida. En particular pensamos que esto puede ocurrir si en la base de ese océano hay entornos semejantes a fisuras hidrotermales. Estas fisuras se encuentran en la base de nuestros océanos terrestres, y son grietas en la superficie de nuestro planeta a través de las cuales fluye agua caliente, debido al calor producido por la actividad geológica de la Tierra. Esas fumarolas, que aportan una importante fuente de energía al agua, generan entornos de una alta riqueza química, que al menos en la Tierra son biológicamente más ricos que el resto del océano profundo. En Europa no tenemos actividad geológica, pero hay otros mecanismos de interacción entre el océano y la superficie rocosa del satélite que pueden generar entornos semejantes a los de las fisuras hidrotermales y que, por analogía con lo que observamos en la Tierra, consideramos que pueden ser lugares con potencial para el desarrollo de colonias de microorganismos. Es por esto por lo que Europa es considerada a día de hoy uno de los sitios con mayor interés en la búsqueda de vida extraterrestre.

Los datos también indican la posible presencia de océanos subterráneos en Ganímedes y Calisto, aunque estos océanos podrían estar ubicados entre capas de hielo, en vez de estar en contacto directo con la superficie rocosa de su satélite correspondiente. Esto dificulta la posibilidad de generar estos entornos hidrotermales proclives a la riqueza química y biológica. Aún así el estudio del conjunto de estas lunas heladas con océanos subterráneos es tan prometedor que diversas agencias espaciales tienen misiones espaciales en activo o en preparación para poder aumentar la cantidad y calidad de los datos disponibles y estudiarlas en mayor profundidad.

Una de estas misiones es la misión Juice, de la ESA, que inició su andadura espacial el 14 de abril de 2023. Juice es de hecho el acrónimo de Jupiter Icy Moons Explorer, ya que el objetivo principal de esta misión es caracterizar Ganímedes, Europa y Calisto mediante el mapeo de su superficie, el análisis de las propiedades físicas del hielo o la caracterización de su estructura y dinámica internas, entre otros aspectos. También aportará datos que nos permitan profundizar en nuestro conocimiento sobre el conjunto al completo de Júpiter y sus lunas, ya que nos puede servir como punto de partida para analizar sistemas semejantes en exoplanetas gigantes gaseosos que detectemos en otros sistemas planetarios. Juice llegará a Júpiter en 2031 y orbitará este planeta durante unos tres años, aproximándose y tomando datos de las tres lunas en estudio. Pero será Ganímedes el objeto más estudiado por Juice, hasta el punto de que la nave orbitará en torno a este satélite a partir de 2034. Será la primera vez que una misión espacial orbite en torno a un satélite del sistema solar exterior, y esto nos revelará mucha más información sobre las características únicas de esta luna, como su campo magnético o su tenue atmósfera, y sobre el papel que juega mediante sus interacciones con el resto de cuerpos que componen el complejo sistema joviano.

Juice va a coincidir en el tiempo con otra misión, Europa Clipper, de NASA, cuyo lanzamiento está previsto para 2024. Europa Clipper se va a centrar muy particularmente en determinar si bajo el hielo de Europa hay entornos aptos para la vida, y para ello sobrevolará del orden de 50 veces la superficie del satélite, llegando a alcanzar alturas tan bajas como 25 km. Su instrumental incluirá cámaras y espectrómetros para producir mapas de alta resolución de la superficie, así como un radar, un magnetómetro e instrumentos de medición de la gravedad que permitan estudiar en detalle el océano subterráneo y la composición y dinámica del núcleo rocoso. Ni Europa Clipper ni otras misiones tienen planificado aterrizar en esta luna, ya que las condiciones de su superficie, con posibles aristas de hielo, pueden hacer muy difícil ese alunizaje. Pero esto puede cambiar en el futuro: NASA está considerando una nueva misión, Europa Lander, que en caso de

ser aprobada y desarrollada sí que tendría como objetivo el aterrizaje en Europa, para poder obtener de forma directa datos que complementen lo obtenido por Europa Clipper.

Estas misiones y el esfuerzo que se está haciendo por parte de las principales agencias espaciales de nuestro planeta ponen de manifiesto hasta qué punto consideramos estas lunas como un entorno clave para el avance de nuestro conocimiento sobre la vida. No son misiones centradas aún en una posible detección directa de la vida, eso parece estar aún fuera de nuestro alcance. Pero pueden aportar información esencial en nuestro estudio sobre qué otros entornos y condiciones pueden permitir también el desarrollo de microorganismos.

Titán y el ciclo del metano

Si seguimos viaje más allá de Júpiter llegamos al Señor de los Anillos, el majestuoso Saturno. Es otro planeta gigante gaseoso que en sí mismo es totalmente hostil a la vida tal como la conocemos, pero de nuevo nos encontramos con que algunas de sus 146 lunas (las descubiertas hasta junio de 2023) esconden sorpresas que las hacen objetos de enorme interés. Uno de estos casos es el de Titán, que destaca entre todas por ser el satélite más grande de Saturno y el segundo más grande del sistema solar, siendo apenas un poco más pequeño que Ganímedes. Es, además, más grande que Mercurio (aunque significativamente menos masivo), constituyendo otro de los casos de satélites que podrían haber sido planetas si hubieran orbitado en torno al Sol.

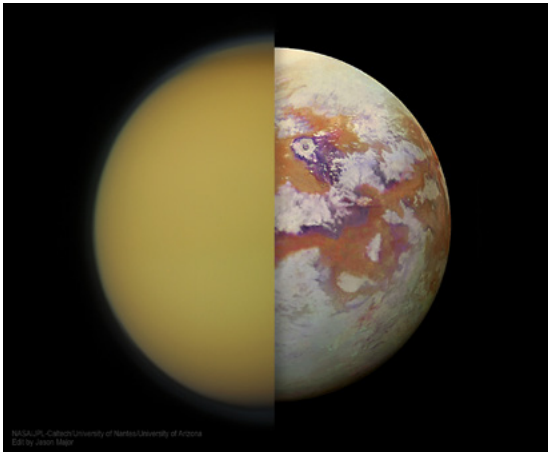


Figura 8. El satélite Titán visto en el visible (mitad izquierda) y en el infrarrojo (mitad derecha). Fuente: NASA/JPL-Caltech/University of Nantes/ University of Arizona. Edit by Jason Major.

Pero además Titán tiene una característica particular: es el único satélite del sistema solar con una atmósfera significativa, es decir, densa, como las que tienen planetas como la Tierra o Venus. De hecho su atmósfera es más densa que la de la Tierra, por lo que cuando lo observamos nos ocurre algo semejante a lo que nos pasa con Venus, es decir, no vemos nada más que la capa exterior. Vemos Titán tal como se muestra en la mitad izquierda de la figura 8. La atmósfera es opaca a longitudes de onda del visible, así que somos incapaces de ver la superficie y solo podemos ver la capa de nubes que rodea la luna. Pero el excelente trabajo que realizó la sonda Cassini, de NASA, en sus años en órbita en torno a Saturno, nos proporcionó imágenes en infrarrojo de Titán, y a partir de ellas hemos podido saber que su superficie tiene el aspecto que se muestra en la mitad derecha de la imagen anterior. Lo que vemos es una superficie compleja, con zonas variadas y diferenciadas, y geológicamente joven, es decir, con procesos de regeneración. Por su parte, la atmósfera de Titán es la única otra atmósfera del sistema solar, junto con la de nuestra Tierra, en la que el componente principal es el nitrógeno. En su caso tiene un porcentaje mayor, del 97%, por un 78% en nuestro planeta. En cambio el segundo componente en abundancia no es el oxígeno, como en nuestro caso, sino que se trata del metano, un compuesto orgánico simple, con un 3% de presencia.

Cuando analizamos los datos que tenemos sobre la atmósfera de Titán y lo que sabemos sobre su superficie, llegamos a la conclusión de que en Titán tenemos fenómenos climáticos, con lluvia y viento que generan accidentes geográficos en superficie, como costas, sistemas fluviales, dunas, lagos, etc. Estos fenómenos los explicamos en la Tierra como consecuencia del ciclo del agua, y entendemos que en Titán pueden estarse produciendo por un ciclo análogo, pero basado en el metano, y a una temperatura mucho más baja. Como resultado de estos procesos Titán es el único cuerpo del sistema solar, además de la Tierra, que tiene masas líquidas en superficie, pero en su caso no son de agua, sino de hidrocarburos. Además en la atmósfera de Titán se observa una química muy rica y con trazas importantes de compuestos orgánicos, ricos en hidrógeno y carbono. Esta situación general nos induce a pensar que Titán puede tener a día de hoy una atmósfera similar a la que tuviera la Tierra antes de que aquí se desarrollase la vida, aunque con la significativa diferencia de la ausencia de vapor de agua. En general el estudio de Titán es de enorme relevancia tanto para ver si allí puede haber a día de hoy presencia de vida basada en el metano como para entender mejor cómo se ha generado y evolucionado la vida en nuestro planeta.

El viaje de la misión Cassini también nos permitió estar físicamente en Titán. Cassini llevaba consigo un módulo de descenso llamado

Huygens, construido y operado por la ESA, que se desprendió de la Cassini a finales de 2004 y aterrizó en la superficie de Titán a principios de 2005. Es un acto muy significativo, ya que supuso la primera vez que un objeto construido por el ser humano aterrizaba en un cuerpo del sistema solar exterior, más allá del cinturón de asteroides, y en cualquier otra luna que no fuera la nuestra. Huygens registró datos de la atmósfera de Titán durante su descenso, que duró dos horas y media, y finalmente aterrizó en tierra, aunque estaba preparada para que se tratase de una superficie líquida, si hallaba uno de los mares o lagos que hay en la superficie de esta luna. Sobrevivió en funcionamiento 90 minutos tras el aterrizaje, durante los cuales nos mandó imágenes como la que vemos en la figura 9, que constituyen ventanas a otro mundo.



Figura 9. Imagen de la superficie de Titán tomada por la sonda Huygens. Fuente: ESA/NASA/JPL/University of Arizona.

Los géiseres de Encélado

Al lado de Titán o los satélites galileanos, la pequeña Encélado, otra de las lunas de Saturno, nos puede parecer apenas una bolita blanca flotando en el espacio. Tiene unos 500 km de diámetro, por lo que podría encajar aproximadamente en el espacio que hay entre Madrid y Sevilla, por ejemplo. Sin embargo es otro de los lugares claves en cuanto a la investigación sobre la vida en el sistema solar. Encélado está totalmente cubierta de hielo, como se percibe en su aspecto, que vemos en la figura 10.

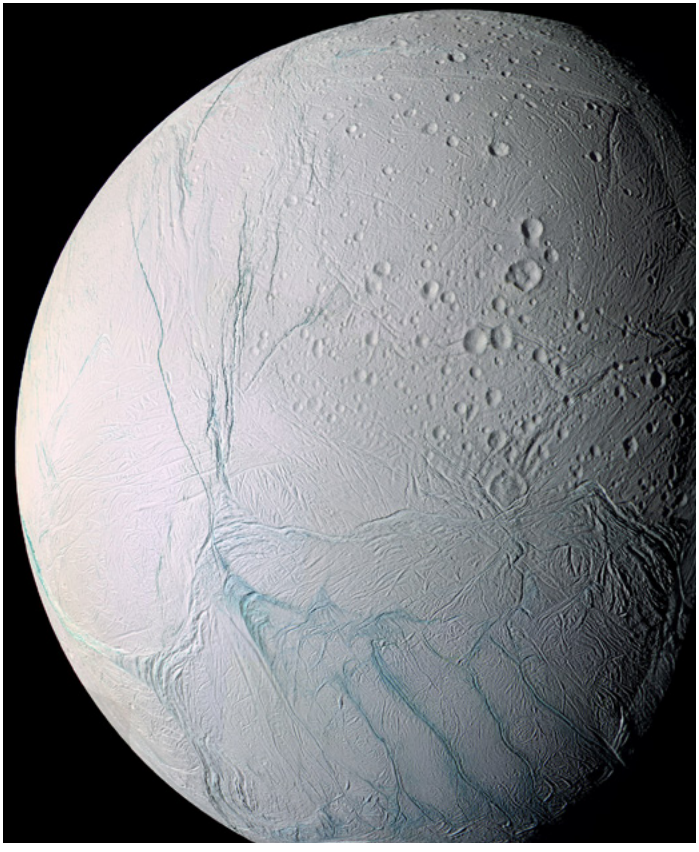


Figura 10. El satélite Encélado, imagen tomada por la sonda Cassini. Fuente: NASA/JPL/STScI.

Si nos fijamos en detalle en su superficie veremos que hay diferencias: hay zonas, sobre todo en el hemisferio norte, donde se observan muchos cráteres de impacto, mientras que en la región sur encontramos patrones más parecidos a los que veíamos en Europa, con franjas, grietas y otros rasgos que indican variabilidad y regeneración de la superficie de hielo. Además Cassini también observó Encélado en el infrarrojo, igual que en el caso de Titán, y los datos que obtuvo mostraban que principalmente en las zonas cercanas al polo sur el hielo era muy, muy nuevo, con una renovación muy reciente, aunque también había señales de renovación en otras zonas de la superficie del satélite. Podemos por tanto llegar a la conclusión de que en Encélado también hay actividad geológica, tal como veíamos en la superficie de Europa.

Sin embargo el rasgo más distintivo de Encélado no es este, sino que proviene del hecho de que la misión Cassini, que sobrevoló este satélite varias veces, encontró lo que vemos en la figura 11.

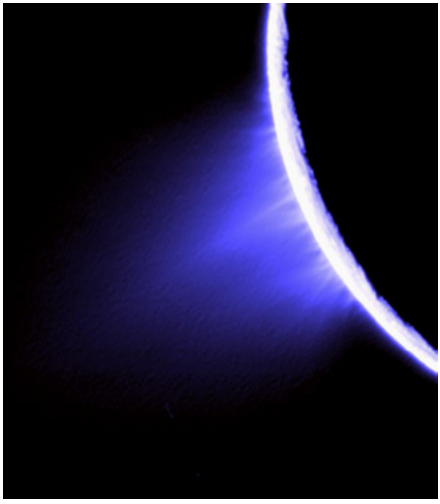


Figura 11. Géiseres de Encélado, vistos por la sonda Cassini. Fuente: NASA/ JPL/Space Science Institute.

En el polo sur de Encélado se detectan géiseres expulsando una importante cantidad de vapor de agua, junto con granos de polvo y otros compuestos. Una parte de lo que emiten estos criovolcanes vuelve a caer al satélite en forma de nieve, mientras que otra parte se pierde en el espacio. De hecho existe la teoría de que este material alimenta no solo el anillo de Saturno más cercano a esta luna, sino también otros más lejanos, ya que las partículas se desplazan siguiendo las líneas del campo magnético del planeta.

Si consideramos tanto los datos de la actividad geológica como los géiseres, lo que deducimos es que en Encélado tenemos una situación semejante a la de Europa: un océano subterráneo que puede cubrir todo el satélite, y que esté ubicado entre la capa rocosa del interior del planeta y la capa de hielo que constituye la superficie de la luna. En este océano los principales puntos de interés respecto a la posible proliferación de vida serían de nuevo los entornos análogos a las fisuras hidrotermales, en los que la fuente de energía pueda generar una riqueza en reacciones químicas que posibiliten el metabolismo microbiano. Pero en Encélado tenemos una herramienta de estudio que no tenemos en Europa, y es precisamente la que nos proporcionan los géiseres, que nos están lanzando muestras del contenido del océano al espacio. Esta luna es el único lugar a día de hoy en el

que tenemos acceso al océano subterráneo, sin tener que desarrollar la tecnología ni superar los retos inherentes a tener que excavar o taladrar su superficie de hielo. Este pequeño, lejano y frío satélite cubierto de hielo parece ser mucho más proclive a dejarnos conocer sus secretos sobre la vida, y es una oportunidad que seguro que no vamos a desaprovechar en el futuro.

El planeta que más nos cuenta sobre la vida extraterrestre: la Tierra

En este artículo de búsqueda de la vida hemos viajado muy lejos, hasta llegar a los satélites de Saturno, pero sin embargo no toda la investigación sobre la búsqueda de vida extraterrestre se hace necesariamente con telescopios o misiones espaciales. Más bien al contrario, hay muchísima investigación clave que se está haciendo aquí, en nuestro propio planeta.

Esto se debe en primer lugar a que aquí tenemos laboratorios con una capacidad tecnológica y humana que es imposible a día de hoy trasladar al espacio, por lo que el desarrollo de muchos experimentos químicos y físicos se realiza aquí. Tenemos por ejemplo líneas de investigación centradas en el estudio del origen químico de la vida, generando para ello ambientes de laboratorio que reproducen las condiciones, la química e incluso las descargas energéticas de entornos como el de las ya mencionadas fisuras hidrotermales, con el objetivo de avanzar en nuestro conocimiento sobre cómo se activan los procesos metabólicos claves para la vida. Con ello podríamos saber más tanto sobre lo que ocurrió en una Tierra primigenia de hace alrededor de 4000 millones de años, como sobre lo que quizá pueda estar teniendo lugar hoy en día en lugares como Europa o Encélado.

La posibilidad del inicio de la vida en entornos como el de las fumarolas hidrotermales no es el único escenario que estamos considerando. También debemos tener en cuenta la posible influencia de otros factores, como la llegada de material orgánico a través del impacto de cuerpos exteriores, del tipo de meteoritos o fragmentos de cometas. Esto puede haber sido especialmente relevante en fases iniciales de formación del sistema solar, cuando la frecuencia de los impactos era mucho mayor. Por ello también investigamos en el laboratorio la composición y la química de los meteoritos que encontramos en la Tierra a día de hoy, ya que su análisis nos permite viajar al pasado y saber qué tipo de material pudo estar llegando a nuestro planeta hace miles de millones de años. En esta línea también contribuye enormemente, claro está, el estudio de las muestras de otros cuerpos del sistema solar que empezamos a poder traer a casa. Este es

el caso de las muestras del cometa Wild-2 recuperadas por la misión Stardust de la NASA en los años 2000, las muestras del asteroide Ryugu recuperadas en 2020 por la misión Hayabusa2 de la JAXA, la agencia espacial japonesa, o las muy recientes muestras del asteroide Bennu que ha dejado caer sobre la Tierra en septiembre de 2023 la misión OSIRIS-REx de la NASA. El análisis de este material ya ha revelado la presencia de aminoácidos, compuestos azufrados y otros como el uracilo, una de las cuatro bases nitrogenadas del ARN, o la niacina, o vitamina B3, que utilizamos para convertir los alimentos en energía. Estos compuestos orgánicos no son señales biológicas en sí mismos, pero nos proporcionan información determinante sobre los ingredientes que pudieron o pueden estar presentes y contribuir a los procesos de generación de la vida.

Otro factor clave es que la Tierra, como planeta que lleva miles de millones de años con presencia de vida, es en sí misma un laboratorio extraordinario que nos aporta una información insustituible. No tenemos que irnos al espacio para estudiar la existencia de vida en condiciones físicas extremas, porque podemos hacerlo aquí analizando el caso de los extremófilos, organismos que tienen la capacidad de sobrevivir e incluso de desarrollarse en ambientes con condiciones límite, por ejemplo en cuanto a temperatura o niveles de radiación. Un ejemplo de ello es el estudio de seres vivos en desiertos de la Antártida, lugares con muy baja temperatura, expuestos a altos niveles de radiación ultravioleta, con altas concentraciones salinas y baja concentración de minerales, lo que les hace tener similitudes con las condiciones marcianas. Por tanto, el hallazgo de microbios bajo la superficie del continente blanco nos sugiere que puede estar ocurriendo lo mismo bajo la superficie del planeta rojo. En general el estudio de la vida en la amplísima variedad de entornos ambientales con los que cuenta nuestro planeta nos puede proporcionar mucha información sobre la evolución de la vida en nuestro propio hogar y sobre qué podemos buscar y quizás encontrar en ambientes análogos que existan en otros cuerpos del sistema solar.

Todas estas investigaciones, que abarcan desde los experimentos terrestres hasta la caracterización de exoplanetas, pasando por Marte o las lunas de Júpiter y Saturno, son pequeños pasos en un camino detallado y laborioso, que sin embargo avanza en las últimas décadas a toda velocidad. Podemos estar en la época en la que por fin descubramos vida en otro lugar del universo diferente al nuestro, y la trascendencia de este posible descubrimiento no tendría igual en toda la historia de la humanidad. Estén atentos y atentas, porque algunas de las más trascendentales preguntas del ser humano pueden empezar a tener respuestas.

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 perfectos	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 muón en reposo	m_μ	0,113428927 u
momento magnético del electrón	μ_e	$-9{,}2847643\ 10^{-24}$ J T^{-1}
momento magnético del protón	μ_p	$1{,}41060674\ 10^{-26}$ J T^{-1}
momento magnético del muón	μ_μ	$-4{,}4904481\ 10^{-26}$ J T^{-1}
magnetón de Bohr	μ_B	$9{,}2740097\ 10^{-24}$ J T^{-1}
magnetón nuclear	μ_N	$5{,}0507835\ 10^{-27}$ J T^{-1}
constante de estructura fina	α	$7{,}29735257\ 10^{-3}$
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 (CBR)	T_0	2,725 K
velocidad del Sol respecto del CBR		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 parsecs = 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	factor	prefijo	símbolo
10^{1}	deca	da	10^{-1}	deci	d
10^{2}	hecto	h	10^{-2}	centi	c
10^{3}	kilo	k	10^{-3}	mili	m
10^{6}	mega	M	10^{-6}	micro	μ
10^{9}	giga	G	10^{-9}	nano	n
10^{12}	tera	T	10^{-12}	pico	p
10^{15}	peta	P	10^{-15}	femto	f
10^{18}	exa	E	10^{-18}	atto	a
10^{21}	zetta	Z	10^{-21}	zepto	z
10^{24}	yotta	Y	10^{-24}	yocto	y

Estos prefijos han sido establecidos por la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM) en cuatro resoluciones adoptadas entre 1960 y 1991.

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

La unidad astronómica (ua) por definición es igual a 149 597 870,700 km.

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 16 de enero de 2024. De la tabla correspondiente al mes obtenemos los valores:

T_{-2}:	14 de enero	$V_{-2} = 22^h,09625$
T_{-1}:	15 de enero	$V_{-2} = 23^h,00872$
T_0:	16 de enero	$V_{-2} = 23^h,87508$
T_1:	17 de enero	$V_{-2} = 24^h,71550$
T_2:	18 de enero	$V_{-2} = 25^h,55100$

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:

$$V = V_0 + \frac{p}{2}(V_1 - V_{-1}) = 23{,}98175$$

Dado que $|V_1 - 2V_0 + V_{-1}| = 0{,}02594 \geq 0{,}00003$, añadimos otro término:

$$V = 23{,}98175 + \frac{p^2}{2}(V_1 - 2V_0 + V_{-1}) = 23{,}98155$$

Dado que $|V_2 - 2V_1 + 2V_{-1} - V_{-2}|/30 = 0{,}00137 \geq 0{,}00003$, añadimos otro término:

$$V = 23{,}98155 + \frac{p\,(p^2-1)}{12}(V_2 - 2V_1 + 2V_{-1} - V_{-2}) = 23{,}98113$$

Dado que $|V_2 - 4V_1 + 6V_0 - 4V_{-1} + V_{-2}|/100 = 0{,}00001 \leq 0{,}00003$, no hace falta añadir ningún término más, resultando:

$$V = 23^h58^m52^s{,}1$$

El valor que se obtiene a partir de las efemérides del JPL es: $23^h58^m52^s{,}0$, 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 16 de enero de 2024 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:

$$p = 2\,\frac{V - V_0}{V_1 - V_{-1}} = 0{,}1464$$

instante al que le corresponde un valor calculado:

$$V_{calc} = 23{,}99925$$

La corrección a aplicar a p es:

$$\Delta p = 2\,\frac{V - V_{calc}}{V_1 - V_{-1}} = 0{,}0009$$

Al nuevo valor $p = 0{,}1473$ le corresponde $V_{calc} = 24{,}00001$, valor que consideramos suficientemente aproximado, pues su discrepancia con el valor buscado es menor o similar a $0^s{,}1 = 0^h{,}00002$. El instante de tiempo buscado es:

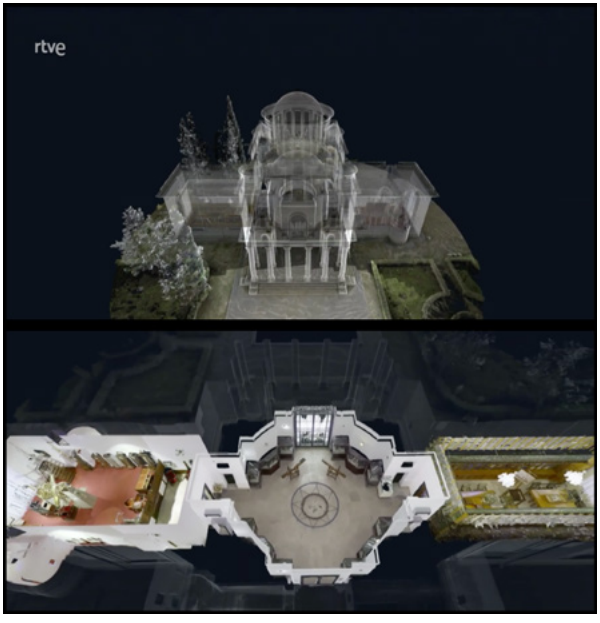
$$T = T_0 + p\,(T_1 - T_0) = 0^h + 0{,}1473 \times 24^h = 3^h{,}535$$

o sea, las $3^h32^m{,}1$ del día 16 de enero de 2024. El instante calculado a partir de las efemérides es: $3^h32^m12^s$.

Eventos en el Observatorio



El pasado 20 de julio de 2023 los consejeros de Transporte de los 27 estados miembros y los representantes de los países EEE (Espacio Económico Europeo), Noruega, Islandia, Liechtenstein, del Consejo de la UE y de la Comisión Europea visitaron el Observatorio.



El Real Observatorio tuvo un papel destacado en el programa de RTVE «Los pilares del tiempo» dedicado a Carlos III. En este documental se realizó un escaneado 3D del emblemático edificio de Villanueva mediante la técnica LIDAR: una espectacular radiografía arquitectónica.



En julio de 2023, el edificio Villanueva se engalanó, por vez primera, con la bandera arcoíris como símbolo de igualdad e inclusión del colectivo LGTBI.



El Real Observatorio de Madrid acogió la emisión en directo de un concierto de Radio 3 con el cantaor Israel Fernández. Fue una producción pionera, retransmitida simultáneamente con tecnología Ultra Alta Definición (UHD) y 5G.

Índice alfabético de materias

Índice

A

Aberración
  ánua, 154
Achatamiento
  de la Tierra, 135
  de los planetas, 229
Acimut
  de la estrella Polar, 346
Albedo
  de satélites naturales, 262
  geométrico y de Bond, 228
Año
  duración, 154, 165
  duración del año juliano, 112
  duración media de distintos tipos de años, 111
Asteroides
  cercanos a la Tierra, 291
  datos físicos, 289
  datos fotométricos, 289
  efemérides, 292
  elementos orbitales, 288
  magnitud, V, 290
  número, 288
  oposición, 291
  rotación, 289
Atmósfera terrestre
  composición, 143
  estructura, 141
  refracción atmosférica, 143

C

Calendario
  católico, 120
  domingo de Pascua, 121
  escritura numérica de fechas, 116
  explicación general, 116
  gregoriano, 120
  israelita, 125
  juliano, 122
  musulmán, 123
  perpetuo, 127
  reforma gregoriana, 120
Ceres
  datos fotométricos, 281
  descubrimiento, 282
  efemérides, 283
  elementos orbitales, 280
  masa, tamaño, 281
  traslación, 281
Cometas
  de corto periodo, 302
  de largo periodo, 301
  elementos orbitales, 301
  que pasan por el perihelio este año, 300
Composición
  abundancia solar de elementos químicos, 168
  atmósfera terrestre, 143
  moléculas en el medio interestelar, 373
Constantes
  astronómicas, 433
  astronómicas para J2000, 168
  atómicas y espectroscópicas, 432
  cosmológicas, 432
  electromagnéticas, 433
  equivalencias útiles, 225, 437
  factores de conversión, 433
  fundamentales, 432
  prefijos del SI, 434
Constelaciones
  del cielo mes a mes, 43
  mapas, 314
  posición y tamaño, 311
Coordenadas
  aparentes (aberración), 154
  geográficas. *Véase* Posiciones geográficas
  medias (precesión), 149
  verdaderas (nutación), 152

Corrección de las coordenadas
por aberración ánua, 154
por nutación, 152
por precesión, 149
por refracción atmosférica, 143
Crepúsculo
civil, naútico y astronómico, 191
visibilidad de los planetas, 24
Cúmulos estelares
abiertos o galácticos, 351
cerrados o globulares, 350

D

Día
definición, 87, 116
del año, 104
día de la semana, 119, 127
día juliano, 119
duración del día, 193
duración media del día sidéreo, 110
duración media del día solar, 110
Día juliano, DJ
año a año, 118
descripción, 117
día a día, 104
días julianos notables, 118
DJ y día de la semana, 119
fórmula para este año, 19
mes a mes, 118
modificado, 119
para fechas gregorianas, 119
Distancia
en el sistema solar, 436
en la Vía Láctea, 435

E

Eclipses
de Luna definición y tipos, 76
de Luna durante este año, 77
de Luna futuros, 82
de Luna interpretación de mapas y tablas, 77
de Luna magnitud, 77
de Sol definición y tipos, 68
de Sol durante este año, 69
de Sol futuros, 74
de Sol interpretación de mapas y tablas, 69
de Sol magnitud, 68
de Sol visibles en España, 74
durante este año, 21
durante este siglo, 21
Ecuación de los equinoccios
definición, 109
día a día, 104
fórmula, 92
fórmula aproximada, 96
Ecuación de tiempo
definición, 113
día a día, 104
fórmula, 93
fórmula aproximada, 114
gráfica, 94
valores extremos y nulos, 115
Enanos, planetas
datos fotométricos, 281
definición, 279
descubrimiento, 282
efemérides, 283
elementos orbitales, 280
masa, tamaño, 281
satélites, 282
traslación, 281
Equinoccios
de primavera y de otoño, 19
ecuación de los equinoccios. *Véase* Ecuación de los equinoccios
para este año, 20
Eris
datos fotométricos, 281
descubrimiento, 282
efemérides, 287
elementos orbitales, 280

masa, tamaño, 281
satélites, 282
traslación, 281
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, 327
cercanas, 325
constelaciones. *Véase* Constelaciones
de gran movimiento propio, 326
dobles, 333
equivalencias en distancias, 435
magnitud y brillo, 328
nombres usuales, 320
ocultaciones por la Luna, 41
Pléyades, 323
Polar. *Véase* Polar (estrella)
tipo Mira, 339
variables, 336
variables Algol, 338
variables β Lyrae, 339

F

Fases de la Luna, 20
Fecha
escritura normalizada, 116
juliana, 117
Fenómenos astronómicos
día a día, 43
resumen anual, 19

G

Galaxias
brillantes, 366
cuásares, 367
cúmulos de galaxias, 368
del Grupo Local, 361
en catálogo de Messier, 357
infrarrojas, 367
ley de Hubble, 370
nombres usuales, 363
radiogalaxias, 367
tabla de distancias, 370

H

Haumea
datos fotométricos, 281
descubrimiento, 282
efemérides, 285
elementos orbitales, 280
masa, tamaño, 281
satélites, 282
traslación, 281

I

Interpolación
directa, 437
inversa, 439

J

Júpiter
conjunción y oposición, 23
constelaciones recorridas, 23
datos orbitales, físicos y fotométricos, 226
efemérides, 240
efemérides orbitales, 23
efemérides para observaciones físicas, 241
posición de los satélites galileanos, 264
satélites, 258
visibilidad en este año, 24

L

Luna
apogeos, 220
comparación con otros satélites, 256
coordenadas topocéntricas, 201

culminación, orto y ocaso en Madrid, 203
datos físicos, 198
distancia a la Tierra, 197
eclipses. *Véase* Eclipses
edad, 220
elementos medios orbitales, 197
fases
definición, 20, 219
en este año, 21, 219
libraciones, 198
meses, 198
ocultaciones, 39
órbita, 197
ortos y ocasos en cualquier lugar, 215
paralaje, 199
paso por el meridiano, 218
perigeos, 220
semidiámetro, 199

M

Magnitud
de asteroides brillantes, 289
de cúmulos estelares, 350
de estrellas, 328
definición, 328
de galaxias brillantes, 366
de galaxias del Grupo Local, 361
de los planetas cada 20 días, 235
del Sol: absolutas, aparentes, 166
de objetos Messier, 357
de planetas en oposición, 228
de satélites en oposición, 262
diferencia de magnitud y razón de brillo, 434
máxima de Mercurio, Venus y Marte, 22
media de Júpiter,...Neptuno, 23
Makemake
datos fotométricos, 281
descubrimiento, 282
efemérides, 286
elementos orbitales, 280
masa, tamaño, 281
satélites, 282
traslación, 281
Marte
datos orbitales, físicos y fotométricos, 226
efemérides, 238
efemérides orbitales, 22
efemérides para observaciones físicas, 239
fenómenos en este año, 22
satélites, 258
visibilidad en este año, 24
Mercurio
datos orbitales, físicos y fotométricos, 226
efemérides, 234
efemérides orbitales, 22
efemérides para observaciones físicas, 235
fenómenos para este año, 22
tránsito, 22
visibilidad en este año, 24
Meteoroides
lluvias de meteoros, 307
meteoros, 306

N

Nebulosas. *Véase también* Vía Láctea
de emisión, 353
de reflexión, 352
en catálogo de Messier, 357
planetarias, 354
restos de supernova, 354
Neptuno

conjunción y oposición, 23
constelaciones recorridas, 23
datos orbitales, físicos y fotométricos, 226
descubrimiento, 230
efemérides, 246
efemérides orbitales, 23
efemérides para observaciones físicas, 247
satélites, 258
Nutación
paso de coordenadas medias a verdaderas, 152

O

Objetos menores
asteroides. *Véase* Asteroides
cometas. *Véase* Cometas
estadísticas, 279
meteoroides. *Véase* Meteoroides
planetas enanos. *Véase* Enanos, planetas
Oblicuidad de la eclíptica
durante el año, 165
Observaciones físicas
de los planetas, 234
del Sol, 165
Observatorios
en el mundo, 160
en España, 159
Ocultaciones
de asteroides por la Luna, 40
de estrellas por la Luna, 41
de planetas por el Sol, 40
de planetas por la Luna, 39
Órbita de la Tierra
afelio y perihelio en este año, 20
afelio y perihelio extremos, 20
datos orbitales, 226, 231
Ortos y ocasos
de la Luna, 215
de los planetas, 248
del Sol en cualquier lugar, 186
del Sol en las capitales, 185
del Sol en Madrid, 171
del Sol, orientación, 188

P

Planetas
atmósfera, 230
datos físicos, 229
declinación durante el año, 232
descubrimiento, 230
efemérides, 232
elementos orbitales, 226, 231
fenómenos para este año, 22
fórmulas, 231
fotometría, albedo, 228
magnetosfera, 230
masa, tamaño, 229
ocultaciones por la Luna, 39
órbita, 225
orientaciones y tamaños, 251
ortos y ocasos en cualquier lugar, 248
paso por el meridiano, 249
posiciones heliocéntricas, 250
rotación, 228
satélites. *Véase* Satélites
sistema planetario. *Véase* Sistema solar
tránsitos, 82
traslación, 227
trayectorias anuales, 252
visibilidad en este año, 24
Plutón
datos fotométricos, 281
descubrimiento, 282
efemérides, 284
elementos orbitales, 280
masa, tamaño, 281

satélites, 282
traslación, 281
Polar (estrella)
coordenadas aparentes, 345
coordenadas ecuatoriales J2000, 343
coordenadas horizontales, 344
determinación de la latitud, 344
Polo Norte
de la Vía Láctea, 348
del sistema solar, 225
del Sol, 166
Posiciones geográficas
ciudades españolas, 157
convenios, 19
observatorios españoles, 159
observatorios mundiales, 160
Precesión
cálculo aproximado, 149
cálculo exacto, 151
efecto sobre las coordenadas ecuatoriales, 148

R

Refracción
corrección de la altura observada, 143
fórmula aproximada, 144
Rotación terrestre
día, 146
precesión y nutación, 146
variaciones irregulares, 152

S

Satélites
artificiales, 155
datos físicos, 262
descubrimiento, 260
elementos orbitales, 258
fotometría, 262
nombres, 254
número, 254
periodos, 260
posición de los satélites de Saturno, 270
posición de los satélites galileanos, 264
tamaños, 262
Saturno
conjunción y oposición, 23
constelaciones recorridas, 23
datos orbitales, físicos y fotométricos, 226
efemérides, 242
efemérides orbitales, 23
efemérides para observaciones físicas, 243
inclinación de los anillos, 23
posición de los satélites, 270
satélites, 258
visibilidad en este año, 24
Semana
día de la semana corresp. a una fecha, 127
día de la semana corresp. a un día juliano, 119
numeración, 117
Sistema solar
asteroides. *Véase* Asteroides
cometas. *Véase* Cometas
equivalencia en distancias, 436
meteoroides. *Véase* Meteoroides
sistema planetario, 225
unidades, 225
Sol
abundancia de elementos químicos, 168
acimut de orto y ocaso, 188
afelio y perihelio, 20
cálculos aproximados, 183
coord. ecuatoriales, 169
coord. ecuatoriales aprox., 183

coord. heliográficas, 169
crepúsculos, 191
culminación, orto y ocaso en Madrid, 169
datos físicos, 165
distancia a la Tierra, 183
duración del día, 193
eclipses. *Véase* Eclipses
eje de rotación, P, 169
entrada en signos del zodíaco, 23
luminosidad, 166
manchas solares, 195
movimiento diario, 183
movimiento en el espacio, 167
ocultaciones, 39
órbita, 165
ortos y ocasos en cualquier lugar, 186
ortos y ocasos extremos en Madrid, 194
orto y ocaso en las capitales, 185
paralaje horizontal, 183
paso por el meridiano, 191
paso por el primer vertical, 190
rotación, 166
rotaciones sinódicas, 195
semidiámetro, 183
tiempo de paso del semidiámetro, 183
viento solar, 167
Solsticios
de verano y de invierno, 19
para este año, 20

T

Tiempo
cambio de hora, 103
civil, 94
de efemérides (TE), 87
DUT1, 90
ecuación de los equinoccios. *Véase* Ecuación de los equinoccios
ecuación de tiempo. *Véase* Ecuación de tiempo
emisores de señales de tiempo, 94
escala atómica (TAI), 87
escalas de tiempo, 87
horario adelantado, 97
husos horarios, 97
meses (Luna), 198
oficial
en los países del mundo, 98
explicación, 97
oficial en España, 103
sidéreo, 91
sidéreo local, fórmula, 96
sidéreo medio, 108
sidéreo verdadero en Greenwich día a día, 104
siglo, milenio, 117
solar medio y verdadero, 93
Tiempo Atómico Internacional, 87
Tiempo Dinámico Terrestre (TDT), 88
tiempos dinámicos, 87
Tiempo Terrestre (TT), 88
Universal Coordinado (UTC), 89
Universal (TU, UT1), 88
Tierra
atmósfera, 141
campo magnético, 139
comparación con otros planetas. *Véase* Planetas
distancia al Sol, 183
elipsoide de referencia, 135
forma y tamaño, 135
masa y momento de inercia, 138

periodo de rotación, 110
rotación, 146
satélites, 258
Tránsitos
definición, 82
en los próximos años, 83
Traslación
aberración ánua, 154
año, 154
distancias al Sol, 154
velocidades, 154

U

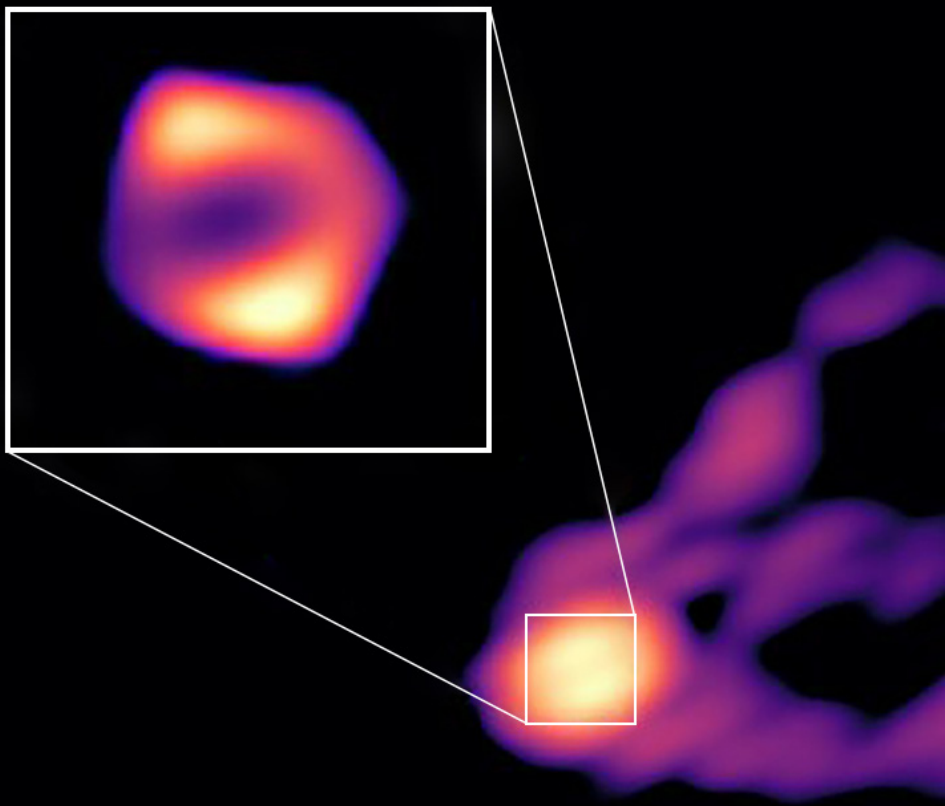
Unidades
astronómicas, 437
día, 87
equivalencias útiles, 225, 437
factores de conversión, 433
segundo, 87
Urano
conjunción y oposición, 23
constelaciones recorridas, 23
datos orbitales, físicos y fotométricos, 226
descubrimiento, 230
efemérides, 244
efemérides orbitales, 23
efemérides para observaciones físicas, 245
satélites, 258
visibilidad en este año, 24

V

Venus
datos orbitales, físicos y fotométricos, 226
efemérides, 236
efemérides orbitales, 22
efemérides para observaciones físicas, 237
fenómenos en este año, 22
tránsito, 22
visibilidad en este año, 24
Vía Láctea
características cerca del Sol, 349
características globales, 348
cúmulos. *Véase* Cúmulos estelares
equivalencia en distancias, 435
nebulosas. *Véase* Nebulosas
nubes moleculares, 355

Z

Zodíaco
definición, 23
entrada del Sol en signos, 23



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 Ibáñez de Ibero, 3 - 28003 Madrid
Teléfono: + 34 91 597 95 14
e-mail: consulta@cnig.es

www.ign.es — www.cnig.es — www.oan.es