

Anuario del Real Observatorio Astronómico de Madrid 2023



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES, MOVILIDAD
Y AGENDA URBANA

INSTITUTO
GEOGRÁFICO
NACIONAL



**ANUARIO
DEL
REAL OBSERVATORIO
ASTRONÓMICO
DE MADRID**

2023

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 2022.

Publica:

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

Autoría:

© Observatorio Astronómico Nacional, Instituto Geográfico Nacional.

Diseño y maquetación:

Observatorio Astronómico Nacional, Instituto Geográfico Nacional.

Cubierta:

Imagen de la región NGC3324, en la nebulosa de Carina, realizada en el infrarrojo por el nuevo telescopio espacial James Webb de la NASA. Este paisaje revela por primera vez regiones de nacimiento estelar que están completamente ocultas en las imágenes del visible. NASA, ESA, CSA y STScI.

ISBN: 978-84-416-6863-8

ISSN: 0373-5125

ISSN-e: 2660-5759

NIPO: 798-22-036-0

NIPO DIGITAL: 798-22-037-6

DEPÓSITO LEGAL: M. 7.390-1958

DOI: <https://doi.org/10.7419/162.13.2022>

Los derechos de la edición son del O. A. Centro Nacional de Información Geográfica como editorial.

Este Organismo agradece que la difusión electrónica masiva de la edición digital se realice a través de un enlace al apartado correspondiente de la página web oficial.

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

Impreso en los talleres del Instituto Geográfico Nacional



CNIG: Calle General Ibañez de Ibero, 3

28003 - Madrid (España)

www.ign.es / www.cnig.es

consulta@cnig.es

**ANUARIO
DEL
REAL OBSERVATORIO
ASTRONÓMICO
DE MADRID**

2023



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

2022 ha sido muy fructífero a nivel científico en el Observatorio: se han obtenido resultados de primera línea y se han realizado numerosas publicaciones. Gracias a que el radiotelescopio de 40 m de Yebes continúa aumentando sus prestaciones, se están logrando grandes éxitos en la detección de nuevas especies moleculares en el espacio. Tras la detección de más de 40 nuevas moléculas, nuestros astrónomos han contribuido a hacer de este telescopio uno de los más productivos de la historia en la detección de nuevas moléculas en el medio interestelar y circunestelar.

El 30 de septiembre asistimos a la inauguración de NOEMA en el Plateau de Bure. Ocho años después de que se iniciase la extensión del interferómetro, que entonces contaba con 6 antenas, ahora alcanza su plena potencia con sus 12 antenas de altísima precisión. NOEMA es pues un magnífico fruto de la colaboración entre el CNRS francés, la MPG alemana y nuestro IGN, que se inició hace cuatro décadas. Sumado al radiotelescopio de 30 m de Pico Veleta, NOEMA consagra al IRAM como líder mundial en interferometría de ondas milimétricas.

Tras la inscripción del Real Observatorio de Madrid, como parte del ‘Paisaje de la Luz’, en la lista del Patrimonio Mundial de la Unesco, se ha continuado el esfuerzo por mejorar los edificios y los jardines que nunca antes habían lucido tan espléndidos. Los trabajos de mantenimiento y renovación son constantes. Ahora estamos impulsando un proyecto para la recuperación del talud oeste que desciende del Observatorio a la calle Alfonso XII. Estos esfuerzos han de compatibilizarse con la habilitación de nuevos espacios para los astrónomos que continúan incorporándose. Para ello se ha trasladado la sección de la biblioteca que se encontraba en el edificio Gran Ecuatorial al edificio Astrógrafo.

En esta edición del Anuario continuamos con su revisión detallada para hacerlo más estructurado, vistoso y manejable. Por supuesto no nos olvidamos de los artículos de divulgación que, esta vez, incluyen uno sobre la detección de nuevas moléculas en Yebes y otro sobre la figura de William Herschel (1738-1822). Este artículo viene a sumarse a los varios eventos de difusión que hemos dedicado este año a la conmemoración del bicentenario del fallecimiento del genial astrónomo. Y ya nos preparamos para, en 2023, conmemorar el 250 aniversario de la muerte de otro gran personaje muy ligado a la historia del Observatorio: el insigne marino Jorge Juan (1713-1773).

Rafael Bachiller

Director del Observatorio Astronómico Nacional

Octubre de 2022

Cambios respecto de las ediciones precedentes

Esta nueva edición del Anuario introduce numerosas modificaciones con respecto de las ediciones precedentes, principalmente en su aspecto y en la ordenación de su contenido.

En primer lugar se ha dividido el Anuario en ocho capítulos, reestructurando el índice para facilitar la búsqueda de información. Algunas secciones y tablas han sido desplazadas a capítulos presumiblemente más adecuados. También, se han modificado algunas secciones, añadiendo texto explicativo e ilustraciones para aclarar su contenido. Por último, se han creado nuevas secciones con información que consideramos relevante, por ejemplo la correspondiente a los eclipses de Sol que serán visibles durante los próximos años en España.

La nueva maquetación ha sido diseñada por nuestro compañero José Antonio Bolonio, asesorado por los Técnicos del IGN: José Alfonso de Tomás y Leticia Fernández, a quienes agradecemos su apoyo y aportaciones.

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

La correspondencia sobre este Anuario debe ser enviada a:

Anuario del Real Observatorio 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 2022

Bachiller García, Rafael, *Director*

Alcolea Jiménez, Javier
Alonso Albi, Tomás
Baño Esplugues, Gisela
Bujarrabal Fernández, Valentín
Chacón Tanarro, Ana
Colomer Sanmartín, Francisco
Desmurs, Jean-François
Díaz Luis, José Jairo
Fuente Juan, María Asunción
García Burillo, Santiago
García Miró, Cristina
Gómez Garrido, Miguel
Jiménez Donaire, María Jesús
Marcelino Lluch, Nuria
Pereira Santaella, Miguel
Pérez Díez, Víctor
Querejeta Pérez, Miguel
Rioja Capellán, María José
Rivière Marichalar, Pablo
Rodríguez Baras, Marina
Sánchez Monge, Álvaro
Sánchez Ramos, María
Santander García, Miguel
Soria Ruiz, Rebeca
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 2023.	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 zodiaco.	23
1.2. Visibilidad de los planetas en 2023	24
1.3. Ocultaciones por la Luna o el Sol en 2023	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	40
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 2023.	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 2023.	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: $TE \approx TDT \approx TT$, 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 2023	120
Calendario juliano	122
Cronología	123
Calendario musulmán	123
Calendario israelita	125
Calendario perpetuo	127
3. Sol y Luna	131
3.1. Datos solares	133
Elementos medios de la órbita para 2023	133
Longitud verdadera (error < 30")	133
Duración de los años	133
Distancia media	133
Datos físicos	133
Rotación	134
Luminosidad	134
Fotosfera solar	135
Campo magnético solar	135
Viento solar	135
Movimiento del Sol	135
Elementos químicos en el sistema solar	136
Constantes para la época J2000.0	136
3.2. Efemérides solares diarias para el año 2023	137
Cálculos aproximados	138
3.3. Fórmulas para cálculos aproximados	151
3.4. Ortos, ocasos y pasos del Sol por el meridiano	153
Cálculo de orto y ocaso del Sol	153
Paso del Sol por el meridiano	159
Crepúsculos	159
Tiempo de insolación (o duración del día)	161
3.5. Rotaciones sinódicas y manchas solares	163
Rotaciones sinódicas del Sol	163
Manchas solares	163
3.6. Datos lunares	165
Elementos medios de la órbita para 2023	165

Coordenadas eclípticas verdaderas	165
Distancia	165
Otros datos orbitales	165
Traslación y rotación	166
Datos físicos	166
Datos fotométricos.	167
Distancia, semidiámetro y paralaje horizontal de la Luna . .	167
3.7. Coordenadas topocéntricas de la Luna	169
3.8. Efemérides de la Luna para 2023	170
3.9. Ortos, ocasos y pasos de la Luna por el meridiano.	183
Cálculo del orto y ocaso de la Luna.	183
Paso de la Luna por el meridiano.	186
3.10. Fases de la Luna.	187
3.11. Perigeos y apogeos.	188
Valores extremos en los siglos XX y XXI.	189
4. Planetas y satélites	191
4.1. Datos planetarios.	193
Sistema planetario	193
Elementos orbitales	193
Datos físicos	197
Fórmulas	199
4.2. Efemérides planetarias para el año	200
Brillo.	201
Iluminación	201
Orientación	201
4.3. Ortos, ocasos y pasos de los planetas por el meridiano. . . .	216
Cálculo del orto y ocaso de los planetas.	216
Paso de los planetas por el meridiano.	217
4.4. Situación y apariencia de los planetas	218
Posición heliocéntrica de los planetas.	218
Orientaciones y tamaños de los planetas.	219
Trayectorias de los planetas a lo largo del año	220
4.5. Satélites naturales	222
Nombres de los satélites	222
Elementos orbitales y datos físicos de los satélites	225
Posiciones relativas de los satélites galileanos de Júpiter . .	232
Posiciones relativas de los satélites de Saturno.	238
5. Objetos menores del sistema solar	245
5.1. Estadísticas de objetos menores	247
5.2. Planetas enanos	247
Elementos orbitales y físicos de los planetas enanos	248

Efemérides de los planetas enanos.	251
5.3. Asteroides	256
Asteroides cercanos a la Tierra	259
Efemérides de los asteroides	260
5.4. Cometas	270
Cometas periódicos que pasan por su perihelio	271
Cometas de largo periodo	271
Cometas de corto periodo	272
5.5. Meteoros y lluvias de meteoros.	276
6. Estrellas y galaxias	279
6.1. Constelaciones	281
6.2. Estrellas con nombre propio	290
Estrellas con nombre propio ordenadas por constelación	293
6.3. Estrellas más cercanas	295
6.4. Estrellas con mayor movimiento propio	296
6.5. Estrellas brillantes	297
6.6. Estrellas dobles.	304
6.7. Estrellas variables	306
Variables eruptivas.	306
Variables pulsantes	307
Variables rotantes	307
Variables cataclísmicas	307
Variables eclipsantes	307
Variables emisoras de rayos X.	308
Efemérides β Lyrae, β Persei y estrellas Mira	308
6.8. Estrella Polar	313
Consideraciones previas	313
Predicción de las coordenadas horizontales de la Polar	314
Determinación de la latitud	314
Determinación de la meridiana.	314
Coordenadas Hipparcos y otros parámetros.	315
Posiciones aparentes de la Polar	315
6.9. La Vía Láctea	318
Características de la Vía Láctea	318
Cúmulos estelares	320
Nebulosas	322
Nubes moleculares.	325
Épocas de observación	326
Catálogo Messier de objetos difusos.	326
6.10. Objetos extragalácticos	330
Galaxias.	330
Cuásares y otros objetos lejanos	337

Cúmulos y supercúmulos de galaxias	338
Tabla comparativa de distancias extragalácticas	340
Los objetos más lejanos.	342
7. Datos astronómicos	345
7.1. Magnitud de un astro	347
Relación entre diferencia de magnitud y razón de brillo	347
7.2. Tablas astronómicas.	348
Equivalencias de distancias	348
Constantes físicas y astronómicas	350
Factores de conversión de interés práctico	352
Prefijos del Sistema Internacional de Unidades.	352
7.3. Corrección de las coordenadas por precesión.	352
Cálculo aproximado de la precesión	353
Cálculo riguroso de la precesión	355
7.4. Corrección de las coordenadas por nutación	356
7.5. Corrección de las coordenadas por aberración ánuca	356
7.6. Corrección de refracción atmosférica	357
Fórmula aproximada para la corrección por refracción.	357
7.7. Interpolación	359
Interpolación directa	359
Interpolación inversa	361
7.8. Moléculas en el medio interestelar y circunestelar	363
7.9. Datos físicos, geodésicos y cartográficos de la Tierra	366
Tamaño (IERS 2010).	366
Masa.	366
Atmósfera	367
Rotación	367
Otros parámetros.	367
7.10. Elipsoide de referencia	367
7.11. Posiciones geográficas	370
8. Artículos de divulgación	375
William Herschel: su legado científico y sus grandes telescopios	
Rafael Bachiller	377
Descubriendo nuevas moléculas en el cosmos desde	
el Observatorio de Yebes	
Nuria Marcelino Lluch y Belén Tercero Martínez.	405
Índice alfabético de materias	417



The background of the cover features three large celestial bodies against a starry black sky. On the left is a reddish-orange sphere, likely Mars. In the center and right are two larger, pale yellowish-white spheres, likely the Moon, shown from different perspectives or phases. A horizontal purple-to-white gradient bar is positioned at the top of the image.

CAPÍTULO 1

Fenómenos celestes del año



Recreación digital de las fases de un eclipse lunar. | OAN

1.1. El cielo de 2023

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 $+90^\circ$. La **longitud** está referida al meridiano de Greenwich; se considera **positiva** al **Este** y negativa al Oeste de dicho meridiano, tomando valores entre -180° y $+180^\circ$ o entre -12^h y $+12^h$.

El argumento de algunas de las ecuaciones depende del **día juliano**, el cual se considera referido al meridiano de Greenwich y a la escala de Tiempo Universal. Para este año es válida la relación:

$$\text{día juliano} = 2\,459\,944,5 + \text{día del año} + \text{TU}/24^h$$

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, respect.) y a cuando las duraciones del día y de la noche coinciden, salvo efectos de refracción (equinoccios de primavera y de otoño). El día del mes en que se inicia una determinada estación puede encontrarse, a lo sumo, en cuatro fechas distintas. En la tabla siguiente se indican los inicios de las estaciones más prematuros y más tardíos en este siglo y el anterior.

Fechas extremas de inicio de las estaciones

Siglo	Año	Primavera Marzo	Verano Junio	Otoño Setiembre	Invierno Diciembre
XX (1901-2000)	2000	20 ^d 07 ^h 35 ^m	21 ^d 01 ^h 48 ^m	22 ^d 17 ^h 28 ^m	21 ^d 13 ^h 37 ^m
	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 (2001-2100)	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
	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 2023

Hemisferio boreal	Fecha y hora en Tiempo Universal (TU)	Hemisferio austral	duración en días
Primavera	20 de marzo a las 21 ^h 24 ^m	Otoño	92,73
Verano	21 de junio a las 14 ^h 58 ^m	Invierno	93,66
Otoño	23 de setiembre a las 06 ^h 50 ^m	Primavera	89,86
Invierno	22 de diciembre a las 03 ^h 27 ^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 2023

Perihelio (distan. mínima)	4 de enero a las 16 ^h TU	0,983295 ua
Afelio (distan. máxima)	6 de julio a las 19 ^h TU	1,016681 ua

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 2023

Luna nueva		Cuarto crec.		Luna llena		Cuarto meng.	
<i>mes</i>	<i>día h m</i>	<i>mes</i>	<i>día h m</i>	<i>mes</i>	<i>día h m</i>	<i>mes</i>	<i>día h m</i>
Ene	21 20 53	Ene	28 15 19	Ene	06 23 08	Ene	15 02 10
Feb	20 07 06	Feb	27 08 06	Feb	05 18 29	Feb	13 16 01
Mar	21 17 23	Mar	29 02 32	Mar	07 12 40	Mar	15 02 08
Abr	20 04 13	Abr	27 21 20	Abr	06 04 35	Abr	13 09 11
May	19 15 53	May	27 15 22	May	05 17 34	May	12 14 28
Jun	18 04 37	Jun	26 07 50	Jun	04 03 42	Jun	10 19 31
Jul	17 18 32	Jul	26 07 50	Jul	03 11 39	Jul	10 01 48
Ago	16 09 38	Ago	25 22 07	Ago	01 18 32	Ago	08 10 28
Set	15 01 40	Ago	24 09 57	Ago	31 01 36	Set	06 22 21
Oct	14 17 55	Set	22 19 32	Set	29 09 58	Oct	06 13 48
Nov	13 09 27	Oct	22 03 29	Oct	28 20 24	Nov	05 08 37
Dic	12 23 32	Nov	20 10 50	Nov	27 09 16	Dic	05 05 49
		Dic	19 18 39	Dic	27 00 33		

Eclipses

En un año se producen entre 4 y 7 eclipses, incluyendo los de Sol y los de Luna. En cada año hay al menos dos eclipses de cada tipo. Normalmente un eclipse de Sol y uno de Luna se acompañan, es decir uno se produce media lunación después que el otro. A lo largo de este siglo se producirán 223 eclipses solares, 68 de ellos serán totales, 72 anulares, 7 mixtos (anular/total) y 76 de penumbra (parciales). Asimismo, habrá 230 eclipses lunares, 85 de ellos totales, 58 parciales y 87 penumbrales.

Eclipses 2023

Fecha	Astro	Tipo	Visibilidad
Abr 20	Sol	mixto	Sudeste de Asia, Oceanía y Pacífico
May 05	Luna	penumbral	África, Asia y Australia
Oct 14	Sol	anular	América
Oct 28	Luna	parcial	E. América, Europa, África, Asia y Australia

El eclipse solar del 14 de octubre será visible, débilmente, como parcial en las islas Canarias más occidentales.

El eclipse parcial de Luna del 28 de octubre será visible en España.

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	30	25°0	Abr	11	19°5	May	29	24°9	Ago	10	27°4
Set	22	17°9	Dic	4	21°1						

Órbita		Brillo máximo (magnitud V)		
Conjunción inferior	Ene 7, May 1, Set 6, Dic 22	Mar	18	-2,0
Estacionario	Ene 18, May 14, Set 15	Jul	1	-2,3
Conjunción superior	Mar 17, Jul 1, Oct 20	Oct	19	-1,6
Estacionario	Abr 21, Ago 23, Dic 13			
Perihelio	Ene 2, Mar 31, Jun 27, Set 23, Dic 20			
Afelio	Feb 15, May 14, Ago 10, Nov 6			

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

Venus

Órbita		Brillo máximo (magnitud V)			
Máxima elongación Este	Jun 4	45°4			
Estacionario	Jul 20		Jul 12	-4,7	
Máximo acercamiento a la Tierra	Ago 13	0,28871 ua	Set	14	-4,8
Conjunción inferior	Ago 13	0,266 ua			
Estacionario	Set 3				
Máxima elongación Oeste	Oct 23	46°4			
Perihelio	Abr 17, Nov 28				
Afelio	Ago 7				

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

Marte

Órbita		Brillo máximo (magnitud V)		
Estacionario	Ene 12			
Afelio	May 30	1,666 ua	A principios de año	
En nodo descendente	Nov 6			
Conjunción	Nov 18			
Estaciones en el hemisferio Norte:				
Solsticio de verano	Jul 12			

Planetas exteriores

Planeta	Estacionario	Conjunción	Estacionario	Oposición	Estacionario
Júpiter		Abr 11 ^d 22 ^h	Set 04 ^d 21 ^h	Nov 03 ^d 04 ^h	
Saturno		Feb 16 ^d 17 ^h	Jun 18 ^d 15 ^h	Ago 27 ^d 08 ^h	Nov 04 ^d 17 ^h
Urano	Ene 23 ^d 03 ^h	May 09 ^d 20 ^h	Ago 29 ^d 03 ^h	Nov 13 ^d 17 ^h	
Neptuno		Mar 16 ^d 00 ^h	Jul 01 ^d 14 ^h	Set 19 ^d 11 ^h	Dic 06 ^d 24 ^h

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

El 13 de enero se producirá el paso, de sur a norte, de Júpiter por el Ecuador Celeste, en ese momento su declinación será de 0°. El 20 pasará por el perihelio de su órbita, siendo su distancia al Sol de 4,95 ua.

Los días 27 de agosto y 1 de noviembre se producirán los máximos acercamientos anuales de Saturno y Júpiter a la Tierra, alcanzando unos diámetros de 19",0 y 49",4, respectivamente.

Marte será ocultado por el Sol en su conjunción superior del día 18 de noviembre.

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 2023 de 9°.

Entrada del Sol en los signos del zodiaco

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

Entrada del Sol en los signos del zodiaco (TU)

Acuario	Ene	20 ^d	08 ^h	30 ^m	Leo	Jul	23 ^d	01 ^h	51 ^m
Piscis	Feb	18 ^d	22 ^h	35 ^m	Virgo	Ago	23 ^d	09 ^h	02 ^m
Aries	Mar	20 ^d	21 ^h	25 ^m	Libra	Set	23 ^d	06 ^h	50 ^m
Tauro	Abr	20 ^d	08 ^h	14 ^m	Escorpio	Oct	23 ^d	16 ^h	21 ^m
Géminis	May	21 ^d	07 ^h	09 ^m	Sagitario	Nov	22 ^d	14 ^h	03 ^m
Cáncer	Jun	21 ^d	14 ^h	58 ^m	Capricornio	Dic	22 ^d	03 ^h	28 ^m

1.2. Visibilidad de los planetas en 2023

Planeta	En el crepúsculo matutino	En el crepúsculo vespertino
Mercurio	–	Ene 1 – Ene 2
	Ene 13 – Feb 28	Mar 26 – Abr 24
	May 19 – Jun 24	Jul 9 – Ago 21
	Set 14 – Oct 9	Nov 15 – Dic 17
Venus	–	Ene 1 – Jul 22
	Ago 19 – Dic 31	–
Marte	–	Ene 1 – Oct 1
Júpiter	–	Ene 1 – Mar 29
	Abr 29 – Nov 4	Oct 28 – Dic 31
Saturno	–	Ene 1 – Feb 2
	Mar 9 – Set 1	Ago 16 – Dic 31
Urano	–	Ene 1 – Abr 12
	Jun 15 – Nov 19	Nov 5 – Dic 31

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

En las dos figuras de la página siguiente se representa la altura sobre el horizonte de cada uno de los planetas visibles, en el instante de los crepúsculos civiles, para los diversos meses del año y a la latitud de Madrid. Se dice que el crepúsculo civil empieza o acaba cuando el centro del disco solar se encuentra 6° 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.

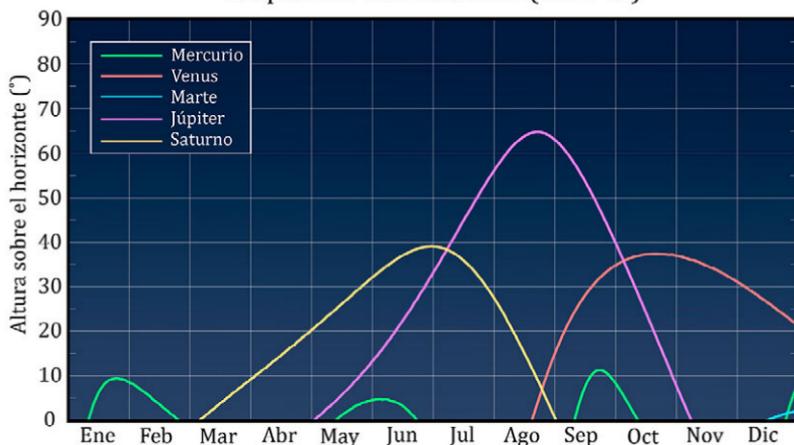
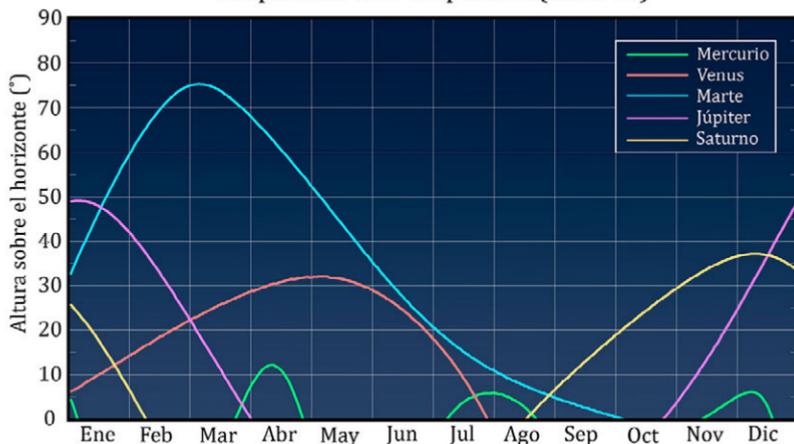
En el año 2023 Mercurio será visible en diversas ocasiones antes de amanecer, como se indica en la tabla y en las ilustraciones siguientes. El brillo es mayor hacia el final de cada uno de los periodos, lo que hace más favorable la observación. Será también visible en varias épocas en el crepúsculo vespertino, siendo su brillo mayor al principio de cada periodo.

Venus se verá como lucero vespertino desde primeros de año hasta agosto, alcanzando brillo máximo a mediados de julio (magnitud $-4,7$). Y como lucero matutino desde mediados de agosto hasta finales de año, con brillo máximo a mediados de setiembre (magnitud $-4,8$).

Marte será visible al atardecer desde primeros de año hasta octubre, con máximo brillo a primeros de año. No será visible al amanecer.

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

Saturno será visible al atardecer durante enero. Se verá al amanecer desde marzo a mediados de agosto, momento en que será visible toda la noche. Pasará a ser visible solo al atardecer de setiembre a finales de año. La inclinación media de sus anillos será de 9° .

Crepúsculo civil matutino (Sol a -6°)Crepúsculo civil vespertino (Sol a -6°)

Visibilidad de los planetas mes a mes

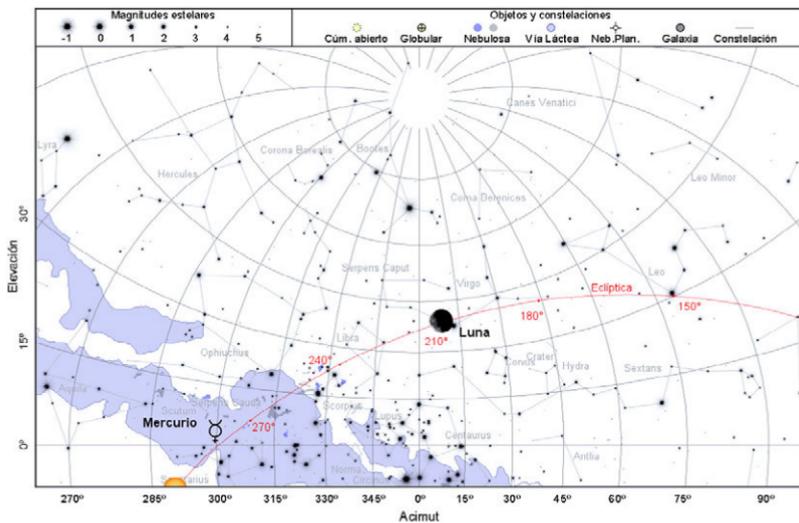
Enero	Al amanecer será visible, desde mediados de mes, Mercurio. Al atardecer serán visibles Venus, Marte, Júpiter, Saturno y Urano.
Febrero	Al amanecer será visible Mercurio. Venus, Marte, Júpiter y Urano serán visibles al atardecer.
Marzo	Saturno será visible al amanecer, Venus, Marte, Júpiter y Urano al atardecer.
Abril	Saturno continuará siendo el lucero matutino y Mercurio, Venus, Marte y, hasta mediados de mes, Urano serán los vespertinos.
Mayo	Al amanecer serán visibles Júpiter, Saturno y, desde mediados de mes, Mercurio. Al atardecer serán visibles Venus y Marte.
Junio	Mercurio, Júpiter y Saturno serán visibles al amanecer y Marte y Venus al atardecer.
Julio	Júpiter, Saturno y Urano serán visibles al amanecer. Marte y, hasta mediados de mes, Venus serán visibles al atardecer.
Agosto	Júpiter, Saturno, Urano y, desde mediados de mes, Venus serán visibles al amanecer. Al atardecer se verán Marte, Mercurio y Saturno, visible durante toda la noche en la segunda quincena.
Septiembre	Serán visibles al amanecer Venus, Júpiter, Urano y, desde mediados de mes Mercurio. Marte y Saturno serán visibles al atardecer.
Octubre	Venus, Júpiter, Urano y, hasta mediados de mes Mercurio se verán al amanecer. Júpiter pasará a ser visible durante toda la noche a finales del mes y Saturno será visible al atardecer.
Noviembre	Venus y, desde mediados de mes, Urano se verán al amanecer. Júpiter comenzará el mes siendo visible toda la noche, pasando a ser visible solo al atardecer junto a Saturno y Mercurio.
Diciembre	Venus será visible al amanecer y Júpiter, Saturno y, hasta mediados de mes, Mercurio al atardecer.

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

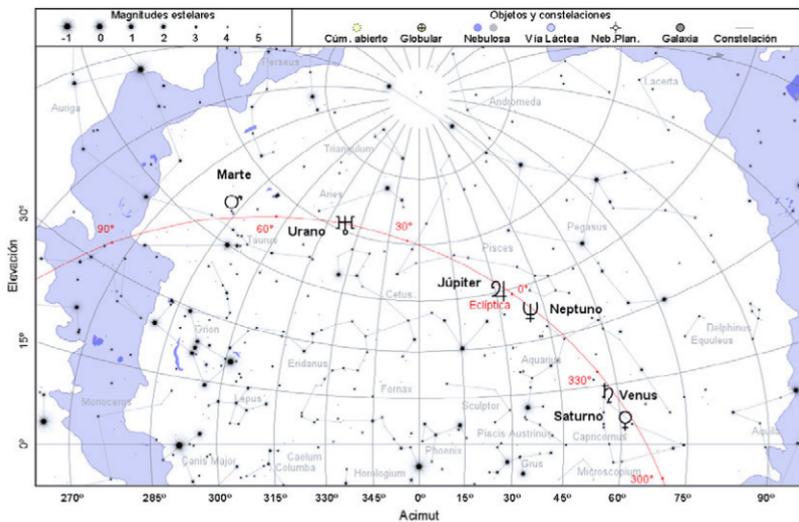
En las páginas siguientes se muestra el aspecto del cielo nocturno meridional en Madrid para el día 15 de cada mes, con indicación de la posición de los planetas visibles a la hora indicada. Esta corresponde a aproximadamente una hora antes de la salida del Sol o una hora después de la puesta del Sol,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

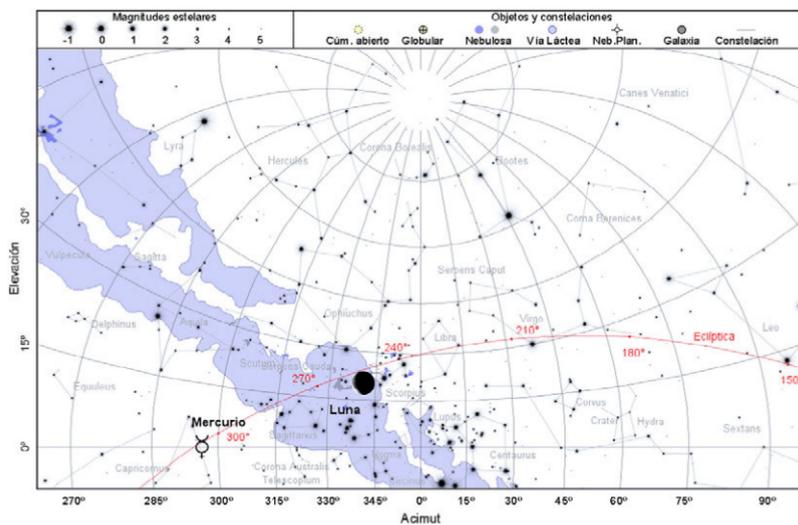
15 de enero de 2023, a las 6:45 TU



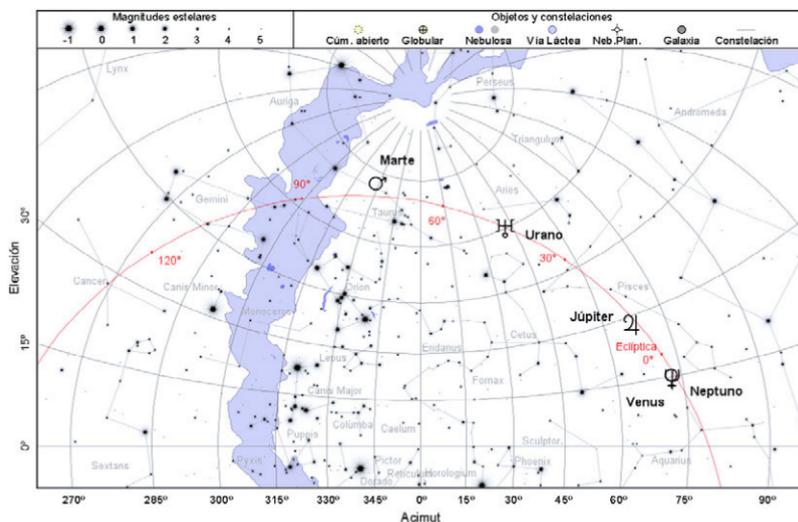
15 de enero de 2023, a las 18:15 TU



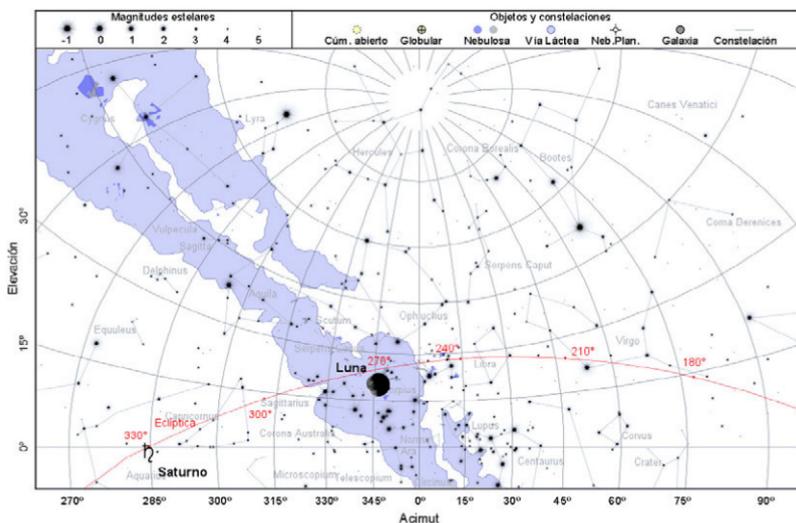
15 de febrero de 2023, a las 6:15 TU



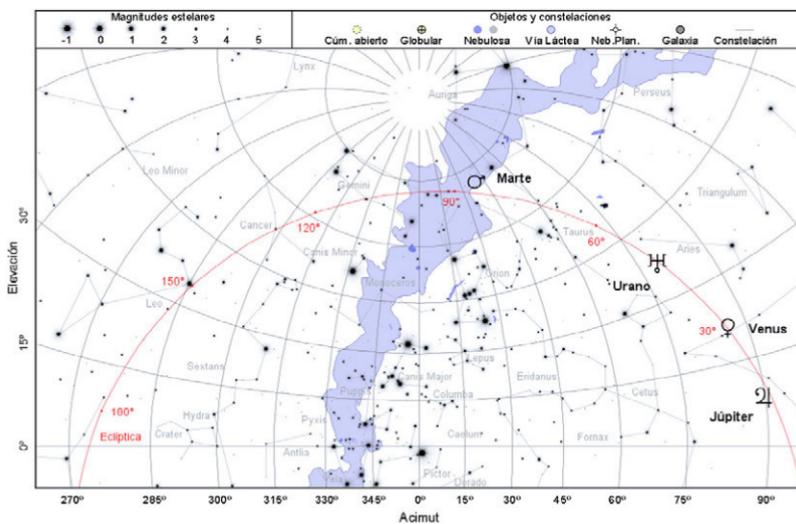
15 de febrero de 2023, a las 18:45 TU



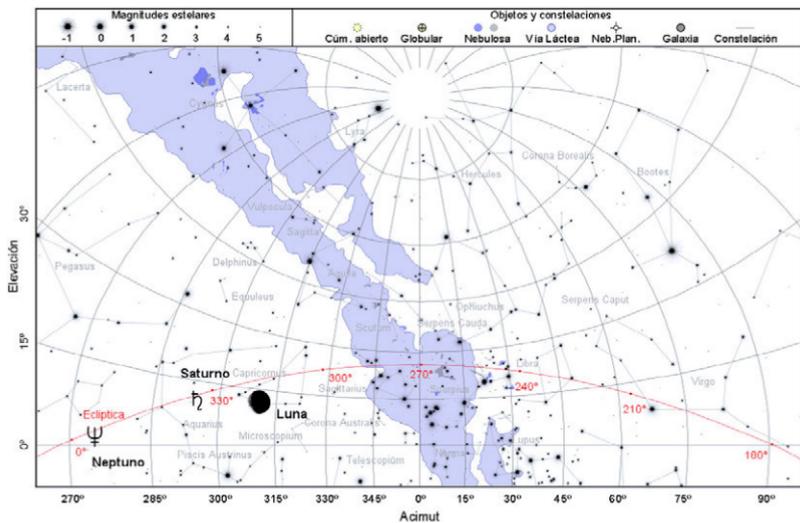
15 de marzo de 2023, a las 5:30 TU



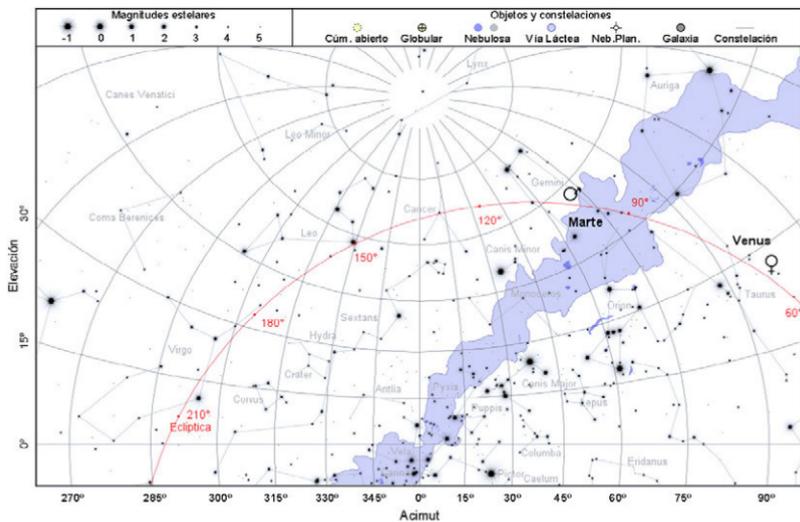
15 de marzo de 2023, a las 19:15 TU



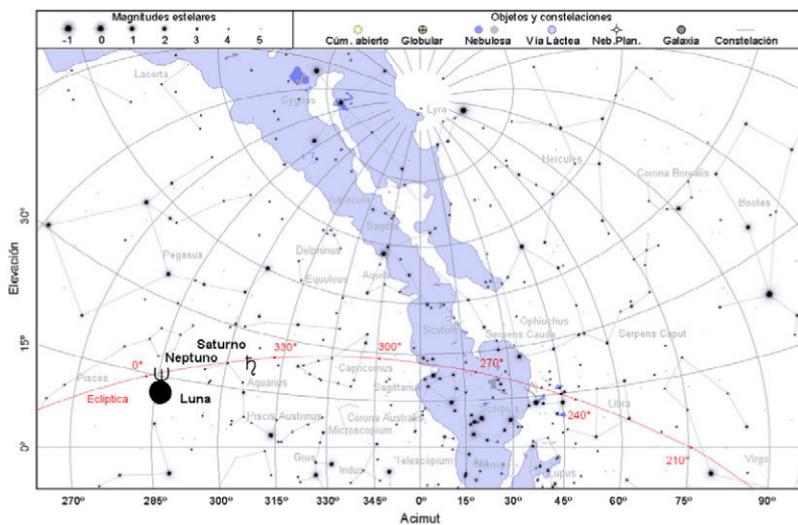
15 de abril de 2023, a las 4:45 TU



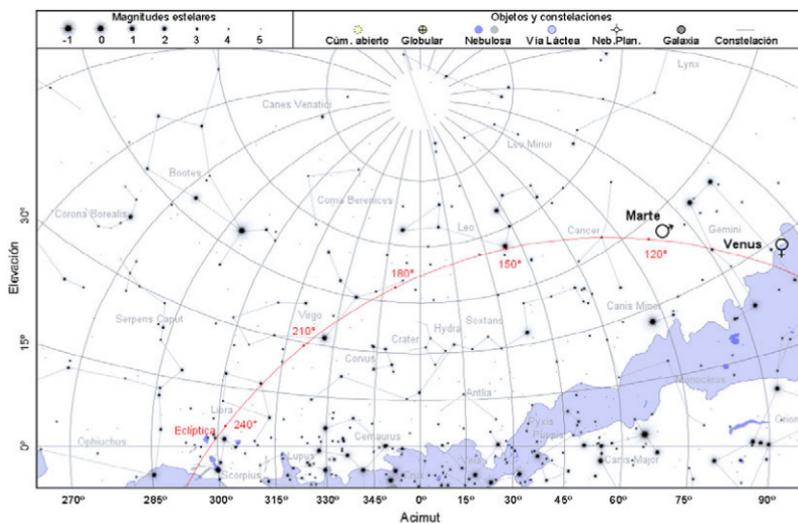
15 de abril de 2023, a las 19:45 TU



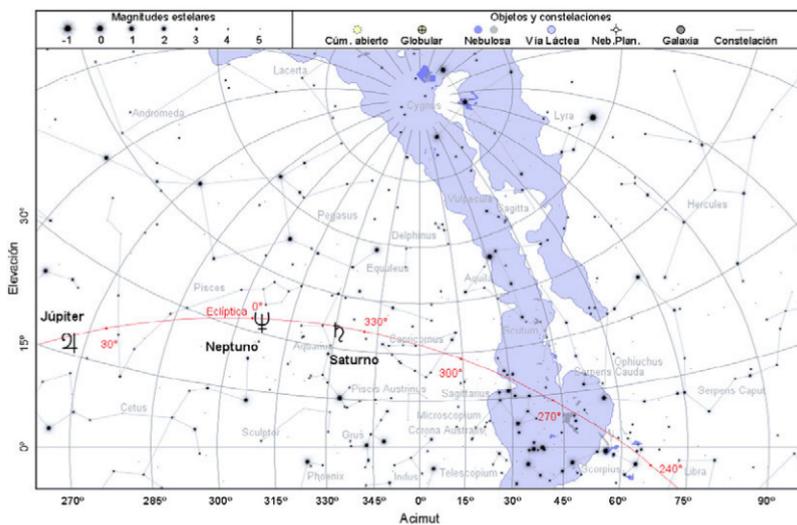
15 de mayo de 2023, a las 4:00 TU



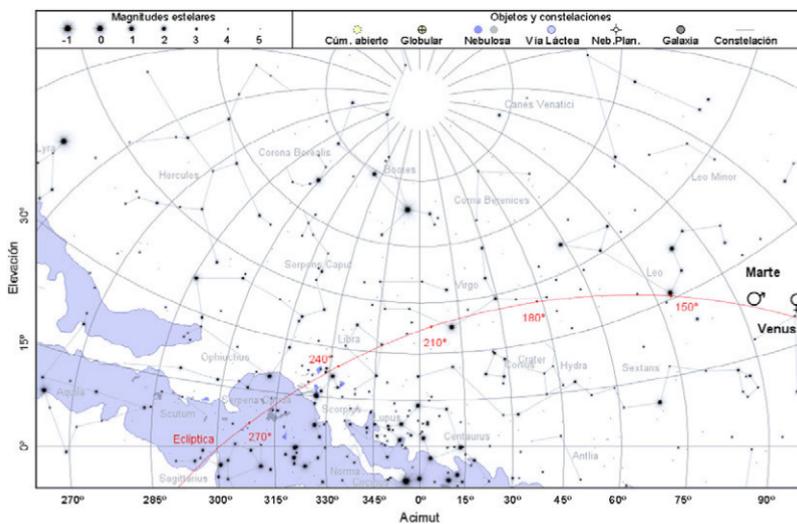
15 de mayo de 2023, a las 20:15 TU



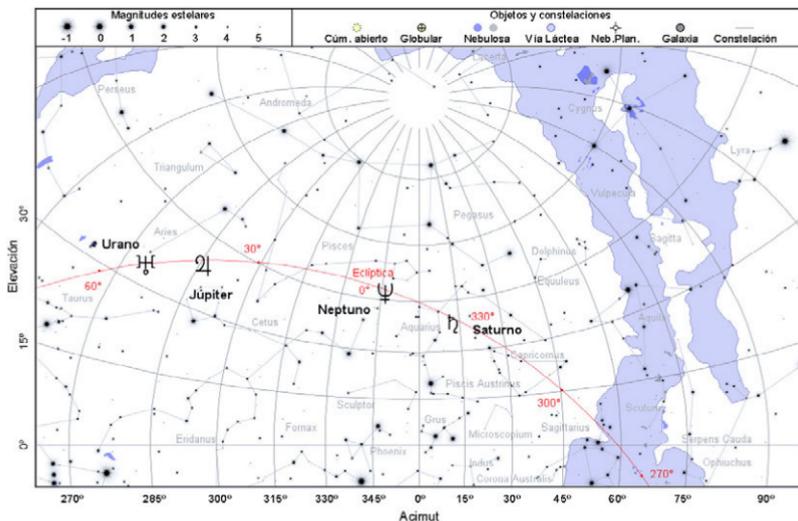
15 de junio de 2023, a las 3:45 TU



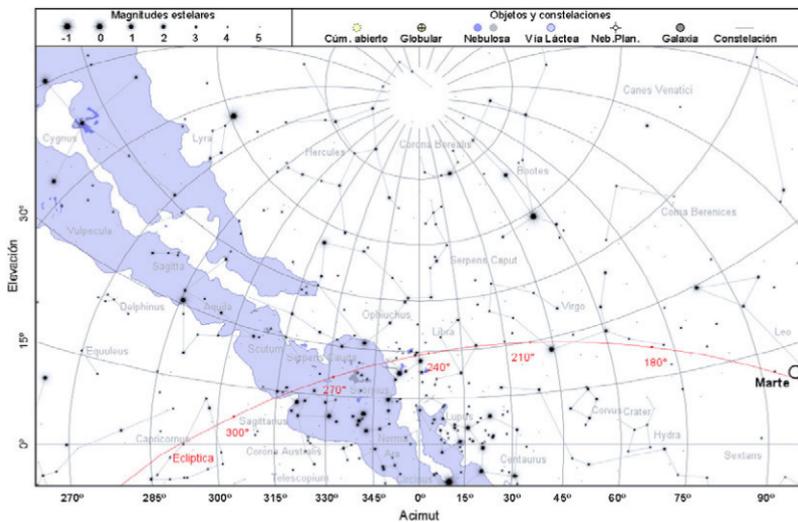
15 de junio de 2023, a las 20:45 TU



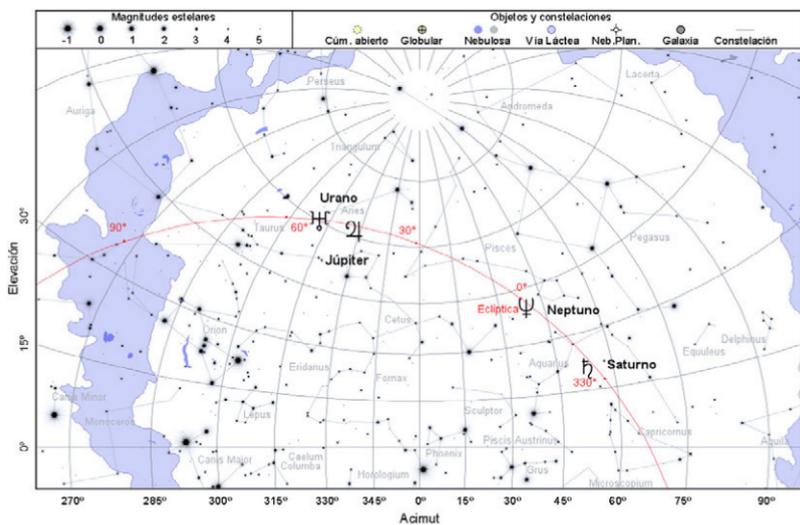
15 de julio de 2023, a las 4:00 TU



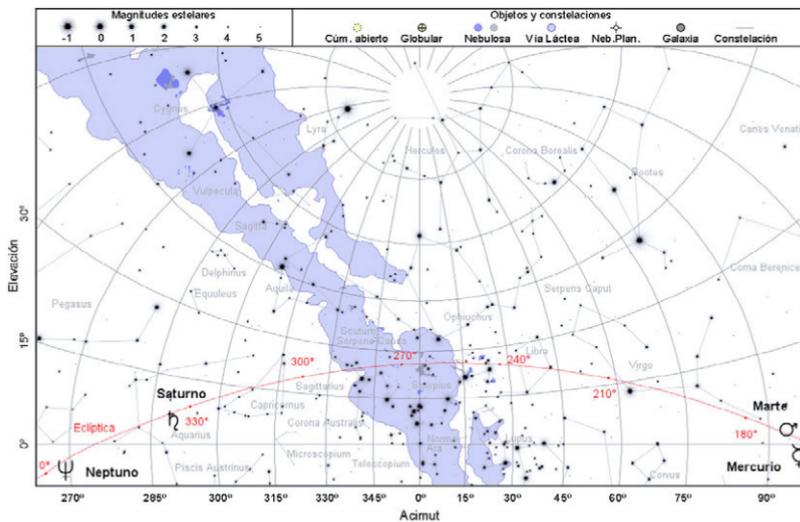
15 de julio de 2023, a las 20:45 TU



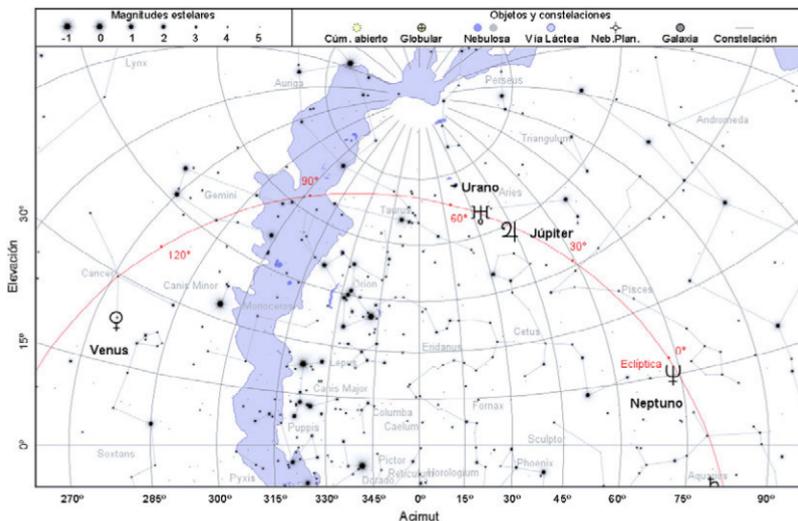
15 de agosto de 2023, a las 4:30 TU



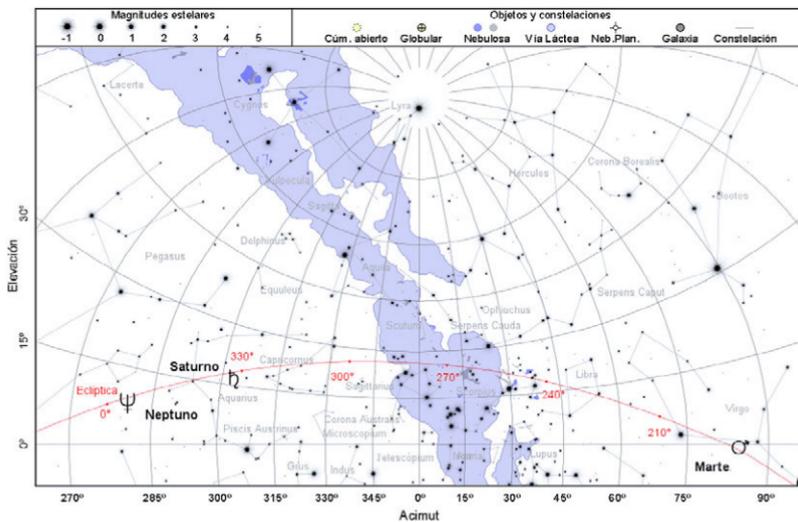
15 de agosto de 2023, a las 20:15 TU



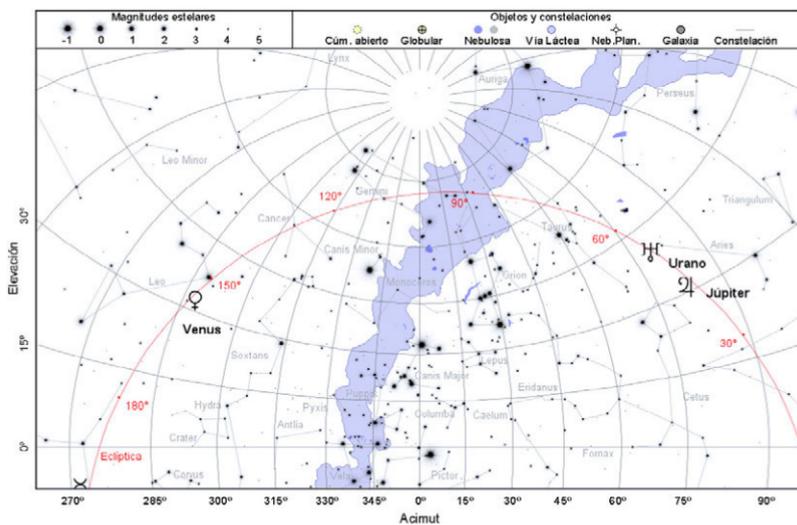
15 de setiembre de 2023, a las 5:00 TU



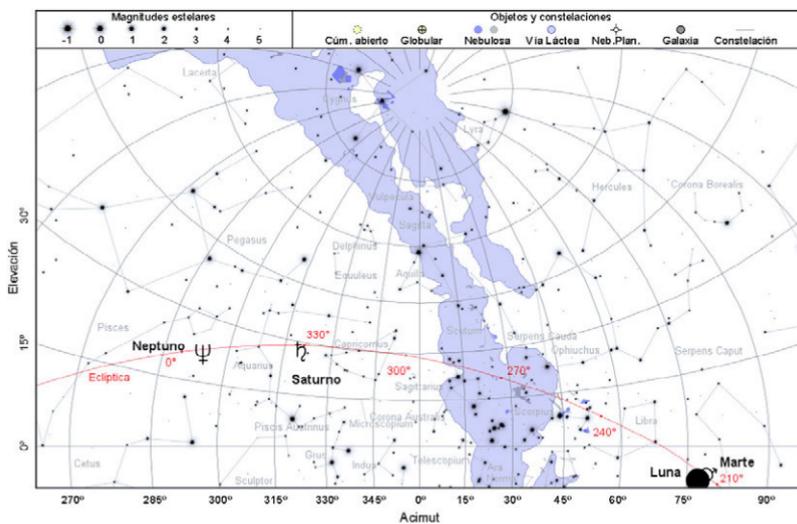
15 de setiembre de 2023, a las 19:15 TU



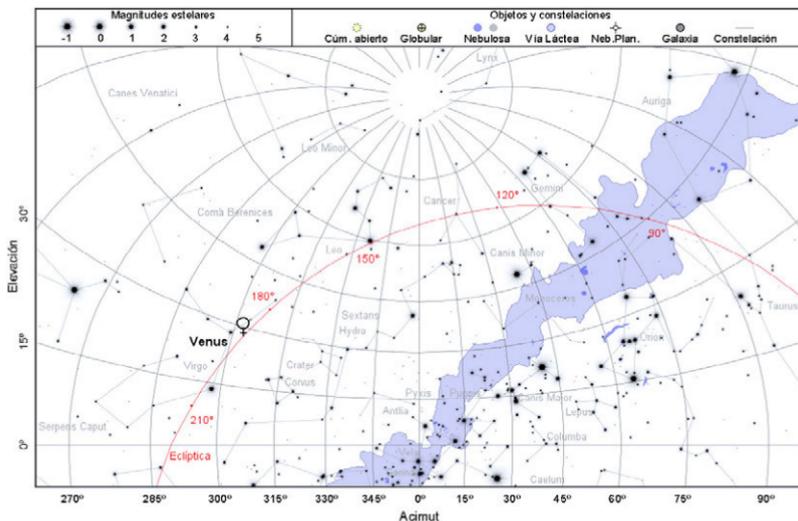
15 de octubre de 2023, a las 5:30 TU



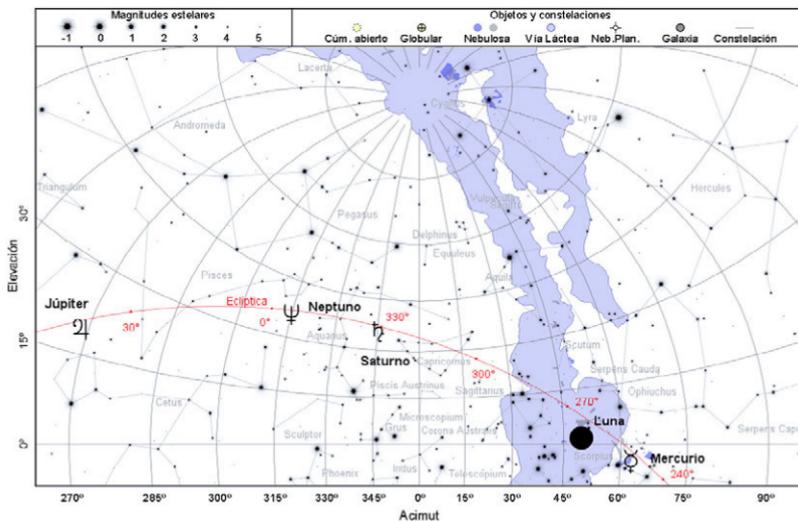
15 de octubre de 2023, a las 18:30 TU



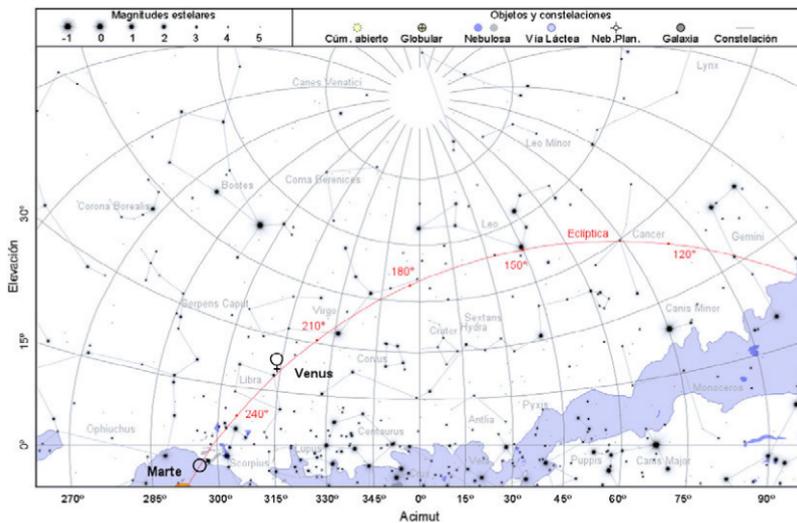
15 de noviembre de 2023, a las 6:00 TU



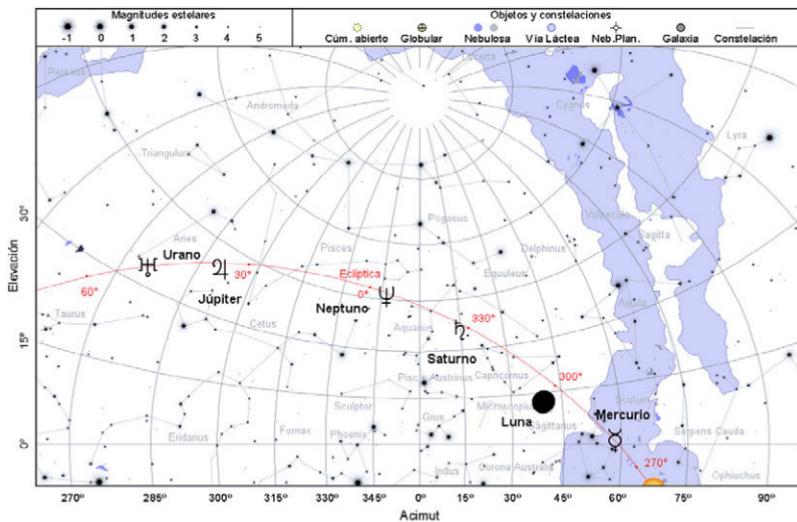
15 de noviembre de 2023, a las 18:00 TU



15 de diciembre de 2023, a las 6:30 TU



15 de diciembre de 2023, a las 17:45 TU



1.3. Ocultaciones por la Luna o el Sol en 2023

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

Mercurio es ocultado por la Luna: Oct 14

Venus es ocultado por la Luna: Mar 24, Nov 9

Marte es ocultado por la Luna: Ene 3, Ene 31, Feb 28, Set 16, Oct 15

Júpiter es ocultado por la Luna: Feb 22, Mar 22, Abr 19, May 17

Urano es ocultado por la Luna: Ene 1, Ene 29, Feb 25

Neptuno es ocultado por la Luna: Set 1, Set 28, Dic 19

Durante el año 2023 darán comienzo o terminarán varias series de ocultaciones de planetas por la Luna: la serie de ocultaciones de Júpiter comenzará el 22 de febrero y terminará el 17 de mayo de 2023, la serie de ocultaciones de Urano que comenzó el 7 de febrero de 2022 terminará el 25 de febrero de 2023 y la serie de ocultaciones de Neptuno que comenzará el 1 de setiembre de 2023 terminará el 1 de febrero de 2025.

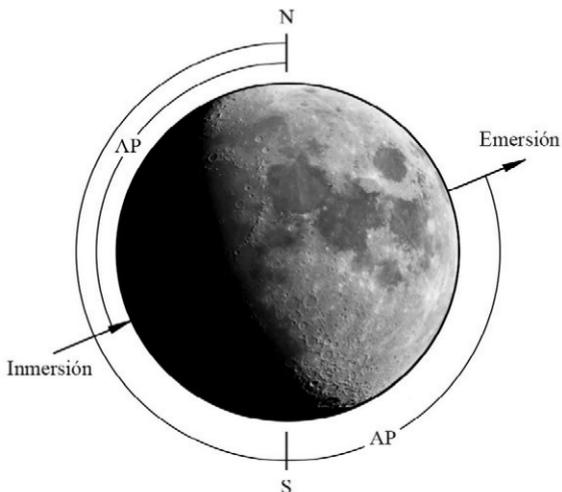
Ninguna de las ocultaciones anteriores será visible desde Madrid. La ocultación de Venus del 9 de noviembre será visible, durante el día, en el extremo noreste peninsular y las islas Baleares. En la siguiente tabla se muestran los datos de la ocultación para Barcelona.

Ocultación de **Venus** en Barcelona

Fase	TU	A.P.	borde ↓	altura
9 de noviembre:				
Inmersión	10 ^h 17 ^m ;8	213°	iluminado	44°
Emersión	11 ^h 05 ^m ;7	227°	oscuro	38°

En el momento de la ocultación, faltarán 4 días para el novilunio y la Luna estará iluminada en un 15%. Venus desaparecerá detrás del lado iluminado de la Luna y reaparecerá por el lado no iluminado de la Luna.

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



Ocultaciones de planetas por el Sol

Marte será ocultado por el Sol durante los días 17, 18 y 19 de noviembre. El primer contacto se producirá el día 17 a las 9^h59^m9 TU, la distancia mínima de 6,3 se dará el día 18 a las 5^h23^m0 y el último contacto será el día 19 a las 0^h48^m4.

Ocultaciones de grandes asteroides por la Luna

Metis es ocultado por la Luna:	Ene 23, Feb 21, Dic 26
Astraea es ocultado por la Luna:	Ene 25
Hebe es ocultado por la Luna:	Jun 22, Jul 20
Flora es ocultado por la Luna:	Jul 7
Iris es ocultado por la Luna:	Ago 22, Set 19
Palas es ocultado por la Luna:	Ago 18

Ninguna de estas ocultaciones será visible desde Madrid.

Ocultaciones de estrellas brillantes por la Luna

El 25 de agosto se producirá la primera ocultación de Antares desde el 7 de febrero de 2010, y dará comienzo a una serie de ocultaciones que terminará el 27 de agosto de 2028.

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

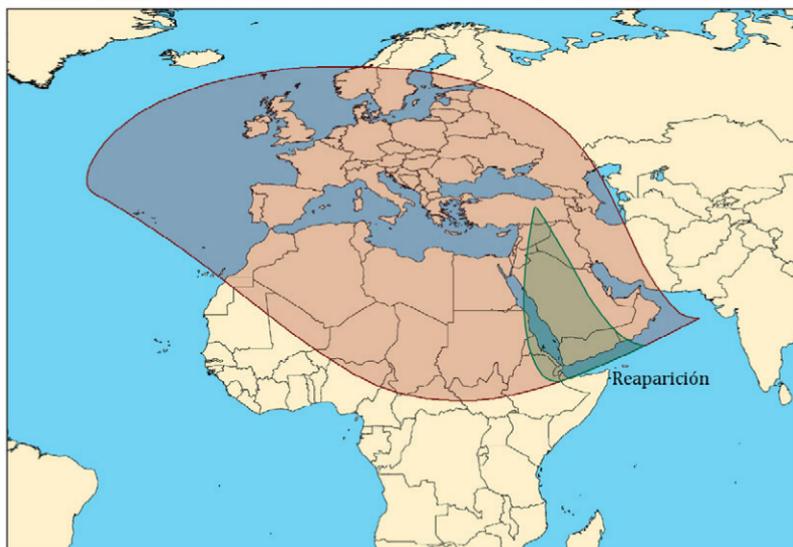
Ago 25	Set 21	Oct 18*	Nov 14	Dic 12
--------	--------	---------	--------	--------

Ocultación de **Antares** en Madrid

Fase	TU	A.P.	borde (altura	A	B
18 de octubre:						
Inmersión	12 ^h 45 ^m ,2	125°	oscuro	16°	1,1 ^m /°	0,3 ^m /°
Emersión	14 ^h 02 ^m ,4	280°	iluminado	22°	1,9 ^m /°	0,2 ^m /°

La ocultación de Antares del 18 de octubre será visible en toda España durante el día. En el momento de la ocultación, habrán pasado 4 días desde el novilunio y la Luna estará iluminada en un 15%. Antares desaparecerá detrás del lado no iluminado de la Luna y reaparecerá por el lado iluminado de la Luna.

Visibilidad de la ocultación de Antares el día 18 de octubre de 2023



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

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

σ Sco, NZC 2349, (V = 2, 9)

Abr 10*

η Vir, NZC 1772, (V = 3, 89)

Jul 23*, Oct 13*

Las ocultaciones precedentes son visibles en Madrid. Por tratarse de estrellas de magnitud cercana a 4 solo se indica el fenómeno (inmersión o emersión) que tiene lugar por el borde oscuro de la Luna. Las ocultaciones del 23 de julio y del 13 de octubre se producirán durante el día.

Características de la ocultación de otras estrellas brillantes

Fase	TU	A.P.	borde	altura	A	B
Abril 10: σ Sco, ($V = 2,9$)						
Emersión	3 ^h 20 ^m ,0	224°	oscuro	24°	3,5 ^m /°	1,8 ^m /°
Julio 23: η Vir, ($V = 3,89$)						
Inmersión	15 ^h 22 ^m ,2	202°	oscuro	46°	-1,8 ^m /°	-5,4 ^m /°
Octubre 13: η Vir, ($V = 3,89$)						
Emersión	10 ^h 21 ^m ,5	307°	oscuro	47°	1,6 ^m /°	-0,9 ^m /°

Características de las ocultaciones fuera de Madrid

Las tablas precedentes dan los tiempos de inmersión y emersión del astro para un observador situado en Madrid. Los instantes de inmersión o emersión para un lugar situado $\Delta\lambda$ grados al Este y $\Delta\phi$ grados al Norte de Madrid se pueden determinar de una forma aproximada, usando los parámetros indicados en tales tablas, realizando un simple cálculo:

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

Para un observador situado al Oeste de Madrid $\Delta\lambda$ será negativo; para un observador situado al Sur $\Delta\phi$ será negativo.

Ejemplo: Para calcular el tiempo de inmersión de Antares en su ocultación del 18 de octubre para un observador situado en Barcelona se procede como sigue:

$$\Delta\lambda = \lambda_{Barcelona} - \lambda_{Madrid} = (2^{\circ},2) - (-3^{\circ},7) = 5^{\circ},9$$

$$\Delta\phi = \phi_{Barcelona} - \phi_{Madrid} = 41^{\circ},4 - 40^{\circ},4 = 1^{\circ},0$$

Emersión:

$$\begin{aligned} TU &= 12 \text{ h } 45,2 \text{ min} + (1,1) \text{ min}/^{\circ} \times (5,9^{\circ}) + (0,3) \text{ min}/^{\circ} \times (1,0^{\circ}) \\ &= 12 \text{ h } 52,0 \text{ min} \end{aligned}$$

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

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 0° y 180° , respectivamente), estacionariedad de los planetas (la variación de su asc. recta se invierte),
- conjunciones entre planetas (coincidencia de sus ascensiones rectas), conjunción de los planetas con grandes asteroides y estrellas brillantes, conjunción y oposición de grandes asteroides con el Sol, y estacionariedad.

Se incluyen también los pasos de la Luna a menos de 8° de los planetas, a menos de 3° de los mayores asteroides y a menos de $1,3$ 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.

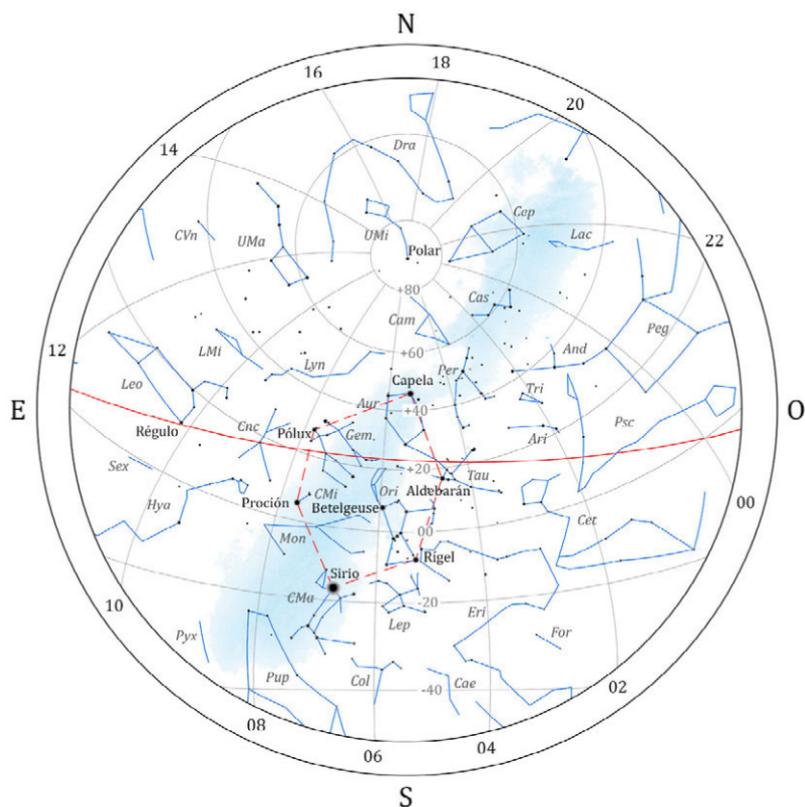
Se incluye para cada mes un mapa celeste que representa el aspecto del cielo, proyectado sobre un plano, tal como lo vería tras anoecer a mediados de mes un observador situado en la península. En tales mapas se han representado las estrellas más significativas de las constelaciones, así como trazos que 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 2023

- 1 La Luna 0°7 al N de Urano (Ocultación)
- 1 Mercurio en perihelio
- 2 Victoria en oposición
- 3 La Luna 0°6 al S de Marte (Ocultación)
- 3 Máximo de las Cuadrántidas
- 3 Melpomene en conjunción con el Sol
- 4 Tierra en el perihelio
- 6 Luna llena (día 7 hora oficial)
- 7 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
- 8 Luna en apogeo
- 8 Palas en oposición
- 9 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
- 12 Marte estacionario en ascensión recta
- 15 Astraea 2° al S de Neptuno
- 15 Cuarto menguante
- 16 La Luna 0°7 al S de Zuben el Genubi (Ocultación)
- 18 Mercurio estacionario en ascensión recta
- 20 La Luna 0°8 al S de Nunki (Ocultación)
- 20 La Luna 7° al S de Mercurio
- 21 Luna nueva y en perigeo
- 22 Venus 0°4 al S de Saturno
- 23 La Luna 3° al S de Venus y 4° al S de Saturno
- 23 Metis 0°5 al N de la Luna (Ocultación)
- 23 Urano estacionario en ascensión recta
- 25 Astraea 0°0 al S de la Luna (Ocultación)
- 25 La Luna 3° al S de Neptuno
- 25 Vesta 3° al S de la Luna
- 26 Hebe en oposición
- 26 La Luna 2° al S de Júpiter
- 27 Amphitrite en conjunción con el Sol
- 28 Cuarto creciente
- 28 Mercurio 5° al N de Nunki
- 29 La Luna 0°9 al N de Urano (Ocultación)
- 30 Máxima elongación Oeste de Mercurio (25°0)
- 31 La Luna 0°2 al S de Marte (Ocultación)

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta		Declin.		Magnitud
	(^h)	(^m)	(^o)	(['])	
Mercurio	18	38,6	-19	50	1,3
Venus	21	11,4	-17	52	-3,8
Marte	4	23,6	24	28	-0,8
Júpiter	0	13,4	0	7	-2,1
Saturno	21	46,5	-14	44	0,8



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

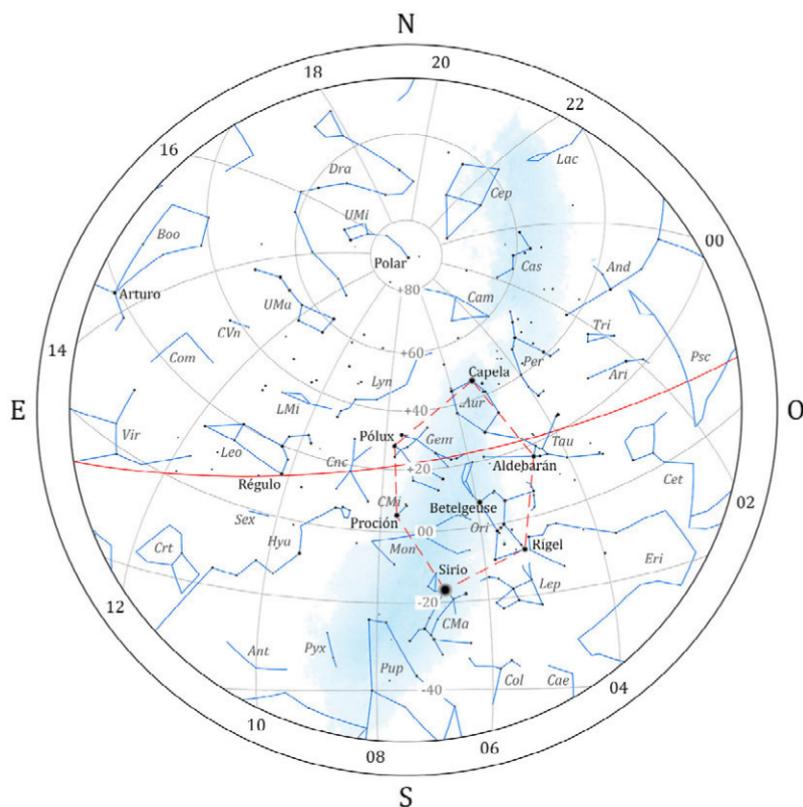
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En línea discontinua roja se muestra el asterismo del hexágono de invierno. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Febrero 2023

- 2 Hygiea 0°6 al S de Mercurio
- 2 Metis 3° al S de Venus
- 4 Luna en apogeo
- 5 Luna llena
- 5 Marte 8° al N de Aldebarán
- 8 Ceres estacionario en ascensión recta
- 12 La Luna 1°2 al S de Zuben el Genubi (Ocultación)
- 12 Palas estacionario en ascensión recta
- 13 Cuarto menguante
- 15 Mercurio en afelio
- 15 Venus 0°0 al S de Neptuno
- 16 Saturno en conjunción con el Sol
- 17 La Luna 1°1 al S de Nunki (Ocultación)
- 18 La Luna 3° al S de Mercurio
- 19 Irene en conjunción con el Sol
- 19 Luna en perigeo
- 20 Luna nueva
- 21 La Luna 2° al S de Neptuno
- 21 Metis 0°1 al S de la Luna (Ocultación)
- 22 La Luna 1°1 al S de Júpiter (Ocultación)
- 25 La Luna 1°1 al N de Urano (Ocultación)
- 27 Astraea 3° al S de Venus
- 27 Cuarto creciente
- 27 Harmonia en oposición
- 28 La Luna 1°0 al N de Marte (Ocultación)

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta		Declin.		Magnitud
	(^h)	(^m)	(^o)	(['])	
Mercurio	20	30,5	-20	12	-0,1
Venus	23	37,8	-3	43	-3,8
Marte	4	49,4	25	2	0,1
Júpiter	0	34,3	2	27	-2,0
Saturno	22	0,7	-13	31	0,8



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

31 de Enero a las 23h de TU

15 de Febrero a las 22h de TU

2 de Marzo a las 21 h de TU

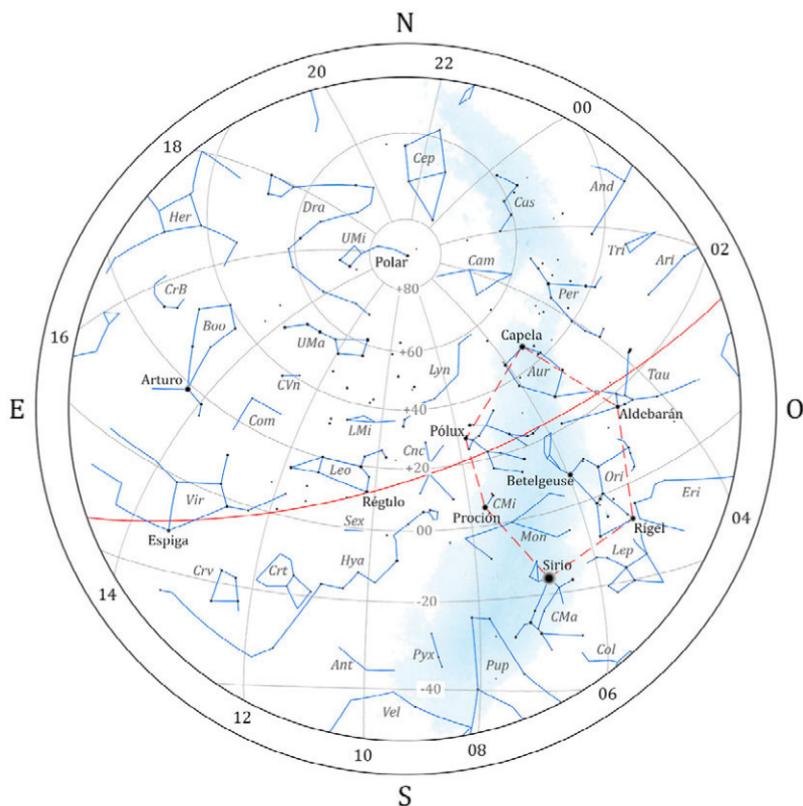
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En línea discontinua roja se muestra el asterismo del hexágono de invierno. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Marzo 2023

- 2 Venus 0°5 al N de Júpiter
- 3 Luna en apogeo
- 7 Luna llena
- 9 Marte 3° al S de Elnath
- 15 Astraea 3° al S de Júpiter
- 15 Cuarto menguante
- 16 La Luna 1°1 al S de Nunki (Ocultación)
- 16 Neptuno en conjunción con el Sol
- 17 Mercurio en conjunción superior con el Sol
- 18 Brillo máximo de Mercurio
- 19 La Luna 3° al S de Saturno
- 19 Luna en perigeo
- 20 Inicio de la primavera en el hemisferio boreal
- 21 Ceres en oposición
- 21 Luna nueva
- 21 Metis en conjunción con el Sol
- 22 Astraea 2° al S de la Luna
- 22 La Luna 0°6 al S de Júpiter (Ocultación)
- 24 La Luna 0°2 al S de Venus (Ocultación)
- 25 La Luna 1°4 al N de Urano
- 28 La Luna 2° al N de Marte
- 28 Mercurio 1° al N de Júpiter
- 29 Cuarto creciente
- 31 Luna en apogeo
- 31 Mercurio en perihelio
- 31 Venus 1°3 al N de Urano

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta		Declin.		Magnitud
	(^h)	(^m)	([°])	(['])	
Mercurio	23	32,7	- 4	49	-1,6
Venus	1	42,7	10	39	-3,9
Marte	5	38,2	25	36	0,7
Júpiter	0	57,2	4	56	-1,9
Saturno	22	13,5	-12	23	0,9



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

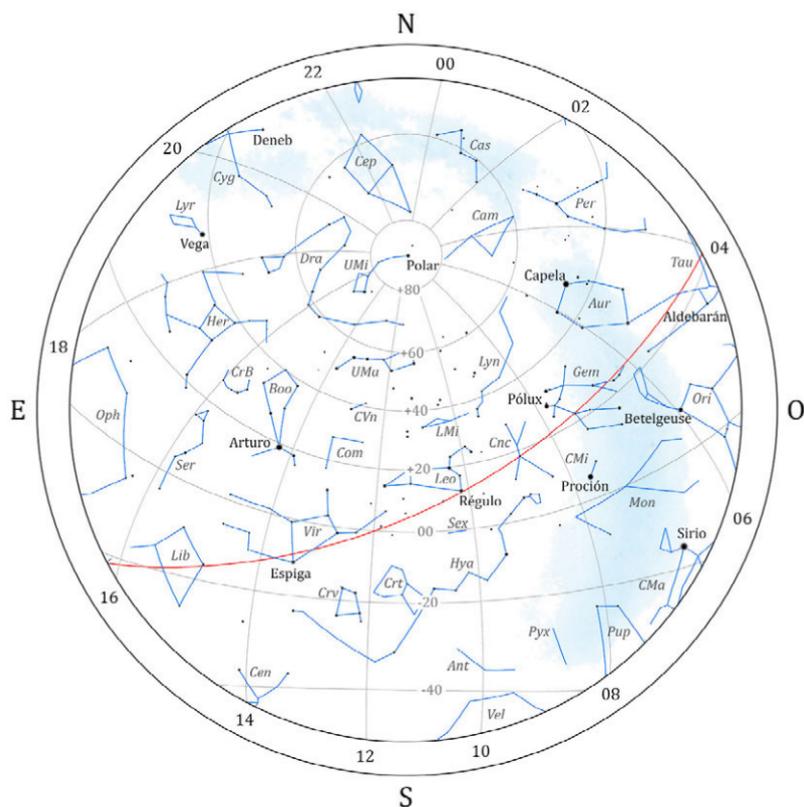
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En línea discontinua roja se muestra el asterismo del hexágono de invierno. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Abril 2023

- 6 Luna llena
- 6 Mercurio 8° al S de Hamal
- 10 Venus 3° al S de Alcíone
- 11 Júpiter en conjunción con el Sol
- 11 Máxima elongación Este de Mercurio (19,5)
- 13 Cuarto menguante
- 16 La Luna 3° al S de Saturno
- 16 Luna en perigeo
- 17 La Luna 2° al S de Neptuno
- 17 Venus en perihelio
- 18 Astrea en conjunción con el Sol
- 19 La Luna 0,1 al N de Júpiter (Ocultación)
- 19 Metis 2° al S de la Luna
- 20 Luna nueva
- 20 Eclipse mixto de Sol
- 20 Venus 8° al N de Aldebarán
- 21 La Luna 2° al N de Urano
- 21 La Luna 2° al S de Mercurio
- 21 Mercurio estacionario en ascensión recta
- 22 Máximo de las Líridas
- 23 La Luna 1,1 al N de Venus (Ocultación)
- 24 Vesta en conjunción con el Sol
- 26 La Luna 3° al N de Marte
- 27 Cuarto creciente
- 28 Luna en apogeo
- 30 Iris en oposición

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta		Declin.		Magnitud
	(^h)	(^m)	([°])	(['])	
Mercurio	2	40,7	18	43	0,7
Venus	4	8,4	22	43	-4,0
Marte	6	45,8	24	57	1,1
Júpiter	1	24,8	7	46	-1,9
Saturno	22	25,9	-11	17	1,0



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

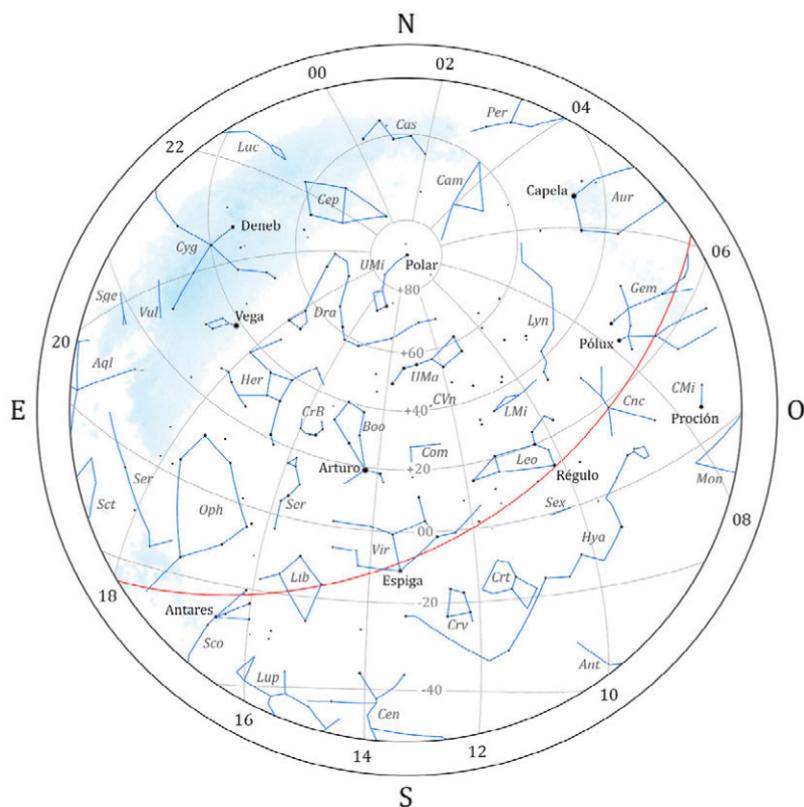
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Mayo 2023

- 1 Venus 3° al S de Elnath
- 1 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
- 5 Luna llena
- 5 Eclipse penumbral de Luna
- 5 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
- 6 Máximo de las η Acuáridas
- 9 Urano en conjunción con el Sol
- 10 Marte 5° al S de Pólux
- 10 Psyche en oposición
- 11 Luna en perigeo
- 12 Cuarto menguante
- 13 Ceres estacionario en ascensión recta
- 13 La Luna 3° al S de Saturno
- 14 Mercurio en afelio
- 14 Mercurio estacionario en ascensión recta
- 15 La Luna 2° al S de Neptuno
- 16 Metis 2° al S de Júpiter
- 17 La Luna 0,7° al N de Júpiter (Ocultación)
- 17 Metis 3° al S de la Luna
- 18 La Luna 4° al N de Mercurio
- 19 Luna nueva
- 23 La Luna 2° al N de Venus
- 24 La Luna 4° al N de Marte
- 25 Hebe 2° al S de la Luna
- 26 Fortuna en oposición
- 26 Luna en apogeo
- 27 Cuarto creciente
- 29 Máxima elongación Oeste de Mercurio (24,9°)
- 30 Marte en afelio
- 30 Venus 4° al S de Pólux

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta		Declin.		Magnitud
	(^h)	(^m)	([°])	(['])	
Mercurio	2	17,7	10	60	2,1
Venus	6	35,7	25	57	-4,1
Marte	7	56,7	22	24	1,5
Júpiter	1	51,7	10	20	-1,9
Saturno	22	34,4	-10	34	1,0



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

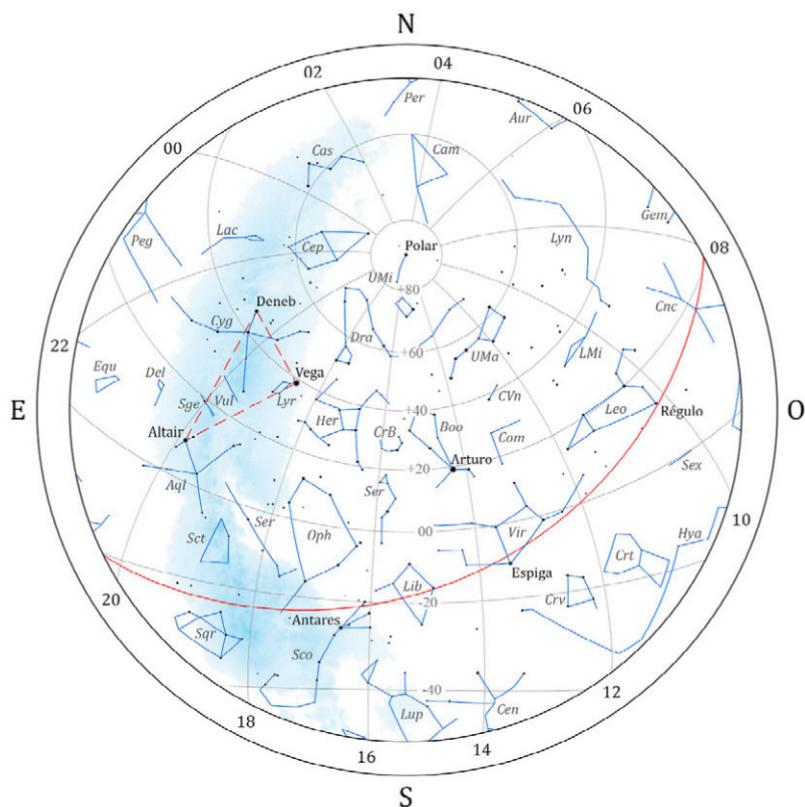
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Junio 2023

- 3 Astraea 0°7 al S de Mercurio
- 4 Luna llena
- 4 Máxima elongación Este de Venus (45°4)
- 4 Mercurio 3° al S de Urano
- 6 La Luna 1°2 al S de Nunki (Ocultación)
- 6 Luna en perigeo
- 6 Partenope en oposición
- 7 Vesta 2° al S de Mercurio
- 8 Laetitia en oposición
- 9 Flora 2° al N de la Luna
- 9 La Luna 3° al S de Saturno
- 10 Cuarto menguante
- 10 Mercurio 6° al S de Alcíone
- 11 La Luna 2° al S de Neptuno
- 14 La Luna 1°4 al N de Júpiter
- 15 La Luna 2° al N de Urano
- 16 La Luna 4° al N de Mercurio
- 16 Masalia en oposición
- 17 Mercurio 4° al N de Aldebarán
- 18 Flora 1°2 al S de Saturno
- 18 Luna nueva
- 18 Saturno estacionario en ascensión recta
- 20 Juno en conjunción con el Sol
- 21 Inicio del verano en el hemisferio boreal
- 22 Hebe 0°7 al S de la Luna (Ocultación)
- 22 La Luna 4° al N de Marte
- 22 La Luna 4° al N de Venus
- 22 Luna en apogeo
- 26 Cuarto creciente
- 27 Mercurio en perihelio
- 28 Metis 2° al S de Urano

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta		Declin.		Magnitud
	(^h)	(^m)	(^o)	(['])	
Mercurio	4	17,6	19	49	-0,6
Venus	8	46,3	20	3	-4,3
Marte	9	10,4	17	42	1,7
Júpiter	2	17,4	12	34	-2,0
Saturno	22	38,0	-10	19	0,9



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

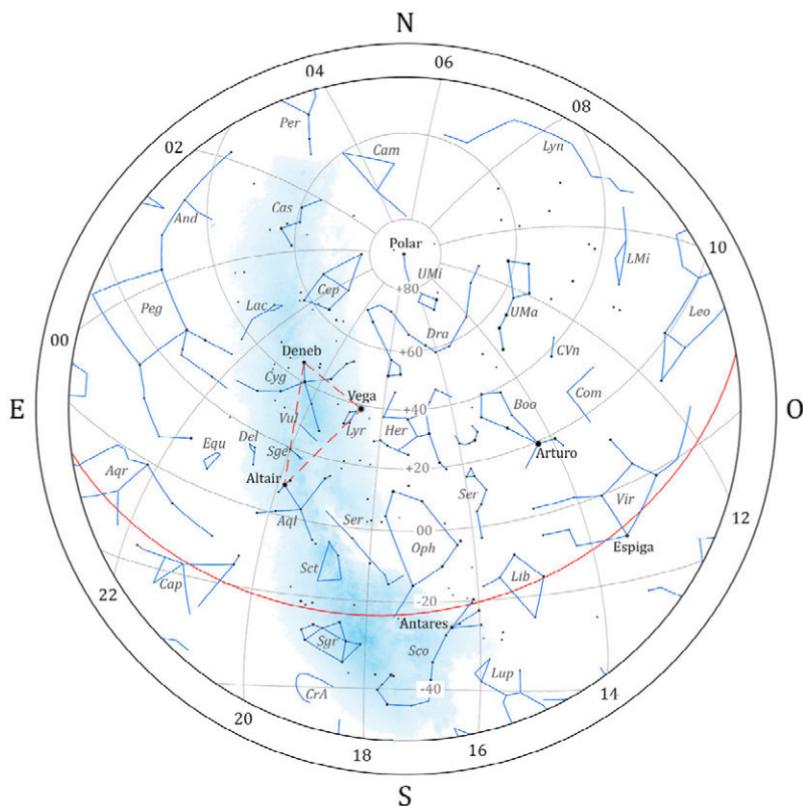
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En línea discontinua roja se muestra el asterismo del triángulo de verano. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Julio 2023

- 1 Brillo máximo de Mercurio
- 1 Mercurio en conjunción superior con el Sol
- 1 Neptuno estacionario en ascensión recta
- 3 La Luna 1°1 al S de Nunki (Ocultación)
- 3 Luna llena
- 4 Luna en perigeo
- 6 Tierra en el afelio
- 7 Eunomia en oposición
- 7 Flora 0°2 al S de la Luna (Ocultación)
- 7 La Luna 3° al S de Saturno
- 8 La Luna 2° al S de Neptuno
- 10 Cuarto menguante
- 10 Marte 0°7 al N de Régulo
- 11 La Luna 2° al N de Júpiter
- 12 Brillo máximo de Venus
- 12 La Luna 2° al N de Urano
- 17 Luna nueva
- 19 La Luna 3° al N de Mercurio
- 20 Hebe 0°6 al N de la Luna (Ocultación)
- 20 La Luna 8° al N de Venus
- 20 Luna en apogeo
- 20 Venus estacionario en ascensión recta
- 21 La Luna 3° al N de Marte
- 25 Cuarto creciente (día 26 hora oficial)
- 25 Iris 2° al S de la Luna
- 26 Mercurio 5° al N de Venus
- 29 Mercurio 0°1 al S de Régulo
- 30 Máximo de las δ Acuáridas

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta		Declin.		Magnitud
	(^h)	(^m)	([°])	(['])	
Mercurio	8	40,7	20	9	-0,6
Venus	9	55,9	10	40	-4,3
Marte	10	20,4	11	30	1,8
Júpiter	2	37,9	14	11	-2,1
Saturno	22	36,0	-10	39	0,7



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

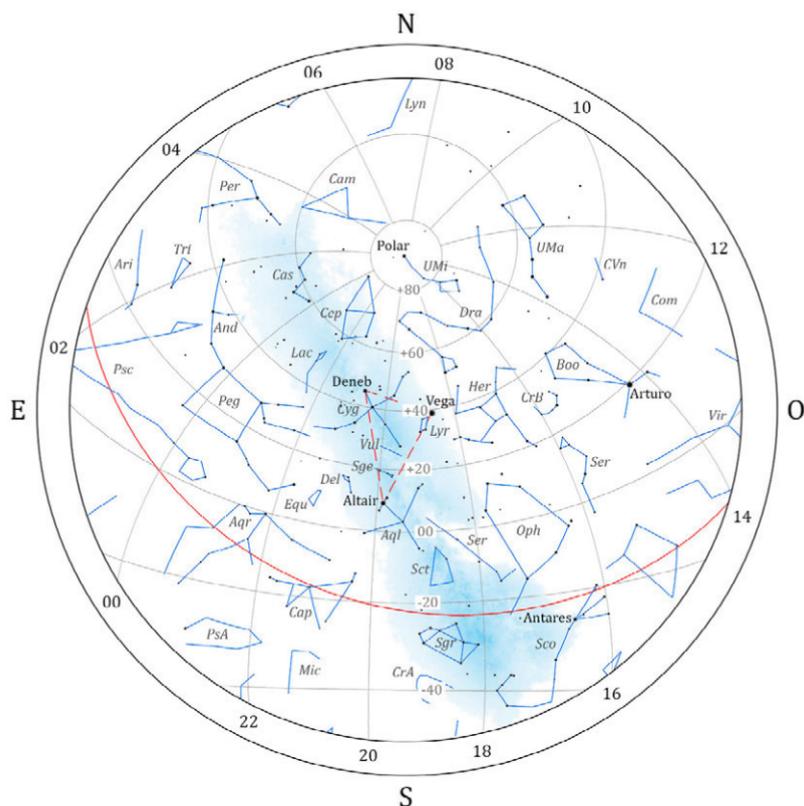
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En línea discontinua roja se muestra el asterismo del triángulo de verano. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Agosto 2023

- 1 Luna llena
- 2 Luna en perigeo
- 3 Flora 3° al S de la Luna
- 3 La Luna 2° al S de Saturno
- 4 La Luna 1° al S de Neptuno
- 7 Venus en afelio
- 8 Cuarto menguante
- 8 La Luna 3° al N de Júpiter
- 9 La Luna 3° al N de Urano
- 10 Hygiea en oposición
- 10 Máxima elongación Este de Mercurio (27°4)
- 10 Mercurio en afelio
- 12 Eros en oposición
- 12 Máximo de las Perséidas
- 13 Máximo acercamiento de Venus a la Tierra
- 13 Venus en conjunción inferior con el Sol
- 16 Egeria en oposición
- 16 Luna en apogeo
- 16 Luna nueva
- 17 Victoria en conjunción con el Sol
- 18 Hebe 2° al N de la Luna
- 18 La Luna 2° al N de Marte
- 18 La Luna 7° al N de Mercurio
- 18 Pallas 0°9 al S de la Luna (Ocultación)
- 22 Iris 0°6 al S de la Luna (Ocultación)
- 23 Mercurio estacionario en ascensión recta
- 24 Cuarto creciente
- 25 La Luna 1°1 al N de Antares (Ocultación)
- 27 Flora en oposición
- 27 Saturno en oposición
- 29 Urano estacionario en ascensión recta
- 30 La Luna 2° al S de Saturno
- 30 Luna en perigeo
- 31 Luna llena

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta		Declin.		Magnitud
	(^h)	(^m)	(^o)	(['])	
Mercurio	11	14,1	2	7	0,6
Venus	9	17,9	7	31	-3,9
Marte	11	31,9	3	54	1,8
Júpiter	2	51,2	15	6	-2,3
Saturno	22	29,1	-11	24	0,5



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

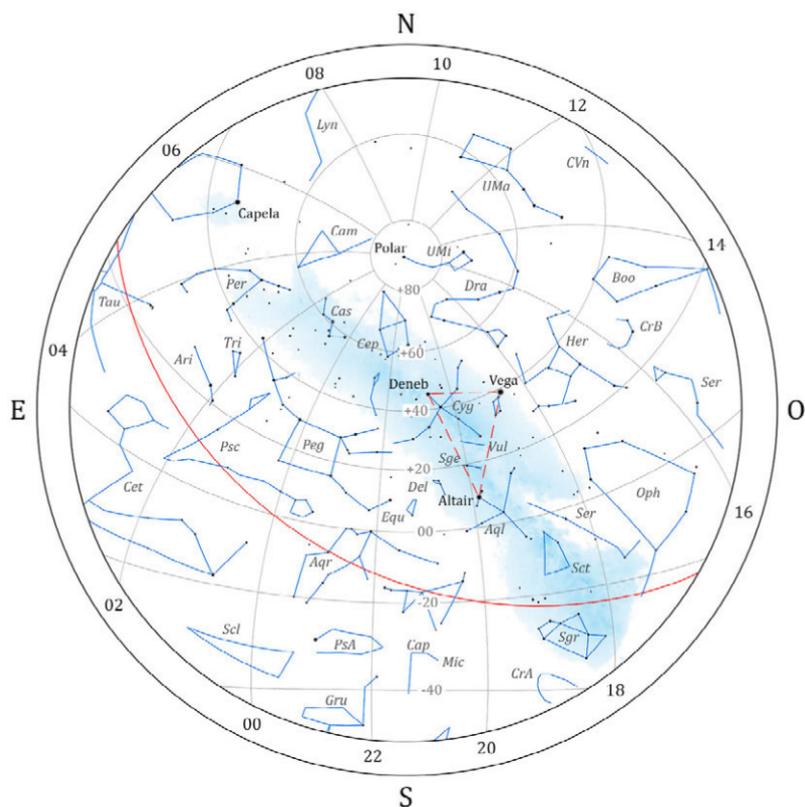
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En línea discontinua roja se muestra el asterismo del triángulo de verano. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Setiembre 2023

- 1 La Luna 1^o4 al S de Neptuno
- 2 Euterpe en conjunción con el Sol
- 3 Venus estacionario en ascensión recta
- 4 Júpiter estacionario en ascensión recta
- 4 La Luna 3^o al N de Júpiter
- 4 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
- 5 La Luna 3^o al N de Urano
- 6 Cuarto menguante (día 7 hora oficial)
- 6 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
- 11 Juno 2^o al S de Venus
- 12 Luna en apogeo
- 13 La Luna 6^o al N de Mercurio
- 14 Brillo máximo de Venus
- 15 Luna nueva
- 15 Mercurio estacionario en ascensión recta
- 16 Hebe en conjunción con el Sol
- 16 La Luna 0^o7 al N de Marte (Ocultación)
- 19 Iris 0^o8 al N de la Luna (Ocultación)
- 19 Neptuno en oposición
- 21 La Luna 1^o1 al N de Antares (Ocultación)
- 22 Cuarto creciente
- 22 Máxima elongación Oeste de Mercurio (17^o9)
- 23 Mercurio en perihelio
- 23 Inicio del otoño en el hemisferio boreal
- 27 La Luna 3^o al S de Saturno
- 28 La Luna 1^o4 al S de Neptuno
- 28 Luna en perigeo
- 29 Luna llena

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta		Declin.		Magnitud
	(^h)	(^m)	(^o)	(['])	
Mercurio	10	37,0	7	24	1,5
Venus	9	1,0	11	20	-4,4
Marte	12	44,7	- 4	15	1,7
Júpiter	2	53,4	15	9	-2,6
Saturno	22	20,4	-12	16	0,5



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

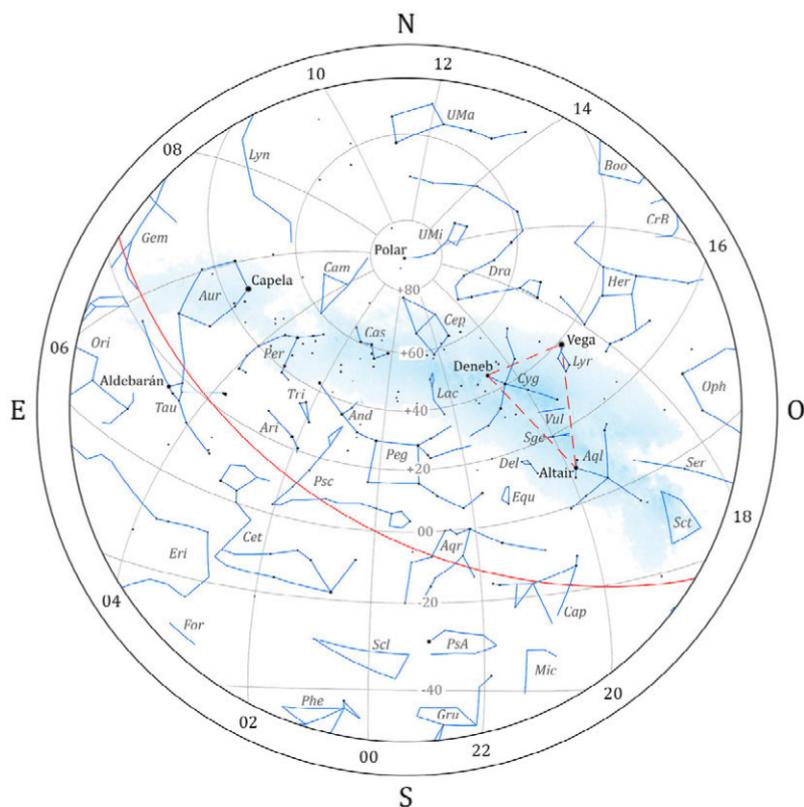
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En línea discontinua roja se muestra el asterismo del triángulo de verano. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Octubre 2023

- 1 Palas en conjunción con el Sol
- 2 Amphitrite en oposición
- 2 La Luna 3° al N de Júpiter
- 2 La Luna 3° al N de Urano
- 3 La Luna 1;2 al S de Alcíone (Ocultación)
- 4 Irene en oposición
- 4 La Luna 0;9 al S de Elnath (Ocultación)
- 6 Cuarto menguante
- 8 Máximo de las Dracónidas
- 10 La Luna 6° al N de Venus
- 10 Luna en apogeo
- 10 Venus 2° al S de Régulo
- 14 La Luna 0;6 al S de Mercurio (Ocultación)
- 14 Luna nueva
- 14 Eclipse anular de Sol
- 15 La Luna 0;9 al S de Marte (Ocultación)
- 17 Iris 2° al N de la Luna
- 18 La Luna 1;0 al N de Antares (Ocultación)
- 19 Brillo máximo de Mercurio
- 20 Mercurio en conjunción superior con el Sol
- 21 Máximo de las Oriónidas
- 22 Cuarto creciente
- 23 Máxima elongación Oeste de Venus (46;1)
- 24 La Luna 3° al S de Saturno
- 26 La Luna 2° al S de Neptuno
- 26 Luna en perigeo
- 28 Luna llena
- 28 Eclipse parcial de Luna
- 29 La Luna 3° al N de Júpiter
- 30 La Luna 1;2 al S de Alcíone (Ocultación)
- 30 La Luna 3° al N de Urano

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta		Declin.		Magnitud
	(^h)	(^m)	([°])	(['])	
Mercurio	13	7,0	- 5	42	-1,3
Venus	10	26,7	8	31	-4,3
Marte	13	59,3	-11	56	1,6
Júpiter	2	44,0	14	23	-2,7
Saturno	22	14,2	-12	49	0,6



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

30 de Setiembre a las 23h de TU

15 de Octubre a las 22h de TU

30 de Octubre a las 21 h de TU

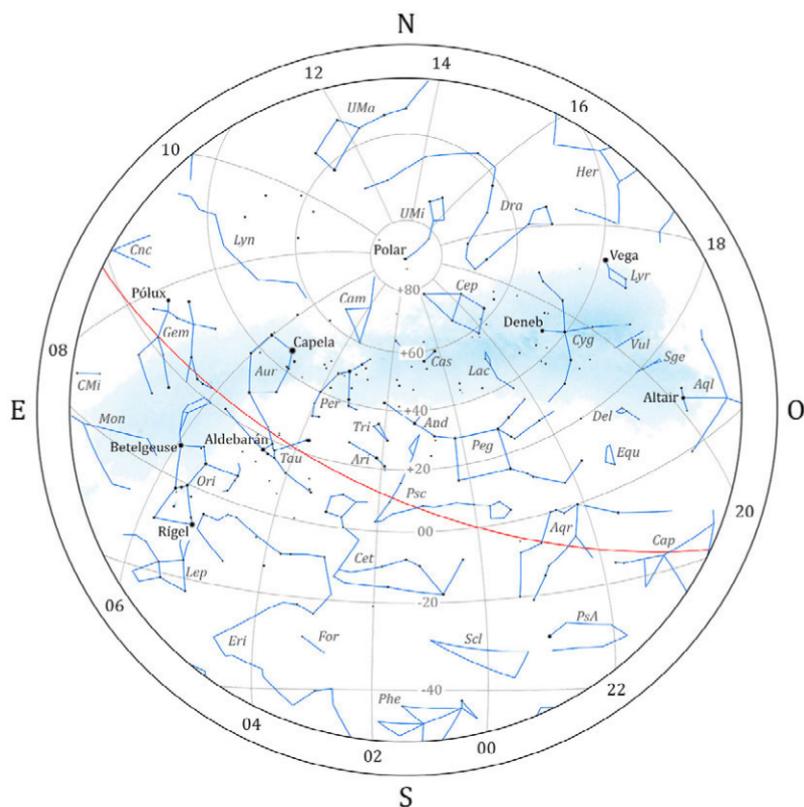
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En línea discontinua roja se muestra el asterismo del triángulo de verano. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Noviembre 2023

- 1 La Luna 1^o,1 al S de Elnath (Ocultación)
- 2 Vesta estacionario en ascensión recta
- 3 Júpiter en oposición
- 4 Saturno estacionario en ascensión recta
- 5 Cuarto menguante
- 6 Luna en apogeo
- 6 Melpomene en oposición
- 6 Mercurio en afelio
- 9 Harmonia en conjunción con el Sol
- 9 La Luna 1^o,0 al N de Venus (Ocultación)
- 12 Mercurio 3^o al S de Graffias
- 13 Luna nueva
- 13 Urano en oposición
- 14 La Luna 1^o al S de Mercurio
- 14 La Luna 1^o,0 al N de Antares (Ocultación)
- 16 Mercurio 3^o al N de Antares
- 17 Iris 2^o al N de Mercurio
- 17 Máximo de las Leónidas
- 18 Marte en conjunción con el Sol (Ocultación)
- 19 Brillo máximo de Marte
- 20 Ceres en conjunción con el Sol
- 20 Cuarto creciente
- 20 La Luna 3^o al S de Saturno
- 21 Luna en perigeo
- 22 La Luna 1^o,4 al S de Neptuno
- 25 La Luna 3^o al N de Júpiter
- 26 La Luna 3^o al N de Urano
- 27 La Luna 1^o,1 al S de Alcíone (Ocultación)
- 27 Luna llena
- 28 La Luna 1^o,1 al S de Elnath (Ocultación)
- 28 Venus 4^o al N de Espiga
- 28 Venus en perihelio
- 29 Metis 2^o al S de la Luna

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta		Declin.		Magnitud
	(^h)	(^m)	(^o)	(['])	
Mercurio	16	19,7	-23	21	-0,4
Venus	12	29,2	-1	27	-4,1
Marte	15	23,7	-18	41	1,4
Júpiter	2	28,0	13	10	-2,7
Saturno	22	13,2	-12	51	0,8



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

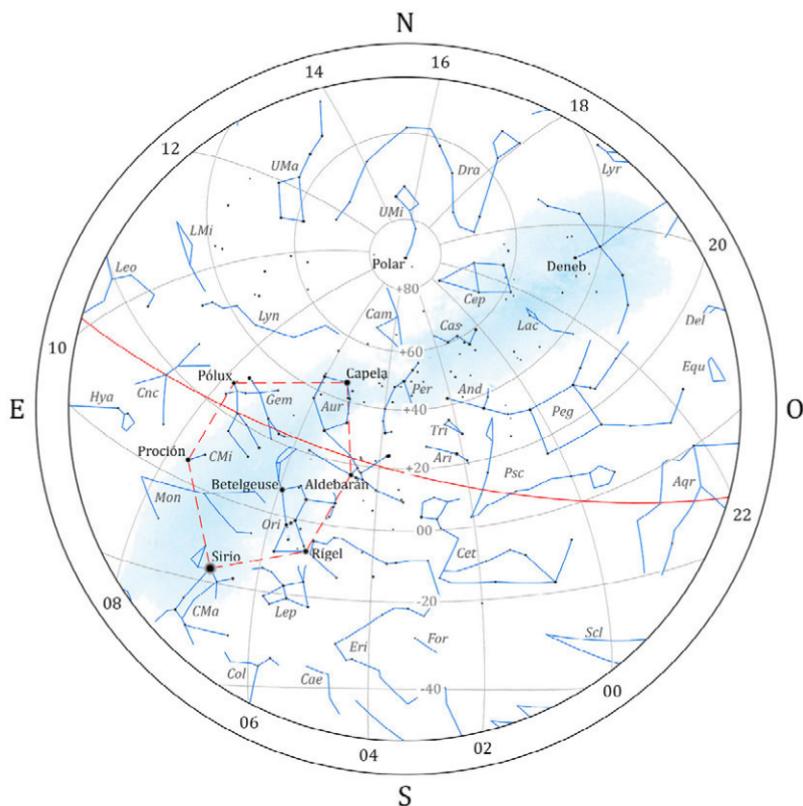
En la figura se representan paralelos de declinación y, en color rojo, la eclíptica. En el borde de la figura se indica el valor, en horas, de diversos meridianos de ascensión recta.

Diciembre 2023

- 4 Luna en apogeo
- 4 Máxima elongación Este de Mercurio (21,1)
- 5 Cuarto menguante
- 6 Neptuno estacionario en ascensión recta
- 9 La Luna 4° al S de Venus
- 12 Iris en conjunción con el Sol (Ocultación)
- 12 La Luna 1°0 al N de Antares (Ocultación)
- 12 Luna nueva (día 13 hora oficial)
- 13 Mercurio estacionario en ascensión recta
- 14 La Luna 4° al S de Mercurio
- 14 Máximo de las Gemínidas
- 16 Luna en perigeo
- 17 La Luna 2° al S de Saturno
- 17 Venus 2° al N de Zuben el Genubi
- 19 Cuarto creciente
- 19 La Luna 1,2 al S de Neptuno (Ocultación)
- 19 Psyche en conjunción con el Sol
- 20 Mercurio en perihelio
- 21 Vesta en oposición
- 22 La Luna 2° al N de Júpiter
- 22 Máximo de las Úrsidas
- 22 Mercurio en conjunción inferior con el Sol
- 22 Inicio del invierno en el hemisferio boreal
- 23 La Luna 3° al N de Urano
- 23 Metis en oposición
- 24 La Luna 1,2 al S de Alcíone (Ocultación)
- 24 Máximo acercamiento de Mercurio a la Tierra
- 26 La Luna 1,1 al S de Elnath (Ocultación)
- 26 Metis 0,3 al S de la Luna (Ocultación)
- 27 Luna llena
- 28 Astrea en oposición

Coordenadas para el día 15

Planeta	Asc. Recta		Declin.		Magnitud
	(^h)	(^m)	([°])	(['])	
Mercurio	18	35,9	-23	30	1,0
Venus	14	41,5	-13	19	-4,0
Marte	16	53,9	-22	57	1,4
Júpiter	2	16,6	12	20	-2,6
Saturno	22	18,1	-12	20	0,9



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

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 varía a lo largo del eclipse y es distinta para cada eclipse, pudiendo incluso superar los mil km (eclipse del 22 de agosto de 1979).

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 2023

Durante el año 2023 se producirán dos eclipses de Sol, uno mixto el 20 de abril y otro anular el 14 de octubre. El segundo será visible, muy débilmente, como parcial desde las islas Canarias más occidentales.

Se describen en detalle en las páginas siguientes.

Eclipse mixto de Sol del día 20 de abril (Saros 129)

Este eclipse mixto es el número 52 de los 80 eclipses del ciclo Saros 129 y no será visible desde España. El eclipse tiene la peculiaridad de ser mixto, en este caso particular, la trayectoria del eclipse comenzará como anular, cambiará a total y volverá a ser anular poco antes de terminar.

El eclipse será visible como parcial en el sudeste asiático, las islas Filipinas y Oceanía. Se iniciará como parcial a la 1^h34^m TU (Tiempo Universal) a una latitud de -40° en el océano Índico y terminará a las 6^h59^m TU a una latitud de $+11^\circ$ en el océano Pacífico norte. La duración total del fenómeno será de 325 minutos (algo menos de 5 horas y media).

El eclipse mixto se iniciará a las 2^h37^m en un punto del océano Índico al este de las islas Kerguelen, en las Tierras Australes y Antárticas Francesas, atravesará el océano Índico de sudoeste a noreste, tocando tierra en el Cabo Noroeste y la isla de Barrow en la provincia de Australia Occidental y en el extremo noreste de Timor Oriental; cruzará las islas Molucas (Indonesia) y Papúa occidental (Indonesia); se adentrará en el océano Pacífico, lugar en el que finalizará a las 5^h57^m a una latitud $+3^\circ$.

El máximo del eclipse mixto se dará a las 4^h17^m al sudeste de Timor Oriental. La magnitud máxima del eclipse será 1,01 y su duración máxima 1 min 16 s. En Exmonth (Australia) la duración de la totalidad será de 54 s, en Lospalos (Timor oriental) 1 min 8 s y en Jendidori (Indonesia) 1 min 4 s.

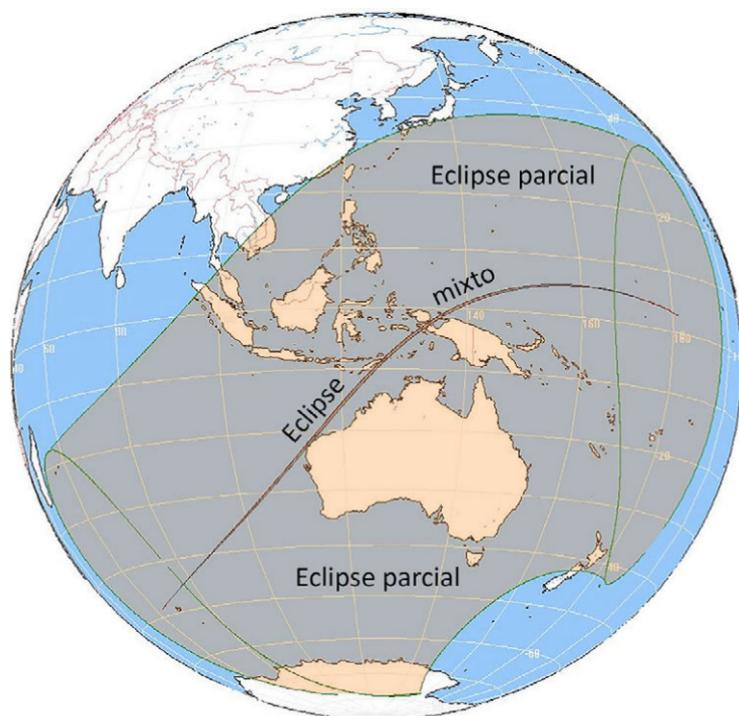
Características generales del eclipse

Fases	TU	Latitud	Longitud
Inicio del eclipse general	1 ^h 34 ^m	$-40^\circ 17'$	$75^\circ 59'$
Inicio del eclipse mixto	2 ^h 37 ^m	$-48^\circ 26'$	$63^\circ 38'$
Conjunción en Asc. Recta	3 ^h 56 ^m		
Máximo del eclipse	4 ^h 17 ^m	$-09^\circ 35'$	$125^\circ 46'$
Fin del eclipse mixto	5 ^h 57 ^m	$02^\circ 58'$	$-178^\circ 50'$
Fin del eclipse general	6 ^h 59 ^m	$11^\circ 17'$	$167^\circ 13'$

Características del eclipse en el máximo

Duración de la fase mixto	1 ^m 16 ^s
Anchura de la sombra	49 km
Razón entre el radio topocéntrico de la Luna y el del Sol	97,0%
Magnitud del eclipse mixto	1,013
Distancia mínima entre el eje de sombra de la Luna y el centro de la Tierra (en radios terrestres)	0,395
Altura del Sol	67°

Eclipse mixto de 20 de abril de 2023



Eclipse anular de Sol del día 14 de octubre (Saros 134)

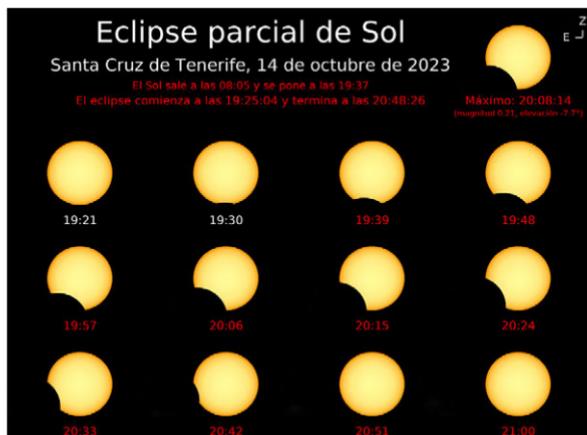
Este eclipse anular es el número 44 de los 71 eclipses del ciclo Saros 134 y será visible, muy débilmente, desde las islas Canarias más occidentales.

El eclipse será visible como parcial en América. Se iniciará a una latitud de $+41^\circ$ en el océano Pacífico a las $15^{\text{h}}4^{\text{m}}$ TU (Tiempo Universal) y terminará a las $20^{\text{h}}55^{\text{m}}$ TU al sudoeste de Correntina (Brasil). La duración total del fenómeno será de 351 minutos (algo menos de 6 horas).

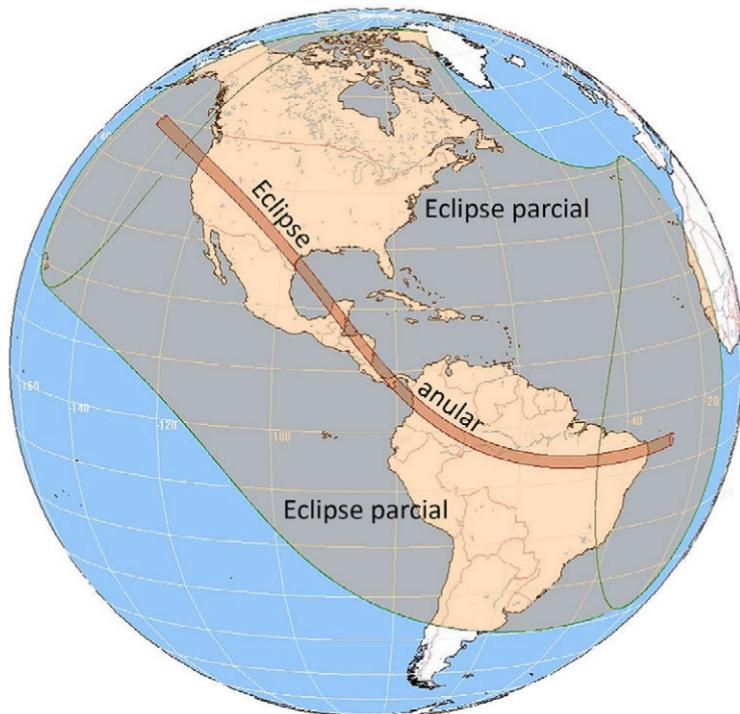
El eclipse anular se iniciará a las $16^{\text{h}}15^{\text{m}}$ al sur del golfo de Alaska, entrará en Estados Unidos por Oregón, atravesando: California, Nevada, Utah, Arizona, Colorado, Nuevo México y Texas; cruzará América Central por el Yucatán (México), Belice, Honduras, Nicaragua y Panamá; se adentrará en Sudamérica por Colombia y cruzará las regiones Norte y Nordeste de Brasil. El eclipse finalizará a las $19^{\text{h}}49^{\text{m}}$ en el océano Atlántico.

El máximo del eclipse anular se dará a las $17^{\text{h}}59^{\text{m}}$ en el mar Caribe frente a Punta Gorda (Nicaragua) con magnitud máxima de 0,95 y máxima duración de 5 min 17 s. En San Antonio (Estados Unidos) la duración de la anularidad será de 4 min 25 s, en San Francisco de Campeche (México) 4 min 35 s, en Belice City (Belice) 5 min 11 s, en La Ceiba (Honduras) 5 min 13 s, en Bluefields (Nicaragua) 5 min 14 s, en Chitré (Panamá) 5 min 9 s, en Cali (Colombia) 3 min 46 s y en Natal (Brasil) 3 min 32 s.

En España, será visible muy débilmente al anochecer, hasta el momento del ocaso, en las islas Canarias occidentales. En Santa Cruz de Tenerife el eclipse se iniciará a las $19^{\text{h}}25^{\text{m}}$ y ocaso de Sol se producirá a las $19^{\text{h}}37^{\text{m}}$, horas oficiales en Canarias.



Eclipse anular de 14 de octubre de 2023



Características generales del eclipse

Fases	TU	Latitud	Longitud
Inicio del eclipse general	15 ^h 04 ^m	41° 20'	-132° 09'
Inicio del eclipse anular	16 ^h 15 ^m	49° 46'	-146° 29'
Conjunción en Asc. Recta	17 ^h 36 ^m		
Máximo del eclipse	17 ^h 59 ^m	11° 22'	-83° 06'
Fin del eclipse anular	19 ^h 49 ^m	-6° 05'	-29° 53'
Fin del eclipse general	20 ^h 55 ^m	-13° 48'	-45° 16'

Características del eclipse en el máximo

Duración de la fase anular	5 ^m 17 ^s
Anchura de la sombra	187 km
Razón entre el radio topocéntrico de la Luna y el del Sol	95,2%
Magnitud del eclipse anular	0,952
Distancia mínima entre el eje de sombra de la Luna y el centro de la Tierra (en radios terrestres)	0,375
Altura del Sol	68°

Eclipses de Sol en los próximos años

Fecha	Tipo	Duración (^{m s})	Magnitud	Visibilidad
2023 abril 20	mixto	1 16	1,01	SE. Asia y Australia
2023 octubre 14	anular	5 17	0,95	América
2024 abril 8	total	4 28	1,06	Norteamérica y Centroamérica
2024 octubre 2	anular	7 25	0,93	Pacífico y S. Sudamérica
2025 marzo 29	parcial		0,94	NO. África, Europa, N. Rusia
2025 setiembre 21	parcial		0,86	Pacífico, N. Zelanda y Antártida
2026 febrero 17	anular	2 20	0,93	Sudamérica, África y Antártida
2026 agosto 12	total	2 18	1,04	Norteamérica, África y Europa
2027 febrero 6	anular	7 51	0,93	Sudamérica, África y Antártida
2027 agosto 2	total	6 23	1,08	África, Europa y Asia
2028 enero 26	anular	10 27	0,92	América, O. Europa, O. África
2028 julio 22	total	5 10	1,06	SE Asia y Oceanía
2029 enero 14	parcial		0,87	Norteamérica y Centroamérica
2029 junio 12	parcial		0,46	Ártico
2029 julio 11	parcial		0,23	S Sudamérica
2029 diciembre 05	parcial		0,89	Sudamérica y Antártida
2030 junio 01	anular	5 21	0,94	Europe, África, Asia y Antártida
2030 noviembre 25	total	3 44	1,05	Asia, Oceanía y Antártida
2031 mayo 21	anular	5 26	0,96	África, Asia y Australia
2031 noviembre 14	mixto	1 08	1,01	Pacífico y América
2032 mayo 09	anular	0 22	0,99	S Sudamérica y S África
2032 noviembre 03	parcial		0,86	Asia
2033 marzo 30	total	2 37	1,05	Norteamérica y NE Rusia
2033 setiembre 23	parcial		0,69	S Sudamérica y Antártida

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

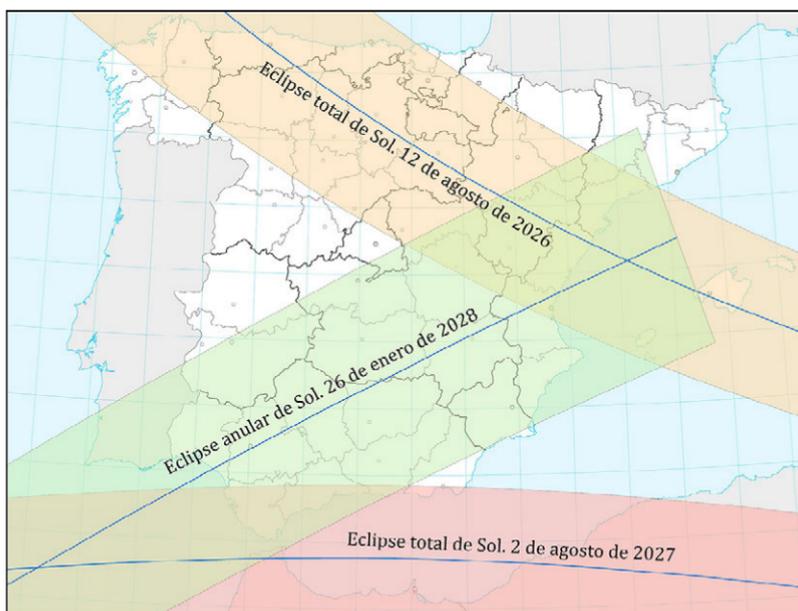
Eclipses de Sol visibles en España en los próximos años

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

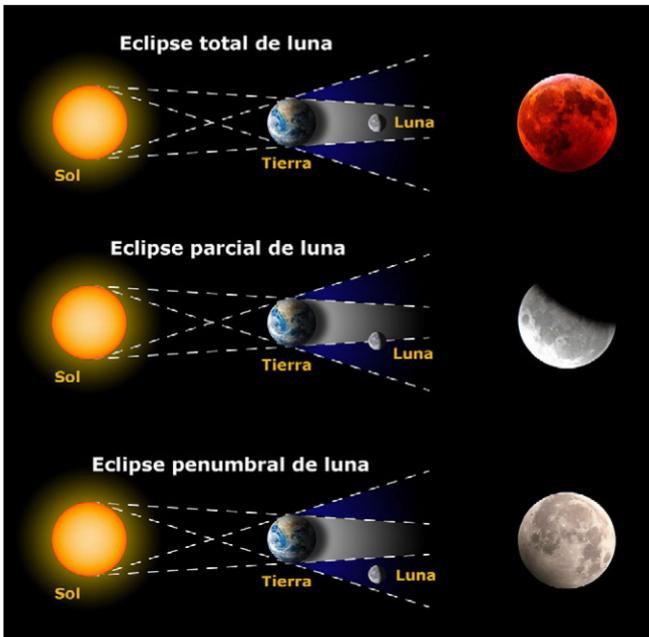
Por último, 26 de enero de 2028, se producirá un eclipse anular cuya franja de anularidad cruzará la península de sudoeste a noreste justo antes de la puesta de Sol, incluyendo ciudades como Sevilla, Málaga, Murcia y Valencia, donde la fase anular se verá completa. En Palma de Mallorca y Barcelona solo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



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

Magnitud de los eclipses de Luna

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

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

Mapas y tablas de los eclipses de Luna

Se ha representado la superficie de la Tierra en un diagrama *longitud-latitud*, en el que varias curvas delimitan las zonas en que el eclipse es visible en sus diversas fases. En el centro de la figura se encuentra la zona donde será visible todo el fenómeno.

El eclipse de penumbra será visible en su totalidad en la zona delimitada por la curva etiquetada como **iP** a la izquierda y **fP** a la derecha; estas curvas indican, respectivamente, el **inicio** y el **fin** del contacto con la **penumbra**.

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

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

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

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 2023

Durante el año 2023 se producirán dos eclipses de Luna, uno penumbral el 5 de mayo y otro parcial el 28 de octubre. El segundo eclipse será visible desde España.

Se describen en detalle en las páginas siguientes.

Eclipse penumbral de Luna del día 5 de mayo (Saros 141)

Este eclipse es el número 24 de los 73 eclipses del ciclo Saros 141. El final del eclipse apenas será visible en España.

El inicio del eclipse tendrá lugar a las 15^h15^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 este de Asia y Oceanía. El eclipse terminará a las 19^h30^m TU. Habrá sido visible en sus últimas fases en Europa, África, Asia y Oceanía según delimita la curva **fP**.

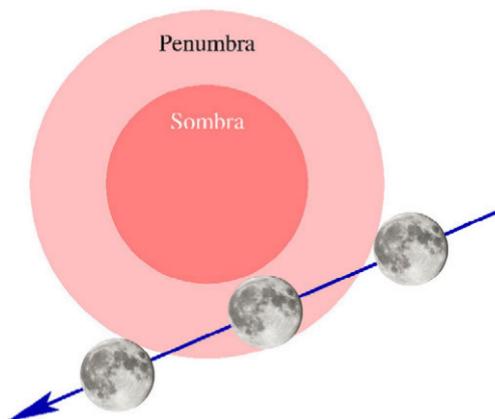
Características generales del eclipse

Fases	TU	Latitud	Long.(+E)	A.P.
Primer contacto con la penumbra	15 ^h 15 ^m	-16° 47'	129° 02'	72°
Máximo del eclipse	17 ^h 22 ^m	-17° 14'	98° 12'	24°
Ultimo contacto con la penumbra	19 ^h 30 ^m	-17° 42'	67° 23'	335°
Duración del eclipse penumbral	4 ^h 15 ^m			
Magnitud del eclipse de penumbra	0,99			

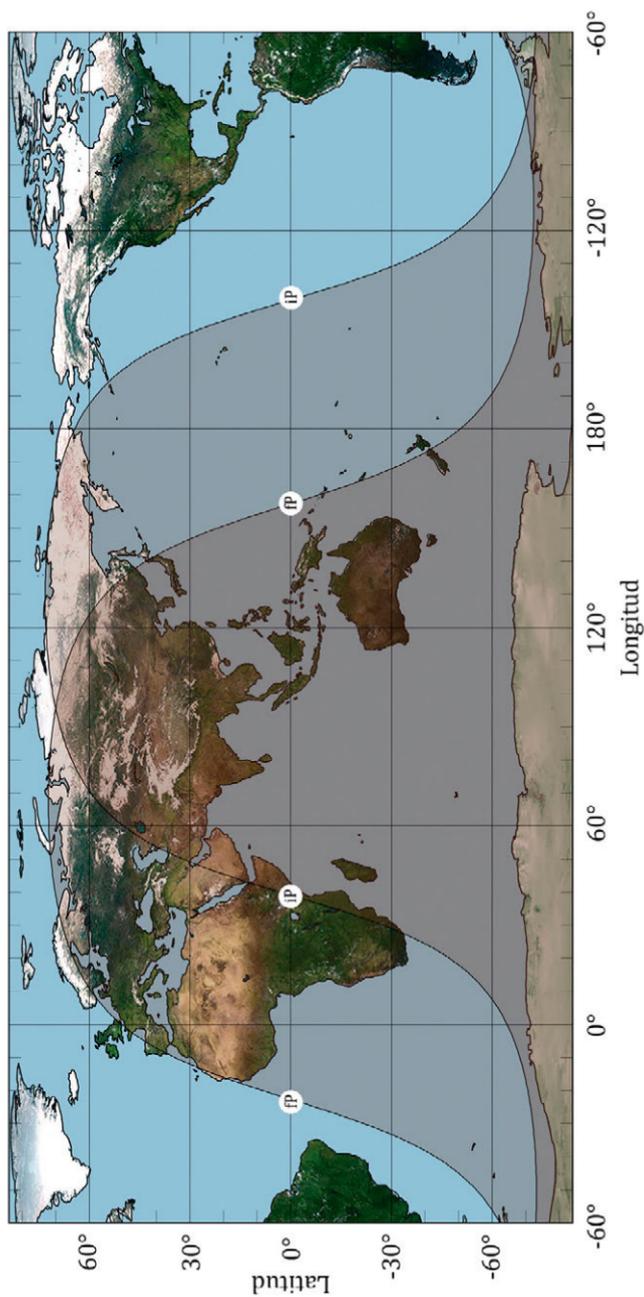
A.P. es el ángulo de posición medido en el sentido NESO.

Características del eclipse en el máximo

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



Eclipse penumbral de Luna del día 5 de mayo de 2023



Eclipse parcial de Luna del día 28 de octubre (Saros 146)

Este eclipse es el número 11 de los 72 eclipses del ciclo Saros 146 y será visible en España.

El inicio del eclipse de penumbra tendrá lugar a las 18^h0^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 África, Europa, Asia y Oceanía. El eclipse parcial (**iS**) es visible a partir de las 19^h33^m y finaliza (**fS**) a las 20^h50^m, será visible en Europa, África y Asia; El eclipse terminará a las 22^h23^m TU. Habrá sido visible en sus últimas fases en América oriental, Europa, África y Asia según delimita la curva **fP**.

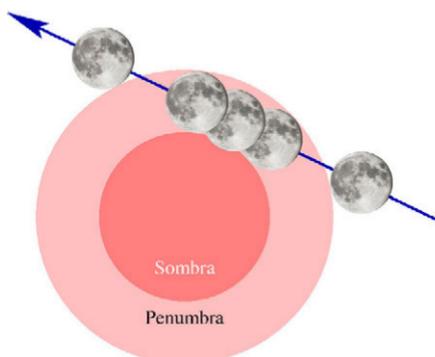
Características generales del eclipse

Fases	TU	Latitud	Long.(+E)	A.P.
Primer contacto con la penumbra	18 ^h 00 ^m	13° 31'	84° 26'	101°
Primer contacto con la sombra	19 ^h 33 ^m	13° 55'	61° 56'	132°
Máximo del eclipse	20 ^h 11 ^m	14° 04'	52° 40'	153°
Último contacto con la sombra	20 ^h 50 ^m	14° 14'	43° 24'	174°
Último contacto con la penumbra	22 ^h 23 ^m	14° 37'	20° 54'	207°
Duración del eclipse penumbral	4 ^h 23 ^m			
Duración del eclipse parcial	1 ^h 17 ^m			
Magnitud del eclipse de penumbra	1,12			
Magnitud del eclipse de sombra	0,12			

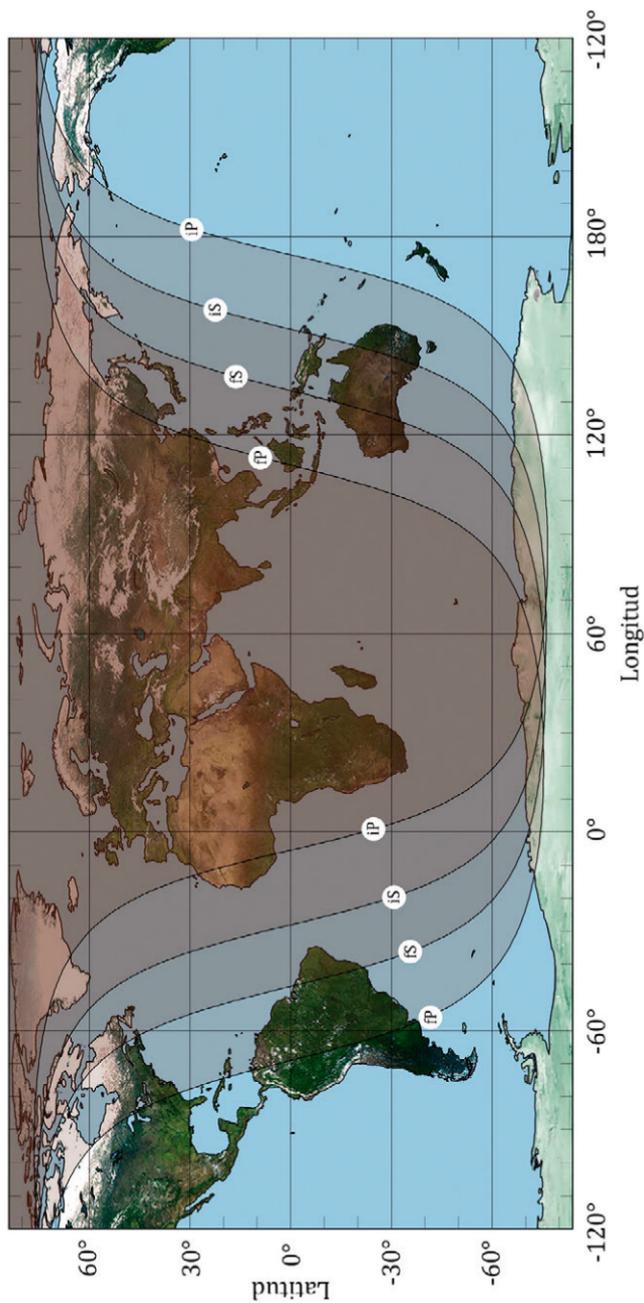
A.P. es el ángulo de posición medido en el sentido NESO.

Características del eclipse en el máximo

Fracción de diámetro lunar inmersa en la penumbra	112%
Fracción de diámetro lunar inmersa en la sombra	12%
Distancia mínima entre el eje de la sombra de la Tierra y el centro de la Luna (en radios terrestres)	0,95



Eclipse parcial de Luna del día 28 de octubre de 2023



Eclipses de Luna en los próximos años

Fecha	Tipo	Duración (en min)	Dur. Totalidad (en min)	Magnitud
2023 mayo 5	penumbral			
2023 octubre 28	parcial	77		0,12
2024 marzo 25	penumbral			
2024 setiembre 18	parcial	63		0,09
2025 marzo 14	total	218	65	1,18
2025 setiembre 7	total	209	82	1,18
2026 marzo 3	total	207	58	1,15
2026 agosto 28	parcial	198		0,93
2027 febrero 20	penumbral			
2027 julio 18	penumbral			
2027 agosto 17	penumbral			
2028 enero 12	parcial	56		0,07
2028 julio 6	parcial	141		0,40
2028 diciembre 31	total	209	71	1,25
2029 junio 26	total	220	73	1,84
2029 diciembre 20	total	213	66	1,12
2030 junio 15	parcial	144		0,50
2030 diciembre 9	penumbral			
2031 mayo 7	penumbral			
2031 junio 5	penumbral			
2031 octubre 30	penumbral			
2032 abril 25	total	211	66	1,19
2032 octubre 18	total	196	47	1,10
2033 abril 14	total	215	49	1,09
2033 octubre 8	total	202	78	1,35

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 $7^{\circ}0'$ en el caso de Mercurio y de $3^{\circ}4'$ 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 $17^{\circ}5'$ en el caso de Venus y de $8^{\circ}8'$ 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.



1 ORTVS

AVROIA

♈

♉

♊

♋



CAPÍTULO 2

La medida del tiempo



Reloj astronómico. Ayuntamiento de Praga. | OAN

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 \simeq TDT \simeq TT, TDB

El TAI ha sustituido en 1972 al Tiempo de Efemérides (TE) como medida básica del transcurrir del tiempo. El TE está ligado a un fenómeno astronómico observable, el movimiento orbital de la Tierra

alrededor del Sol según el formalismo de S. Newcomb que data de 1898 y que se adoptó en 1952. Por razones históricas ($TE \approx TU$ en ~ 1900 , $TAI \approx TU$ en 1958), los orígenes de las escalas de TE y TAI son ligeramente distintos. TE y TAI difieren en un valor constante:

$$TE = TAI + 32^s184.$$

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:

$$TDB \approx TDT + 0^s00166 \text{ sen } (0^{\circ}9856 d - 4^{\circ}).$$

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

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

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

estacionales, así como desplazamientos de la superficie terrestre respecto del eje de rotación y movimientos en el interior; a largo plazo, la rotación es frenada por la fricción causada por las mareas. Por todo ello, la definición del segundo como la 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:

$$TT-UT1 = 69^s3 + 0^s14(A-2020) - 0^s044(A-2020)^2 - 0^s0018(A-2020)^3,$$

expresión válida entre 2012 y 2023.

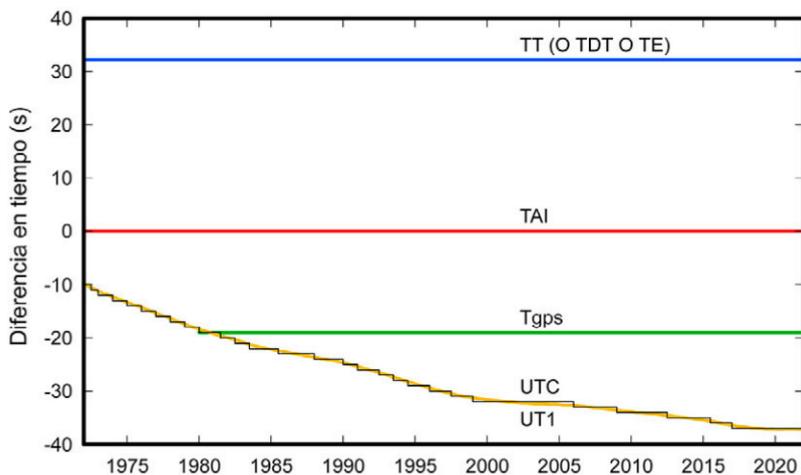
El Servicio Internacional de la Rotación Terrestre y de los Sistemas de Referencia (IERS) proporciona periódicamente los valores medidos y las predicciones de la diferencia $TT-UT1$.

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 “repetiendo” el último segundo (*intercalar*) del 30 de junio o, más comúnmente, del 31 de diciembre. Es decir, la disminución gradual de la velocidad de rotación de la Tierra se traduce en un alargamiento del día y en que deba añadirse un segundo cada uno o varios años. El primer cambio se produjo en el propio año 1972.

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



Fecha	TT-UT1	Fecha	TAI-UTC
2015 Ene 1	67 ^s 64	2015 Jul 1	36 ^s
2016 Ene 1	68 ^s 10		
2017 Ene 1	68 ^s 59	2017 Ene 1	37 ^s
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 (pred.)	69 ^s 2		
2024 Ene 1 (pred.)	69 ^s 2		

En las tablas anteriores se indican la diferencia TT-UT1 para el primer día del año y las fechas en que se ha anunciado un salto de 1^s en la diferencia DTA=TAI-UTC, desde 2015 hasta 2024.

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:

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

Cuando se consideran el ecuador y la eclíptica medios (los obtenidos considerando 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*:

$$EcEq = \theta_v - \theta_m$$

$$EcEq \approx -1^s.05 \text{ sen}(344^\circ - 0^\circ.052954 DJ) - 0^s.08 \text{ sen}(123^\circ + 1^\circ.9713 DJ)$$

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:

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

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:

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

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

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

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

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 $23^h56^m04^s0905$. El periodo de rotación de la Tierra respecto de las estrellas, en que se prescinde del efecto de la precesión del equinoccio, es de $23^h56^m04^s0989$.

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

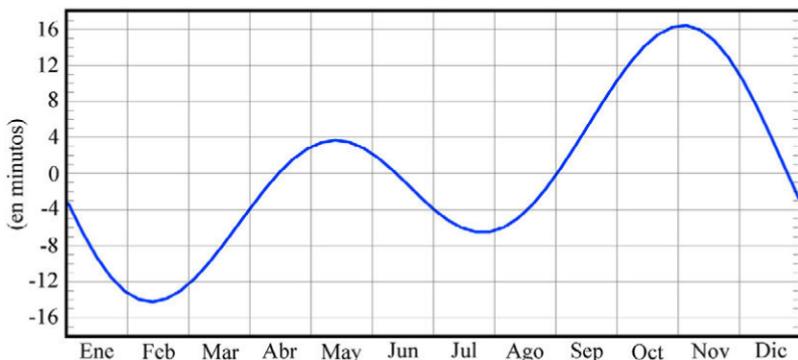
Se denomina *tiempo solar (local) medio* al que se obtiene considerando un Sol "ficticio" que se mueve en el plano del ecuador de manera que su ángulo horario varíe de manera uniforme, coincidiendo con el movimiento medio del Sol verdadero. La diferencia entre el tiempo solar verdadero y el medio se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

Ec.Tiempo = tiempo solar verdadero – tiempo solar medio

Ec.Tiempo = $595^s \text{sen}(199^\circ + 1^\circ9713 d) + 441^s \text{sen}(175^\circ + 0^\circ9856 d)$

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

Ecuación de tiempo



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

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

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

Emisores de señales de tiempo

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

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

Emisoras de señales horarias con emisión continua

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

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 A₃J) 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 = 8035 + día del año

Días hasta el fin de siglo = 28 489 – día del año

Día juliano = 2 459 944,5 + día del año + $TU/24^h$

Día juliano modificado = 59 944 + día del año + $TU/24^h$

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

$$T = (J2023.5 - J2000.0)/36\,525 = 0,235$$

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

$$\theta_{med} = 6^h 627\,046 + 0^h 065709825\,d + 1,00273791\,TU + \lambda_E$$

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

Ecuación de los equinoccios = $-0^s 63 + 0^s 00059\,d$ (error < 0,51)

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 $-7^\circ,5$ y $+7^\circ,5$. Con esta división se pretende favorecer que cada país adopte como tiempo oficial el correspondiente al huso en que se encuentra la mayor parte del país (tiempo legal). De esta manera, la diferencia entre el tiempo oficial de distintos países (o entre distintas zonas de un mismo país muy extenso) sería de un número entero de horas. Este sistema se complementa con una *línea internacional de cambio de fecha*, que zigzaguea alrededor del meridiano 180° . Al cruzarla viajando en la dirección Este, hay que disminuir la fecha en un día; en la dirección Oeste, incrementarla en un día.

En la práctica hay muchas desviaciones respecto del sistema anterior. Algunos países han adoptado un tiempo oficial adelantado o retrasado en una unidad a fin de coincidir con aquellos países vecinos con los que tiene mayores intercambios comerciales. Es el caso de España, que se encuentra en el huso 0 y emplea el tiempo legal en el huso 1. Hay varios países que, por razón de su extensión, se encuentran en varios husos horarios, por lo que tienen diferentes tiempos oficiales en distintas regiones. Tal es el caso de Australia, Brasil, Canadá, Estados Unidos, Indonesia, 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 febrero de 2021 Sudán del Sur cambió su horario de referencia en una hora.

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	Kazajistán (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 (Almaty, 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	Kiribati (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)

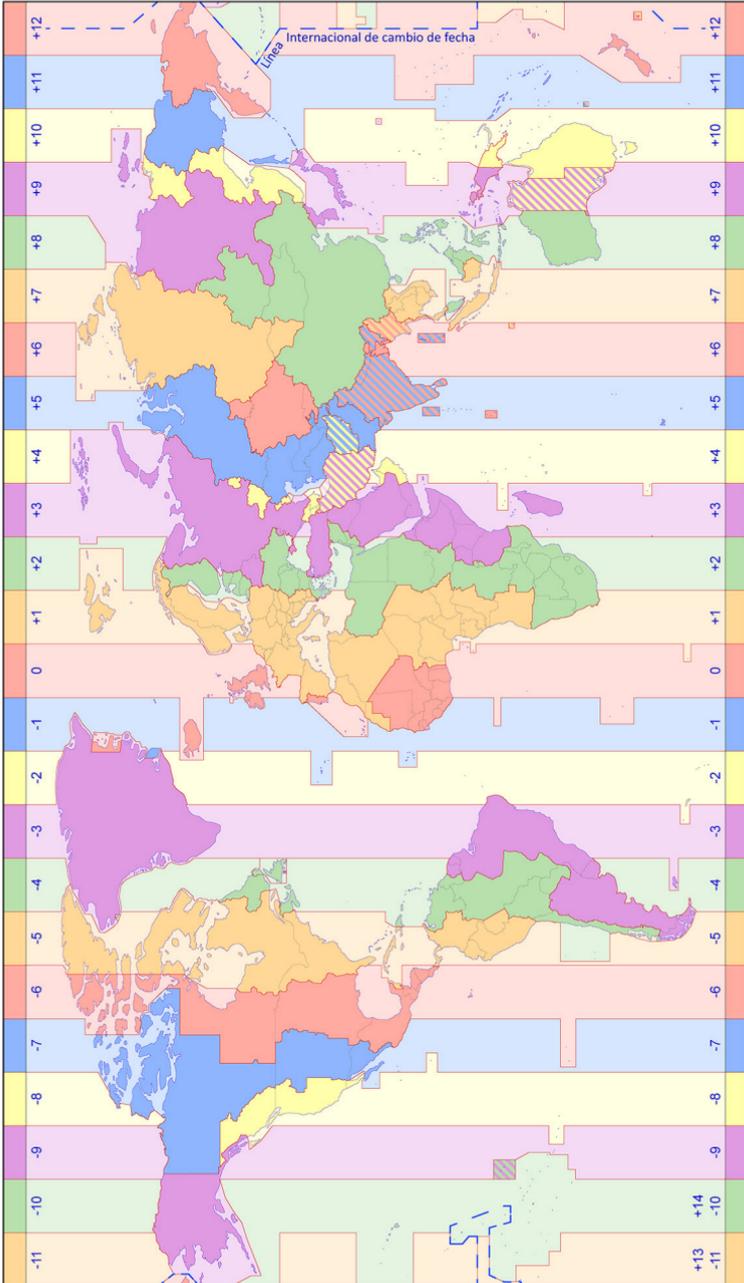
Tiempo oficial referido al Tiempo Universal

TO-TU	Países o regiones
AMÉRICA	
- 10 ^h	EEUU (I. Aleutianas* al oeste de -169°5)
- 9 ^h	EEUU (Alaska* e I. Aleutianas* al este de -169°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 viene 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:

2023 Domingos 26 de marzo y 29 de octubre.

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 2023

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.-med.)		Ecuación de tiempo (v.-m.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	
1	D	1	2459945,5	06	41	33,275	-0,646	-03	11	
2	L	2	2459946,5	06	45	29,832	-0,645	-03	39	
3	M	3	2459947,5	06	49	26,391	-0,641	-04	07	
4	M	4	2459948,5	06	53	22,953	-0,634	-04	35	
5	J	5	2459949,5	06	57	19,516	-0,626	-05	02	
6	V	6	2459950,5	07	01	16,080	-0,618	-05	29	
7	S	7	2459951,5	07	05	12,644	-0,610	-05	55	
8	D	8	2459952,5	07	09	09,206	-0,603	-06	21	
9	L	9	2459953,5	07	13	05,766	-0,598	-06	46	
10	M	10	2459954,5	07	17	02,324	-0,596	-07	11	
11	M	11	2459955,5	07	20	58,879	-0,596	-07	35	
12	J	12	2459956,5	07	24	55,432	-0,598	-07	59	
13	V	13	2459957,5	07	28	51,984	-0,602	-08	22	
14	S	14	2459958,5	07	32	48,535	-0,606	-08	44	
15	D	15	2459959,5	07	36	45,087	-0,610	-09	06	
16	L	16	2459960,5	07	40	41,641	-0,611	-09	27	
17	M	17	2459961,5	07	44	38,198	-0,610	-09	48	
18	M	18	2459962,5	07	48	34,759	-0,604	-10	08	
19	J	19	2459963,5	07	52	31,324	-0,594	-10	27	
20	V	20	2459964,5	07	56	27,891	-0,582	-10	45	
21	S	21	2459965,5	08	00	24,459	-0,570	-11	03	
22	D	22	2459966,5	08	04	21,025	-0,559	-11	20	
23	L	23	2459967,5	08	08	17,586	-0,554	-11	36	
24	M	24	2459968,5	08	12	14,142	-0,553	-11	52	
25	M	25	2459969,5	08	16	10,694	-0,556	-12	06	
26	J	26	2459970,5	08	20	07,244	-0,562	-12	20	
27	V	27	2459971,5	08	24	03,794	-0,567	-12	33	
28	S	28	2459972,5	08	28	00,346	-0,570	-12	45	
29	D	29	2459973,5	08	31	56,900	-0,572	-12	57	
30	L	30	2459974,5	08	35	53,457	-0,570	-13	07	
31	M	31	2459975,5	08	39	50,016	-0,566	-13	17	

Febrero 2023

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.-med.)	Ecuación de tiempo (v.-m.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>		<i>s</i>	<i>m</i>
1	M	32	2459976,5	08	43	46,577	-0,561	-13	26
2	J	33	2459977,5	08	47	43,139	-0,554	-13	34
3	V	34	2459978,5	08	51	39,700	-0,548	-13	41
4	S	35	2459979,5	08	55	36,261	-0,543	-13	47
5	D	36	2459980,5	08	59	32,819	-0,541	-13	53
6	L	37	2459981,5	09	03	29,375	-0,540	-13	58
7	M	38	2459982,5	09	07	25,928	-0,542	-14	02
8	M	39	2459983,5	09	11	22,479	-0,547	-14	05
9	J	40	2459984,5	09	15	19,028	-0,553	-14	07
10	V	41	2459985,5	09	19	15,577	-0,560	-14	09
11	S	42	2459986,5	09	23	12,125	-0,566	-14	10
12	D	43	2459987,5	09	27	08,676	-0,571	-14	10
13	L	44	2459988,5	09	31	05,229	-0,573	-14	09
14	M	45	2459989,5	09	35	01,786	-0,572	-14	08
15	M	46	2459990,5	09	38	58,347	-0,566	-14	06
16	J	47	2459991,5	09	42	54,910	-0,559	-14	03
17	V	48	2459992,5	09	46	51,475	-0,549	-13	59
18	S	49	2459993,5	09	50	48,038	-0,541	-13	55
19	D	50	2459994,5	09	54	44,599	-0,536	-13	50
20	L	51	2459995,5	09	58	41,154	-0,536	-13	45
21	M	52	2459996,5	10	02	37,705	-0,540	-13	39
22	M	53	2459997,5	10	06	34,253	-0,547	-13	32
23	J	54	2459998,5	10	10	30,800	-0,556	-13	24
24	V	55	2459999,5	10	14	27,349	-0,563	-13	16
25	S	56	2460000,5	10	18	23,900	-0,567	-13	07
26	D	57	2460001,5	10	22	20,453	-0,569	-12	58
27	L	58	2460002,5	10	26	17,010	-0,568	-12	48
28	M	59	2460003,5	10	30	13,568	-0,565	-12	38

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 2023

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.-med.)	Ecuación de tiempo (v.-m.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>		<i>m</i>	<i>s</i>
1	M	60	2460004,5	10	34	10,127	-0,561	-12	26
2	J	61	2460005,5	10	38	06,687	-0,557	-12	15
3	V	62	2460006,5	10	42	03,245	-0,554	-12	03
4	S	63	2460007,5	10	45	59,802	-0,553	-11	50
5	D	64	2460008,5	10	49	56,356	-0,554	-11	37
6	L	65	2460009,5	10	53	52,908	-0,558	-11	24
7	M	66	2460010,5	10	57	49,457	-0,564	-11	10
8	M	67	2460011,5	11	01	46,004	-0,572	-10	55
9	J	68	2460012,5	11	05	42,551	-0,580	-10	41
10	V	69	2460013,5	11	09	39,097	-0,589	-10	25
11	S	70	2460014,5	11	13	35,646	-0,596	-10	10
12	D	71	2460015,5	11	17	32,196	-0,601	-09	54
13	L	72	2460016,5	11	21	28,750	-0,602	-09	38
14	M	73	2460017,5	11	25	25,308	-0,600	-09	22
15	M	74	2460018,5	11	29	21,868	-0,595	-09	05
16	J	75	2460019,5	11	33	18,430	-0,588	-08	49
17	V	76	2460020,5	11	37	14,992	-0,582	-08	32
18	S	77	2460021,5	11	41	11,552	-0,578	-08	15
19	D	78	2460022,5	11	45	08,108	-0,577	-07	57
20	L	79	2460023,5	11	49	04,659	-0,581	-07	40
21	M	80	2460024,5	11	53	01,207	-0,588	-07	22
22	M	81	2460025,5	11	56	57,753	-0,598	-07	05
23	J	82	2460026,5	12	00	54,300	-0,607	-06	47
24	V	83	2460027,5	12	04	50,848	-0,613	-06	29
25	S	84	2460028,5	12	08	47,400	-0,617	-06	11
26	D	85	2460029,5	12	12	43,955	-0,617	-05	53
27	L	86	2460030,5	12	16	40,513	-0,615	-05	35
28	M	87	2460031,5	12	20	37,071	-0,612	-05	17
29	M	88	2460032,5	12	24	33,631	-0,608	-04	59
30	J	89	2460033,5	12	28	30,189	-0,605	-04	41
31	V	90	2460034,5	12	32	26,746	-0,603	-04	23

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 2023

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.-med.)	Ecuación de tiempo (v.-m.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>		<i>m</i>	<i>s</i>
1	S	91	2460035,5	12	36	23,301	-0,604	-04	05
2	D	92	2460036,5	12	40	19,853	-0,607	-03	47
3	L	93	2460037,5	12	44	16,403	-0,612	-03	29
4	M	94	2460038,5	12	48	12,951	-0,620	-03	11
5	M	95	2460039,5	12	52	09,498	-0,628	-02	54
6	J	96	2460040,5	12	56	06,044	-0,637	-02	37
7	V	97	2460041,5	13	00	02,592	-0,645	-02	20
8	S	98	2460042,5	13	03	59,142	-0,650	-02	03
9	D	99	2460043,5	13	07	55,696	-0,651	-01	46
10	L	100	2460044,5	13	11	52,254	-0,649	-01	30
11	M	101	2460045,5	13	15	48,814	-0,644	-01	14
12	M	102	2460046,5	13	19	45,377	-0,637	-00	58
13	J	103	2460047,5	13	23	41,939	-0,630	-00	42
14	V	104	2460048,5	13	27	38,500	-0,624	-00	27
15	S	105	2460049,5	13	31	35,057	-0,622	-00	12
16	D	106	2460050,5	13	35	31,611	-0,624	+00	02
17	L	107	2460051,5	13	39	28,161	-0,630	+00	16
18	M	108	2460052,5	13	43	24,709	-0,637	+00	30
19	M	109	2460053,5	13	47	21,256	-0,645	+00	43
20	J	110	2460054,5	13	51	17,805	-0,652	+00	56
21	V	111	2460055,5	13	55	14,357	-0,655	+01	09
22	S	112	2460056,5	13	59	10,912	-0,656	+01	21
23	D	113	2460057,5	14	03	07,470	-0,653	+01	32
24	L	114	2460058,5	14	07	04,030	-0,648	+01	44
25	M	115	2460059,5	14	11	00,591	-0,642	+01	54
26	M	116	2460060,5	14	14	57,152	-0,637	+02	04
27	J	117	2460061,5	14	18	53,711	-0,633	+02	14
28	V	118	2460062,5	14	22	50,269	-0,631	+02	24
29	S	119	2460063,5	14	26	46,824	-0,631	+02	32
30	D	120	2460064,5	14	30	43,376	-0,634	+02	41

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

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

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

Mayo 2023

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.-med.)	Ecuación de tiempo (v.-m.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>s</i>
1	L	121	2460065,5	14	34	39,927	-0,639	+02	48
2	M	122	2460066,5	14	38	36,476	-0,645	+02	56
3	M	123	2460067,5	14	42	33,024	-0,652	+03	02
4	J	124	2460068,5	14	46	29,574	-0,658	+03	09
5	V	125	2460069,5	14	50	26,125	-0,662	+03	14
6	S	126	2460070,5	14	54	22,680	-0,662	+03	19
7	D	127	2460071,5	14	58	19,239	-0,659	+03	24
8	L	128	2460072,5	15	02	15,801	-0,652	+03	28
9	M	129	2460073,5	15	06	12,366	-0,643	+03	31
10	M	130	2460074,5	15	10	08,931	-0,633	+03	34
11	J	131	2460075,5	15	14	05,495	-0,624	+03	36
12	V	132	2460076,5	15	18	02,056	-0,619	+03	38
13	S	133	2460077,5	15	21	58,612	-0,618	+03	39
14	D	134	2460078,5	15	25	55,165	-0,620	+03	39
15	L	135	2460079,5	15	29	51,716	-0,625	+03	39
16	M	136	2460080,5	15	33	48,265	-0,631	+03	39
17	M	137	2460081,5	15	37	44,816	-0,636	+03	37
18	J	138	2460082,5	15	41	41,369	-0,638	+03	35
19	V	139	2460083,5	15	45	37,925	-0,637	+03	33
20	S	140	2460084,5	15	49	34,484	-0,633	+03	30
21	D	141	2460085,5	15	53	31,046	-0,627	+03	26
22	L	142	2460086,5	15	57	27,610	-0,619	+03	22
23	M	143	2460087,5	16	01	24,173	-0,611	+03	18
24	M	144	2460088,5	16	05	20,735	-0,604	+03	13
25	J	145	2460089,5	16	09	17,296	-0,599	+03	07
26	V	146	2460090,5	16	13	13,854	-0,596	+03	01
27	S	147	2460091,5	16	17	10,409	-0,596	+02	54
28	D	148	2460092,5	16	21	06,963	-0,598	+02	47
29	L	149	2460093,5	16	25	03,514	-0,602	+02	40
30	M	150	2460094,5	16	29	00,065	-0,606	+02	32
31	M	151	2460095,5	16	32	56,616	-0,611	+02	24

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

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

Junio 2023

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.-med.)		Ecuación de tiempo (v.-m.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	
1	J	152	2460096,5	16	36	53,169	-0,613	+02	15	
2	V	153	2460097,5	16	40	49,724	-0,613	+02	06	
3	S	154	2460098,5	16	44	46,284	-0,609	+01	57	
4	D	155	2460099,5	16	48	42,847	-0,601	+01	47	
5	L	156	2460100,5	16	52	39,414	-0,590	+01	37	
6	M	157	2460101,5	16	56	35,982	-0,578	+01	26	
7	M	158	2460102,5	17	00	32,548	-0,566	+01	15	
8	J	159	2460103,5	17	04	29,112	-0,558	+01	04	
9	V	160	2460104,5	17	08	25,672	-0,553	+00	53	
10	S	161	2460105,5	17	12	22,227	-0,553	+00	41	
11	D	162	2460106,5	17	16	18,780	-0,556	+00	29	
12	L	163	2460107,5	17	20	15,331	-0,560	+00	17	
13	M	164	2460108,5	17	24	11,883	-0,564	+00	04	
14	M	165	2460109,5	17	28	08,436	-0,566	-00	08	
15	J	166	2460110,5	17	32	04,993	-0,564	-00	21	
16	V	167	2460111,5	17	36	01,553	-0,560	-00	34	
17	S	168	2460112,5	17	39	58,115	-0,553	-00	47	
18	D	169	2460113,5	17	43	54,679	-0,544	-01	00	
19	L	170	2460114,5	17	47	51,244	-0,535	-01	13	
20	M	171	2460115,5	17	51	47,808	-0,526	-01	27	
21	M	172	2460116,5	17	55	44,370	-0,520	-01	40	
22	J	173	2460117,5	17	59	40,930	-0,515	-01	53	
23	V	174	2460118,5	18	03	37,487	-0,513	-02	06	
24	S	175	2460119,5	18	07	34,042	-0,514	-02	19	
25	D	176	2460120,5	18	11	30,594	-0,517	-02	32	
26	L	177	2460121,5	18	15	27,146	-0,520	-02	45	
27	M	178	2460122,5	18	19	23,698	-0,524	-02	57	
28	M	179	2460123,5	18	23	20,250	-0,527	-03	10	
29	J	180	2460124,5	18	27	16,805	-0,528	-03	22	
30	V	181	2460125,5	18	31	13,363	-0,525	-03	34	

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

La ecuación de los equinoccios se puede calcular aproximadamente mediante:

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

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

Julio 2023

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.-med.)	Ecuación de tiempo (v.-m.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>s</i>
1	S	182	2460126,5	18	35	09,925	-0,518	-03	46
2	D	183	2460127,5	18	39	06,491	-0,508	-03	57
3	L	184	2460128,5	18	43	03,059	-0,495	-04	08
4	M	185	2460129,5	18	46	59,627	-0,483	-04	19
5	M	186	2460130,5	18	50	56,192	-0,472	-04	30
6	J	187	2460131,5	18	54	52,754	-0,466	-04	40
7	V	188	2460132,5	18	58	49,311	-0,465	-04	50
8	S	189	2460133,5	19	02	45,864	-0,467	-05	00
9	D	190	2460134,5	19	06	42,415	-0,471	-05	09
10	L	191	2460135,5	19	10	38,966	-0,476	-05	18
11	M	192	2460136,5	19	14	35,519	-0,478	-05	27
12	M	193	2460137,5	19	18	32,074	-0,478	-05	35
13	J	194	2460138,5	19	22	28,633	-0,475	-05	42
14	V	195	2460139,5	19	26	25,194	-0,469	-05	49
15	S	196	2460140,5	19	30	21,757	-0,461	-05	56
16	D	197	2460141,5	19	34	18,321	-0,453	-06	02
17	L	198	2460142,5	19	38	14,884	-0,446	-06	08
18	M	199	2460143,5	19	42	11,445	-0,439	-06	13
19	M	200	2460144,5	19	46	08,005	-0,435	-06	18
20	J	201	2460145,5	19	50	04,561	-0,434	-06	22
21	V	202	2460146,5	19	54	01,116	-0,435	-06	25
22	S	203	2460147,5	19	57	57,668	-0,438	-06	28
23	D	204	2460148,5	20	01	54,218	-0,443	-06	31
24	L	205	2460149,5	20	05	50,768	-0,448	-06	32
25	M	206	2460150,5	20	09	47,319	-0,453	-06	34
26	M	207	2460151,5	20	13	43,872	-0,456	-06	34
27	J	208	2460152,5	20	17	40,427	-0,456	-06	34
28	V	209	2460153,5	20	21	36,986	-0,453	-06	33
29	S	210	2460154,5	20	25	33,548	-0,446	-06	32
30	D	211	2460155,5	20	29	30,113	-0,436	-06	30
31	L	212	2460156,5	20	33	26,680	-0,425	-06	28

Día de tiempo solar medio:

$$1^d = 24^h = 1440^m = 86\,400^s$$

Día de tiempo sidéreo medio:

$$1^d \text{ TSM} = 23^h 56^m 04^s,09053 =$$

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

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

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

Agosto 2023

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.-med.)	Ecuación de tiempo (v.-m.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>		<i>m</i>	<i>s</i>
1	M	213	2460157,5	20	37	23,245	-0,415	-06	25
2	M	214	2460158,5	20	41	19,807	-0,408	-06	21
3	J	215	2460159,5	20	45	16,364	-0,406	-06	16
4	V	216	2460160,5	20	49	12,917	-0,409	-06	11
5	S	217	2460161,5	20	53	09,466	-0,415	-06	06
6	D	218	2460162,5	20	57	06,015	-0,422	-06	00
7	L	219	2460163,5	21	01	02,565	-0,427	-05	53
8	M	220	2460164,5	21	04	59,118	-0,429	-05	46
9	M	221	2460165,5	21	08	55,674	-0,428	-05	38
10	J	222	2460166,5	21	12	52,233	-0,425	-05	29
11	V	223	2460167,5	21	16	48,794	-0,420	-05	20
12	S	224	2460168,5	21	20	45,355	-0,414	-05	11
13	D	225	2460169,5	21	24	41,916	-0,408	-05	01
14	L	226	2460170,5	21	28	38,476	-0,404	-04	50
15	M	227	2460171,5	21	32	35,034	-0,401	-04	39
16	M	228	2460172,5	21	36	31,589	-0,401	-04	27
17	J	229	2460173,5	21	40	28,141	-0,404	-04	15
18	V	230	2460174,5	21	44	24,692	-0,409	-04	02
19	S	231	2460175,5	21	48	21,240	-0,416	-03	49
20	D	232	2460176,5	21	52	17,788	-0,424	-03	35
21	L	233	2460177,5	21	56	14,336	-0,431	-03	21
22	M	234	2460178,5	22	00	10,886	-0,437	-03	06
23	M	235	2460179,5	22	04	07,438	-0,440	-02	51
24	J	236	2460180,5	22	08	03,993	-0,440	-02	35
25	V	237	2460181,5	22	12	00,551	-0,437	-02	19
26	S	238	2460182,5	22	15	57,113	-0,431	-02	02
27	D	239	2460183,5	22	19	53,676	-0,423	-01	45
28	L	240	2460184,5	22	23	50,240	-0,415	-01	28
29	M	241	2460185,5	22	27	46,801	-0,409	-01	10
30	M	242	2460186,5	22	31	43,358	-0,408	-00	52
31	J	243	2460187,5	22	35	39,910	-0,411	-00	33

Duración media de distintos tipos de años:

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

Setiembre 2023

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.-med.)	Ecuación de tiempo (v.-m.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>s</i>
1	V	244	2460188,5	22	39	36,458	-0,418	-00	15
2	S	245	2460189,5	22	43	33,005	-0,426	+00	04
3	D	246	2460190,5	22	47	29,552	-0,434	+00	24
4	L	247	2460191,5	22	51	26,102	-0,440	+00	44
5	M	248	2460192,5	22	55	22,656	-0,442	+01	03
6	M	249	2460193,5	22	59	19,212	-0,441	+01	24
7	J	250	2460194,5	23	03	15,771	-0,438	+01	44
8	V	251	2460195,5	23	07	12,330	-0,433	+02	04
9	S	252	2460196,5	23	11	08,890	-0,429	+02	25
10	D	253	2460197,5	23	15	05,448	-0,426	+02	46
11	L	254	2460198,5	23	19	02,005	-0,425	+03	07
12	M	255	2460199,5	23	22	58,559	-0,426	+03	28
13	M	256	2460200,5	23	26	55,111	-0,430	+03	49
14	J	257	2460201,5	23	30	51,660	-0,436	+04	10
15	V	258	2460202,5	23	34	48,207	-0,444	+04	32
16	S	259	2460203,5	23	38	44,753	-0,453	+04	53
17	D	260	2460204,5	23	42	41,300	-0,462	+05	14
18	L	261	2460205,5	23	46	37,847	-0,470	+05	36
19	M	262	2460206,5	23	50	34,397	-0,475	+05	57
20	M	263	2460207,5	23	54	30,950	-0,478	+06	18
21	J	264	2460208,5	23	58	27,507	-0,477	+06	40
22	V	265	2460209,5	00	02	24,066	-0,473	+07	01
23	S	266	2460210,5	00	06	20,627	-0,467	+07	22
24	D	267	2460211,5	00	10	17,189	-0,461	+07	43
25	L	268	2460212,5	00	14	13,750	-0,455	+08	04
26	M	269	2460213,5	00	18	10,307	-0,454	+08	25
27	M	270	2460214,5	00	22	06,860	-0,456	+08	46
28	J	271	2460215,5	00	26	03,409	-0,462	+09	06
29	V	272	2460216,5	00	29	59,956	-0,471	+09	27
30	S	273	2460217,5	00	33	56,502	-0,480	+09	47

Año juliano:

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

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

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

Octubre 2023

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.-med.)	Ecuación de tiempo (v.-m.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>s</i>
1	D	274	2460218,5	00	37	53,050	-0,487	+10	06
2	L	275	2460219,5	00	41	49,601	-0,491	+10	26
3	M	276	2460220,5	00	45	46,157	-0,491	+10	45
4	M	277	2460221,5	00	49	42,715	-0,489	+11	04
5	J	278	2460222,5	00	53	39,275	-0,484	+11	22
6	V	279	2460223,5	00	57	35,835	-0,479	+11	41
7	S	280	2460224,5	01	01	32,394	-0,476	+11	58
8	D	281	2460225,5	01	05	28,951	-0,474	+12	16
9	L	282	2460226,5	01	09	25,506	-0,474	+12	33
10	M	283	2460227,5	01	13	22,059	-0,477	+12	49
11	M	284	2460228,5	01	17	18,609	-0,482	+13	05
12	J	285	2460229,5	01	21	15,157	-0,489	+13	20
13	V	286	2460230,5	01	25	11,704	-0,497	+13	35
14	S	287	2460231,5	01	29	08,251	-0,506	+13	50
15	D	288	2460232,5	01	33	04,799	-0,513	+14	04
16	L	289	2460233,5	01	37	01,349	-0,519	+14	17
17	M	290	2460234,5	01	40	57,902	-0,521	+14	30
18	M	291	2460235,5	01	44	54,459	-0,520	+14	42
19	J	292	2460236,5	01	48	51,018	-0,516	+14	54
20	V	293	2460237,5	01	52	47,580	-0,509	+15	05
21	S	294	2460238,5	01	56	44,143	-0,502	+15	15
22	D	295	2460239,5	02	00	40,704	-0,496	+15	25
23	L	296	2460240,5	02	04	37,264	-0,492	+15	34
24	M	297	2460241,5	02	08	33,819	-0,492	+15	43
25	M	298	2460242,5	02	12	30,371	-0,495	+15	51
26	J	299	2460243,5	02	16	26,919	-0,502	+15	58
27	V	300	2460244,5	02	20	23,467	-0,510	+16	04
28	S	301	2460245,5	02	24	20,016	-0,516	+16	10
29	D	302	2460246,5	02	28	16,568	-0,520	+16	15
30	L	303	2460247,5	02	32	13,123	-0,520	+16	19
31	M	304	2460248,5	02	36	09,682	-0,516	+16	22

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

Noviembre 2023

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.-med.)	Ecuación de tiempo (v.-m.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>s</i>
1	M	305	2460249,5	02	40	06,244	-0,510	+16	25
2	J	306	2460250,5	02	44	02,806	-0,503	+16	26
3	V	307	2460251,5	02	47	59,368	-0,496	+16	27
4	S	308	2460252,5	02	51	55,929	-0,491	+16	28
5	D	309	2460253,5	02	55	52,487	-0,488	+16	27
6	L	310	2460254,5	02	59	49,043	-0,488	+16	25
7	M	311	2460255,5	03	03	45,596	-0,490	+16	23
8	M	312	2460256,5	03	07	42,147	-0,494	+16	20
9	J	313	2460257,5	03	11	38,696	-0,500	+16	16
10	V	314	2460258,5	03	15	35,246	-0,506	+16	11
11	S	315	2460259,5	03	19	31,796	-0,512	+16	05
12	D	316	2460260,5	03	23	28,347	-0,515	+15	58
13	L	317	2460261,5	03	27	24,902	-0,516	+15	51
14	M	318	2460262,5	03	31	21,460	-0,513	+15	42
15	M	319	2460263,5	03	35	18,022	-0,507	+15	33
16	J	320	2460264,5	03	39	14,586	-0,498	+15	23
17	V	321	2460265,5	03	43	11,152	-0,488	+15	12
18	S	322	2460266,5	03	47	07,716	-0,479	+15	00
19	D	323	2460267,5	03	51	04,279	-0,471	+14	48
20	L	324	2460268,5	03	55	00,838	-0,468	+14	34
21	M	325	2460269,5	03	58	57,393	-0,468	+14	20
22	M	326	2460270,5	04	02	53,945	-0,472	+14	05
23	J	327	2460271,5	04	06	50,495	-0,477	+13	50
24	V	328	2460272,5	04	10	47,046	-0,481	+13	33
25	S	329	2460273,5	04	14	43,599	-0,483	+13	16
26	D	330	2460274,5	04	18	40,156	-0,482	+12	58
27	L	331	2460275,5	04	22	36,716	-0,477	+12	39
28	M	332	2460276,5	04	26	33,279	-0,469	+12	20
29	M	333	2460277,5	04	30	29,844	-0,460	+11	59
30	J	334	2460278,5	04	34	26,409	-0,450	+11	39

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

$$595^s \text{ sen } (199^\circ + 1,9713 \text{ d}) + 441^s \text{ sen } (175^\circ + 0,9856 \text{ d})$$

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

Diciembre 2023

Día del mes	Día de la sem.	Día del año	Día juliano	Hora sidérea verdadera en Greenwich			Ecuación de equinoccios (ver.-med.)		Ecuación de tiempo (v.-m.)	
				<i>h</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>s</i>	<i>m</i>	<i>s</i>	
1	V	335	2460279,5	04	38	22,973	-0,442	+11	17	
2	S	336	2460280,5	04	42	19,535	-0,435	+10	55	
3	D	337	2460281,5	04	46	16,094	-0,431	+10	32	
4	L	338	2460282,5	04	50	12,651	-0,430	+10	08	
5	M	339	2460283,5	04	54	09,205	-0,432	+09	44	
6	M	340	2460284,5	04	58	05,757	-0,434	+09	20	
7	J	341	2460285,5	05	02	02,309	-0,438	+08	54	
8	V	342	2460286,5	05	05	58,861	-0,442	+08	28	
9	S	343	2460287,5	05	09	55,414	-0,444	+08	02	
10	D	344	2460288,5	05	13	51,970	-0,443	+07	35	
11	L	345	2460289,5	05	17	48,529	-0,440	+07	08	
12	M	346	2460290,5	05	21	45,091	-0,432	+06	40	
13	M	347	2460291,5	05	25	41,657	-0,422	+06	12	
14	J	348	2460292,5	05	29	38,225	-0,410	+05	44	
15	V	349	2460293,5	05	33	34,793	-0,397	+05	15	
16	S	350	2460294,5	05	37	31,358	-0,387	+04	46	
17	D	351	2460295,5	05	41	27,920	-0,381	+04	17	
18	L	352	2460296,5	05	45	24,478	-0,378	+03	48	
19	M	353	2460297,5	05	49	21,032	-0,380	+03	18	
20	M	354	2460298,5	05	53	17,584	-0,383	+02	49	
21	J	355	2460299,5	05	57	14,136	-0,386	+02	19	
22	V	356	2460300,5	06	01	10,690	-0,388	+01	49	
23	S	357	2460301,5	06	05	07,246	-0,386	+01	20	
24	D	358	2460302,5	06	09	03,807	-0,382	+00	50	
25	L	359	2460303,5	06	13	00,370	-0,374	+00	20	
26	M	360	2460304,5	06	16	56,935	-0,364	-00	10	
27	M	361	2460305,5	06	20	53,501	-0,353	-00	39	
28	J	362	2460306,5	06	24	50,066	-0,344	-01	09	
29	V	363	2460307,5	06	28	46,629	-0,336	-01	38	
30	S	364	2460308,5	06	32	43,190	-0,330	-02	07	
31	D	365	2460309,5	06	36	39,748	-0,328	-02	36	

La ecuación de tiempo se anula en las siguientes cuatro fechas: 15 de abril, 13 de junio, 1 de setiembre y 25 de diciembre. En estas fechas, el tiempo solar medio y el verdadero prácticamente coinciden.

Su valor es mínimo el día 11 de febrero, con un mínimo secundario el 26 de julio. Su valor es máximo el día 3 de noviembre, con un máximo secundario el 14 de mayo.

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 2023 se escribe como 2023-02-28 o bien 20230228.

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 24 de enero de 2023 es 2 459 968,5.

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	Día a 0 ^h de TU	Día juliano
2023 Ene 0	2459944,5	2023 Jul 0	2460125,5
2023 Feb 0	2459975,5	2023 Ago 0	2460156,5
2023 Mar 0	2460003,5	2023 Set 0	2460187,5
2023 Abr 0	2460034,5	2023 Oct 0	2460217,5
2023 May 0	2460064,5	2023 Nov 0	2460248,5
2023 Jun 0	2460095,5	2023 Dic 0	2460278,5

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 $DJF = 365 * F + \text{int}[F/4]$, 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 $\text{int}[\]$ calcula la parte entera de un número.

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

Ejemplo: para el 24 de enero de 2023 a las 0^h TU son:

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

$$DJF(23) = 365 * 23 + \text{int}[23/4] = 8400$$

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

Por consiguiente, el día juliano es: $DJC + DJF + DJM + \text{día} = 2\ 451\ 544,5 + 8400 + 0 + 24 = 2\ 459\ 968,5$. Tal día será martes.

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

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

En ocasiones se usa el *día juliano modificado* establecido en 1957, que se obtiene restando al día juliano la cantidad 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 24 de enero de 2023 a las 0^h TU es 2 459 968,5; el día juliano **modificado** correspondiente es 59 968.

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 2023

Cómputo eclesiástico

Número áureo	10	(ciclo lunar de 19 años)
Epacta	8	(edad de la Luna al 1 de enero)
Ciclo solar	16	(ciclo de 28 años)
Letra dominical	A	(ciclo de 28 años)
Indicción romana	1	(ciclo de 15 años)

Principales fiestas movibles			Témporas	
Septuagésima	Feb	5	I	Mar 1, 3, 4
Miércoles de Ceniza	Feb	22	II	May 31, Jun 2, 3
Primer domingo de Cuaresma	Feb	26	III	Set 20, 22, 23
Viernes Santo	Abr	7	IV	Dic 20, 22, 23
Pascua	Abr	9		
Ascensión	May	18		
Pentecostés	May	28		
La Santísima Trinidad	Jun	4		
Corpus Christi	Jun	8		
El Sagrado Corazón de Jesús	Jun	16		
Primer domingo de Adviento	Dic	3		

Velaciones	
Se cierran:	
Feb 21 y Dic 2	
Se abren:	
Abr 11 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 2023

Pascua	3 de abril (juliano) 16 de abril (gregoriano)
Epacta	17
Letra dominical	B

Cronología

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

Calendario musulmán

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

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

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

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

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

Ejemplo: el 1 de enero de 2023 ($G = 2023,00$) corresponde a $M = 1444,45$, o sea a mediados del año musulmán 1444. Este es un año común pues es el año 4 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		
1444	Raġab	1	2023	Ene	23
1444	Ša'bān	1	2023	Feb	22
1444	Ramaḍān	1	2023	Mar	23
1444	Šawwāl	1	2023	Abr	22
1444	Dū-l-qa'da	1	2023	May	21
1444	Dū-l-ḥiġġa	1	2023	Jun	20
1445	Muḥarram	1	2023	Jul	19
1445	Šafar	1	2023	Ago	18
1445	Rabī' al-awwal	1	2023	Set	16
1445	Rabī' al-tānī	1	2023	Oct	16
1445	Ÿumādà al-ūlā	1	2023	Nov	14
1445	Ÿumādà al-ājira	1	2023	Dic	14

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

Ascensión del Profeta	2023	Feb	18
Primer día del ramadán	2023	Mar	23
Conquista de la Meca	2023	Abr	11
Revelación del Corán	2023	Abr	18
Último día del ramadán	2023	Abr	21
Pascua postayuno	2023	Abr	22
Pascua de Inmolación	2023	Jun	29
Primer día del año	2023	Jul	19
Āshūrā'	2023	Jul	28
Huida del Profeta (<i>Hégira</i>)	2023	Set	16
Nacimiento del Profeta	2023	Set	27

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
1444 Raʿyab	2023 Ene 23
1444 Šaʿbān	2023 Feb 21
1444 Ramaḍān	2023 Mar 22
1444 Šawwāl	2023 Abr 21
1444 Dū-l-qaʿda	2023 May 20
1444 Dū-l-ḥiŷŷa	2023 Jun 19
1445 Muḥarram	2023 Jul 18
1445 Šafar	2023 Ago 17
1445 Rabīʿ al-awwal	2023 Set 16
1445 Rabīʿ al-tānī	2023 Oct 16
1445 Ŷumādā al-ūlā	2023 Nov 15
1445 Ŷumādā al-ājira	2023 Dic 14

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)
5777	2016 Oct 3	353
5778	2017 Set 21	354
5779	2018 Set 10	385
5780	2019 Set 30	355
5781	2020 Set 19	353
5782	2021 Set 7	384
5783	2022 Set 26	355
5784	2023 Set 16	383
5785	2024 Oct 3	355
5786	2025 Set 23	354
5787	2026 Set 12	385

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
5783 Šebāṭ 1	2023 Ene 23
5783 Adār 1	2023 Feb 22
5783 Nisan 1	2023 Mar 23
5783 Iyyār 1	2023 Abr 22
5783 Siwān 1	2023 May 21
5783 Tammūz 1	2023 Jun 20
5783 Ab 1	2023 Jul 19
5783 Elūl 1	2023 Ago 18
5784 Tišrī 1	2023 Set 16
5784 Ḥešwān 1	2023 Oct 16
5784 Kislew 1	2023 Nov 14
5784 Ṭebēt 1	2023 Dic 13

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).

Ayuno. Sitio de Jerusalén	2023	Ene	3
Año nuevo de los árboles	2023	Feb	6
Ayuno de Ester	2023	Mar	6
Suertes (<i>Purim</i>)	2023	Mar	7
Pascua (<i>Pesah</i>)	2023	Abr	6
<i>Lag B'Omer</i>	2023	May	9
Pentecostés (<i>Shavuot</i>)	2023	May	26
Ayuno del mes de tammūz	2023	Jul	6
Ayuno. Destrucción de Jerusalén	2023	Jul	27
Año nuevo (<i>Rosh-hashana</i>)	2023	Set	16
Ayuno de Guedaliah	2023	Set	18
Expiación (<i>Yom Kippur</i>)	2023	Set	25
Tabernáculos (<i>Sukkot</i>)	2023	Set	30
Alegría de la Ley	2023	Oct	8
Dedicación del Templo (<i>Hanukka</i>)	2023	Dic	8
Ayuno. Sitio de Jerusalén	2023	Dic	22

Calendario perpetuo

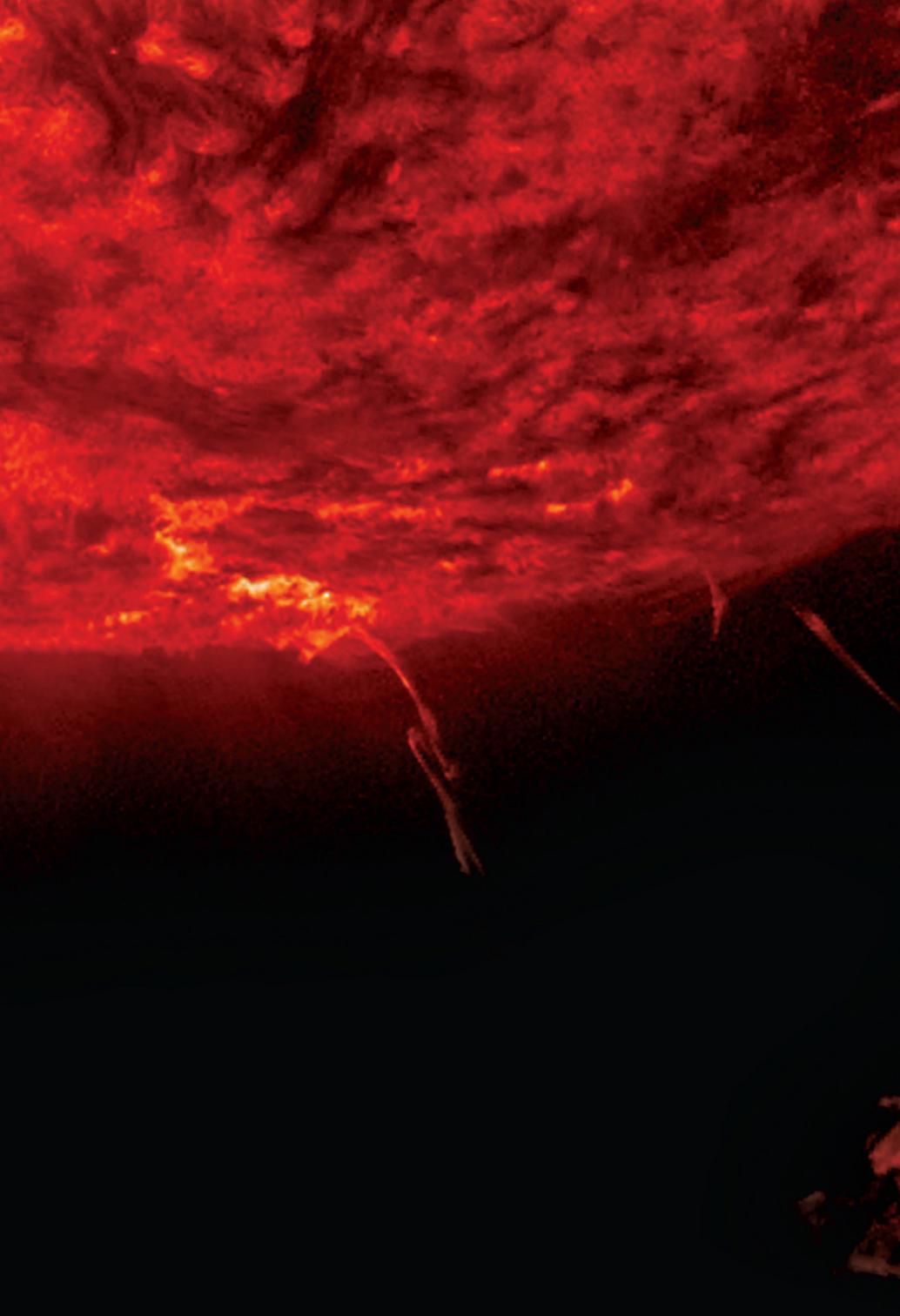
En la sección dedicada al día juliano se ha descrito un procedimiento para calcular el día de la semana que corresponde a una fecha dada válido para el calendario gregoriano. En esta sección se dan unas tablas que permiten dicho cálculo entre los años 0 y 3000, incluyendo el calendario juliano hasta 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__ 11__ G 15__	3__ 10__	2__ 9__	1__ 8__ J 15__	0__ 7__ 14__	6__ 13__	5__ 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	34	35
	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).

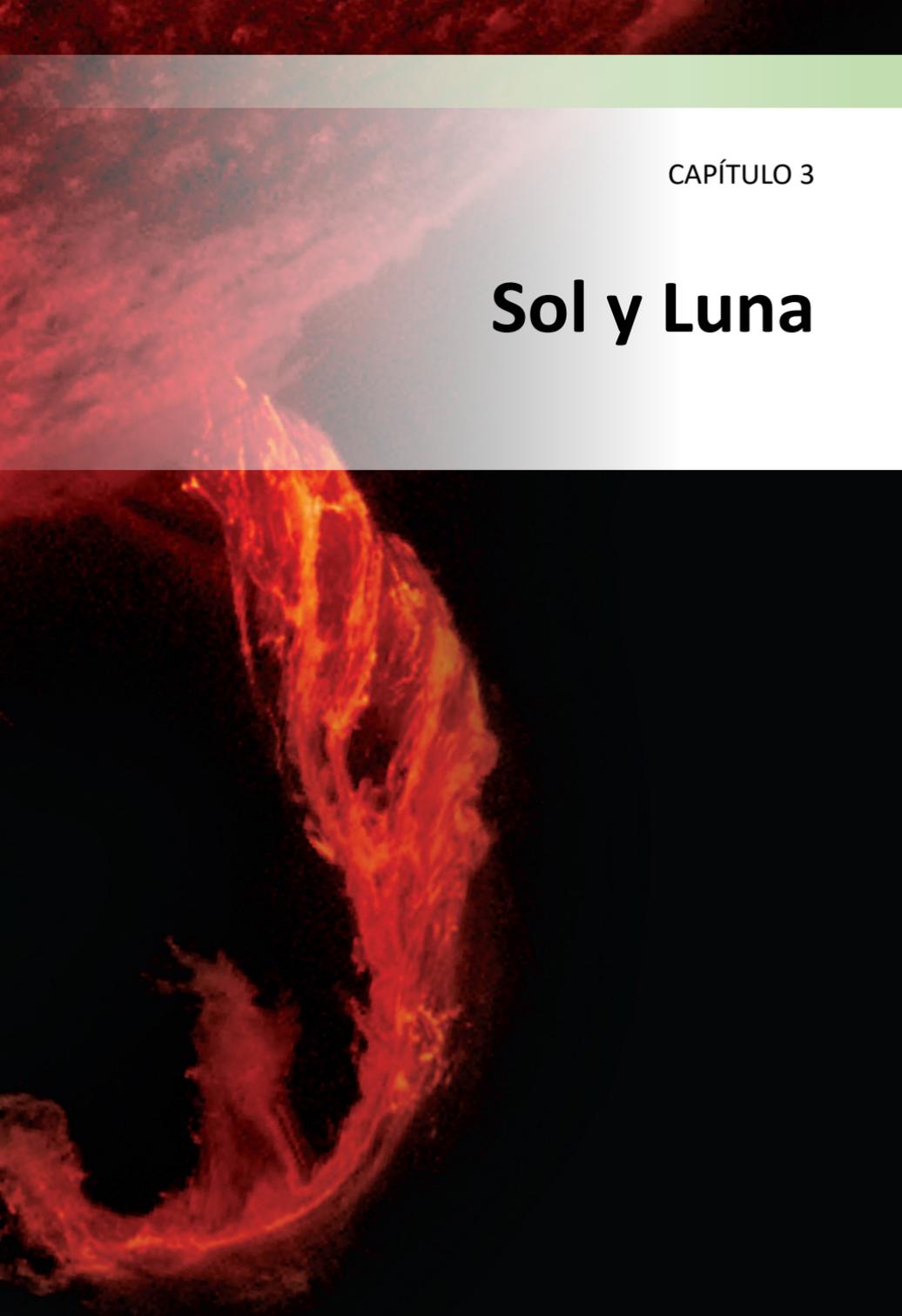
Para determinar el día de la semana de una fecha dada hay que sumar los valores del índice que corresponden a: (1) el millar y las centenas del año considerado, (2) las decenas y unidades del año considerado, (3) el mes considerado, y (4) el día del mes. A continuación, al resultado de la suma hay que 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: 24 de enero de 2023: a 20__ le corresponde el índice 7; a __23, el índice 6; a enero, el índice 7; y al día 24, el índice 3. La suma es: $7 + 6 + 7 + 3 = 23$. Restándole tres veces 7 se obtiene 2, índice que corresponde a martes.



CAPÍTULO 3

Sol y Luna





3.1. Datos solares

Elementos medios de la órbita para 2023

Longitud media	$L_{\odot} = 279^{\circ}411915 + 0^{\circ}98564736 d$
Anomalía media	$M_{\odot} = 356^{\circ}078114 + 0^{\circ}98560028 d$
Longitud media del perigeo	$\varpi_{\odot} = 283^{\circ}333802 + 0^{\circ}00004708 d$
Excentricidad promedio	$e_{\odot} = 0,01669923$
Oblicuidad media de la eclíptica	$\varepsilon = 23^{\circ}436300 - 0^{\circ}00000036 d$

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

Longitud verdadera (error < 30'')

$$\begin{aligned} \odot &= L_{\odot} + 1^{\circ}913 \operatorname{sen}(M_{\odot}) + 0^{\circ}020 \operatorname{sen}(2 M_{\odot}) \\ &= 279^{\circ}407 + 0^{\circ}98565 d + 1^{\circ}913 \operatorname{sen}(0^{\circ}9856 d - 4^{\circ}) \\ &\quad + 0^{\circ}020 \operatorname{sen}(2^{\circ}d - 11^{\circ}) \end{aligned}$$

Duración de los años

año trópico:	365 ^d ,242188	365 ^d 05 ^h 48 ^m 45 ^s ,06 (equin.-equin.)
año sidéreo:	365 ^d ,256363	365 ^d 06 ^h 09 ^m 9 ^s ,7 (estrella-estrella)
año anomalístico:	365 ^d ,259636	365 ^d 06 ^h 3 ^m 52 ^s ,6 (nodo-nodo)

Distancia media

Semidiámetro a 1 ua	15'59",63	959",63
Distancia media	1,000001018 ua	149 598 000 km
Distancia media en tiempo luz	$\tau_A = 499^s,004784$	$\simeq 8^m19^s,0$
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	$R_{\odot} = 695\,660 \text{ km}$	109 R_{\oplus}
Superficie	$6,081\,10^{12} \text{ km}^2$	11 900
Volumen	$1,4120\,10^{18} \text{ km}^3$	1 300 000
Masa	$M_{\odot} = 1,988547\,10^{30} \text{ kg}$	333 000 M_{\oplus}
Densidad media	$1,410 \text{ g cm}^{-3}$	0,256
Constante gravitatoria	$G M_{\odot} = 1,3271244\,10^{20} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$	332 946
Gravedad superficial	274 m s^{-2}	27,9
Velocidad de escape	$617,5 \text{ km s}^{-1}$	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	$\mathcal{L}_{\odot} = 3,846 \cdot 10^{26} \text{ W} = 3,846 \cdot 10^{33} \text{ erg s}^{-1}$
Emisividad superficial	6,28 10 ⁷ W m ⁻²

Rotación

Velocidad angular (°/día)	$\omega = 14,713 - 2,396 \sin^2 \phi_{\odot} - 1,787 \sin^4 \phi_{\odot}$
Velocidad superficial en el ecuador solar ($\phi_{\odot} = 0^{\circ}$)	2,1 km s ⁻¹
Periodo de rotación sidéreo en el ecuador solar	24 ^d 11 ^h 14 ^m
" " sidéreo (a $\phi_{\odot} = 26^{\circ}$)	25 ^d 09 ^h 07 ^m
" " sinódico (a $\phi_{\odot} = 26^{\circ}$)	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	$\alpha_{PN} = 286,18$ $\delta_{PN} = 63,91$

Luminosidad

Luminosidad total	$\mathcal{L}_{\odot} = 3,828 \cdot 10^{26} \text{ W} = 3,828 \cdot 10^{33} \text{ erg s}^{-1}$
Tipo estelar	G2 v
Temperatura efectiva	$T_{\text{eff}} = 5772 \text{ K}$
Magnitudes absolutas	$M_{\text{bol}} = 4,74$ $M_{\text{U}} = 5,67$ $M_{\text{V}} = 4,83$ $M_{\text{B}} = 5,48$

Temperatura equivalente de su emisión a longitudes de onda (λ) radio:
 $T(\lambda < 2 \text{ cm}) \approx 10^4 \text{ K}$
 $T(\lambda > 2 \text{ m}) \approx 10^6 \text{ K}$

Flujo fuera de la atmósfera terrestre:

Magnitudes aparentes	$m_{\text{bol}} = -26,832$ $m_{\text{U}} = -25,96$ $V = m_{\text{V}} = -26,75$ $B = m_{\text{B}} = -26,09$
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	5780 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 $\varepsilon_0 = 23^\circ 26' 21'' 406$
 $= 23^\circ 4392794$
 $= 84\ 382'' 406$

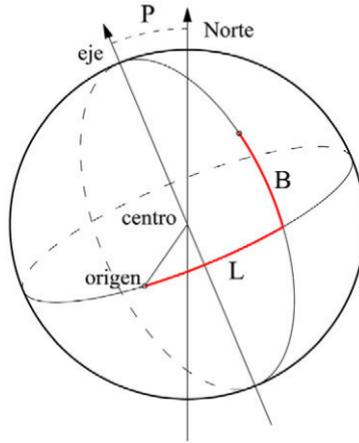
3.2. Efemérides solares diarias para el año 2023

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

En las dos columnas centrales de las tablas se indica la posición aparente geocéntrica del Sol a las 0^h de TU, expresada en coordenadas ecuatoriales, **ascensión recta** y **declinación**. Para obtener las coordenadas en cualquier otro instante debe realizarse una interpolación de segundo grado partiendo de los valores de dichas columnas (véase el apartado *Interpolación* en la página 359).

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 (α_{\odot}) y Declinación (δ_{\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 (véase el apartado *Tablas de tiempos* en la página 104);
- 2) se le resta la longitud Este 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:

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

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

$$L \simeq \odot + 81^\circ + 14,1844 (2\ 451\ 545 - DJ)$$

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

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

SOL Enero 2023

Día	En Madrid (TU)			a 0 ^h de TU			a 0 ^h de TU		
	Orto h m	Culmin. h m s	Ocaso h m	Asc. Recta h m s	Declinac. ° ' "	P °	B °	L °	
1 D	7 38	12 18 11	16 59	18 44 44,7	-23 02 23	02,2	-3,0	5,0	
2 L	7 38	12 18 39	17 00	18 49 09,5	-22 57 26	01,7	-3,1	351,8	
3 M	7 38	12 19 07	17 00	18 53 34,0	-22 52 02	01,2	-3,2	338,7	
4 M	7 38	12 19 34	17 01	18 57 58,1	-22 46 10	00,6	-3,2	325,5	
5 J	7 38	12 20 01	17 02	19 02 21,8	-22 39 51	00,3	-3,4	312,3	
6 V	7 38	12 20 28	17 03	19 06 45,1	-22 33 06	-00,2	-3,5	299,2	
7 S	7 38	12 20 54	17 04	19 11 07,9	-22 25 53	-00,6	-3,7	286,0	
8 D	7 38	12 21 19	17 05	19 15 30,2	-22 18 14	-01,2	-3,7	272,8	
9 L	7 38	12 21 44	17 06	19 19 52,0	-22 10 09	-01,7	-3,9	259,7	
10 M	7 37	12 22 09	17 07	19 24 13,3	-22 01 38	-02,2	-4,0	246,5	
11 M	7 37	12 22 32	17 08	19 28 34,1	-21 52 41	-02,6	-4,0	233,3	
12 J	7 37	12 22 56	17 09	19 32 54,3	-21 43 19	-03,1	-4,2	220,1	
13 V	7 37	12 23 19	17 10	19 37 13,9	-21 33 31	-03,6	-4,3	207,0	
14 S	7 36	12 23 41	17 11	19 41 32,9	-21 23 19	-04,0	-4,4	193,8	
15 D	7 36	12 24 02	17 12	19 45 51,3	-21 12 41	-04,5	-4,5	180,6	
16 L	7 36	12 24 23	17 14	19 50 09,1	-21 01 39	-05,0	-4,5	167,5	
17 M	7 35	12 24 43	17 15	19 54 26,2	-20 50 13	-05,5	-4,7	154,3	
18 M	7 35	12 25 03	17 16	19 58 42,6	-20 38 22	-05,9	-4,8	141,1	
19 J	7 34	12 25 22	17 17	20 02 58,4	-20 26 09	-06,4	-4,9	128,0	
20 V	7 34	12 25 40	17 18	20 07 13,4	-20 13 32	-06,8	-5,0	114,8	
21 S	7 33	12 25 57	17 19	20 11 27,7	-20 00 32	-07,3	-5,0	101,7	
22 D	7 32	12 26 14	17 20	20 15 41,3	-19 47 10	-07,7	-5,2	88,5	
23 L	7 32	12 26 30	17 22	20 19 54,0	-19 33 25	-08,1	-5,3	75,3	
24 M	7 31	12 26 45	17 23	20 24 06,0	-19 19 19	-08,6	-5,4	62,2	
25 M	7 30	12 26 59	17 24	20 28 17,2	-19 04 52	-09,1	-5,4	49,0	
26 J	7 30	12 27 12	17 25	20 32 27,6	-18 50 03	-09,5	-5,5	35,7	
27 V	7 29	12 27 25	17 26	20 36 37,2	-18 34 54	-09,9	-5,5	22,7	
28 S	7 28	12 27 37	17 28	20 40 45,9	-18 19 25	-10,4	-5,7	9,5	
29 D	7 27	12 27 48	17 29	20 44 53,9	-18 03 35	-10,8	-5,8	356,3	
30 L	7 26	12 27 58	17 30	20 49 01,0	-17 47 27	-11,1	-5,8	343,2	
31 M	7 25	12 28 07	17 31	20 53 07,2	-17 30 59	-11,6	-5,9	330,0	

SOL Febrero 2023

Día	En Madrid (TU)			a 0 ^h de TU			a 0 ^h de TU		
	Orto h m	Culmin. h m s	Ocaso h m	Asc. Recta h m s	Declinac. ° ' "	P °	B °	L °	
1 M	7 24	12 28 15	17 33	20 57 12,6	-17 14 13	-12,0	-6,0	316,8	
2 J	7 23	12 28 23	17 34	21 01 17,3	-16 57 09	-12,4	-6,0	303,7	
3 V	7 22	12 28 30	17 35	21 05 21,0	-16 39 47	-12,9	-6,0	290,5	
4 S	7 21	12 28 36	17 36	21 09 24,0	-16 22 08	-13,1	-6,2	277,3	
5 D	7 20	12 28 41	17 37	21 13 26,1	-16 04 11	-13,6	-6,3	264,2	
6 L	7 19	12 28 45	17 39	21 17 27,4	-15 45 58	-14,0	-6,3	251,0	
7 M	7 18	12 28 49	17 40	21 21 28,0	-15 27 29	-14,4	-6,4	237,8	
8 M	7 17	12 28 52	17 41	21 25 27,7	-15 08 44	-14,8	-6,5	224,6	
9 J	7 16	12 28 54	17 42	21 29 26,6	-14 49 44	-15,1	-6,5	211,5	
10 V	7 15	12 28 55	17 44	21 33 24,8	-14 30 29	-15,5	-6,5	198,3	
11 S	7 14	12 28 55	17 45	21 37 22,2	-14 10 59	-15,9	-6,5	185,1	
12 D	7 12	12 28 55	17 46	21 41 18,8	-13 51 15	-16,2	-6,7	172,0	
13 L	7 11	12 28 54	17 47	21 45 14,7	-13 31 17	-16,6	-6,7	158,8	
14 M	7 10	12 28 52	17 48	21 49 09,9	-13 11 06	-16,8	-6,8	145,6	
15 M	7 09	12 28 50	17 50	21 53 04,4	-12 50 41	-17,3	-6,8	132,5	
16 J	7 07	12 28 47	17 51	21 56 58,1	-12 30 04	-17,6	-6,9	119,3	
17 V	7 06	12 28 43	17 52	22 00 51,2	-12 09 15	-17,8	-6,9	106,0	
18 S	7 05	12 28 38	17 53	22 04 43,5	-11 48 14	-18,3	-6,9	93,0	
19 D	7 03	12 28 33	17 54	22 08 35,2	-11 27 02	-18,6	-7,0	79,8	
20 L	7 02	12 28 27	17 55	22 12 26,2	-11 05 39	-18,8	-7,0	66,5	
21 M	7 01	12 28 20	17 57	22 16 16,6	-10 44 06	-19,2	-7,0	53,5	
22 M	6 59	12 28 13	17 58	22 20 06,3	-10 22 22	-19,5	-7,0	40,2	
23 J	6 58	12 28 05	17 59	22 23 55,3	-10 00 29	-19,8	-7,0	27,1	
24 V	6 56	12 27 57	18 00	22 27 43,7	-09 38 27	-20,1	-7,0	14,0	
25 S	6 55	12 27 48	18 01	22 31 31,5	-09 16 16	-20,3	-7,0	0,8	
26 D	6 53	12 27 38	18 02	22 35 18,7	-08 53 57	-20,6	-7,2	347,6	
27 L	6 52	12 27 28	18 04	22 39 05,3	-08 31 30	-20,8	-7,2	334,5	
28 M	6 51	12 27 17	18 05	22 42 51,3	-08 08 56	-21,2	-7,2	321,3	

SOL Marzo 2023

Día	En Madrid (TU)			a 0 ^h de TU			a 0 ^h de TU		
	Orto h m	Culmin. h m s	Ocaso h m	Asc. Recta h m s	Declinac. ° ' "	P °	B °	L °	
1 M	6 49	12 27 06	18 06	22 46 36,8	-07 46 14	-21,3	-7,2	308,1	
2 J	6 47	12 26 54	18 07	22 50 21,8	-07 23 26	-21,7	-7,2	294,8	
3 V	6 46	12 26 42	18 08	22 54 06,2	-07 00 32	-21,8	-7,2	281,8	
4 S	6 44	12 26 29	18 09	22 57 50,2	-06 37 31	-22,2	-7,2	268,6	
5 D	6 43	12 26 15	18 10	23 01 33,7	-06 14 26	-22,3	-7,3	255,4	
6 L	6 41	12 26 02	18 11	23 05 16,7	-05 51 15	-22,6	-7,3	242,1	
7 M	6 40	12 25 48	18 12	23 08 59,3	-05 27 59	-22,8	-7,3	229,1	
8 M	6 38	12 25 33	18 14	23 12 41,5	-05 04 40	-23,1	-7,3	215,9	
9 J	6 37	12 25 18	18 15	23 16 23,4	-04 41 16	-23,3	-7,3	202,6	
10 V	6 35	12 25 03	18 16	23 20 04,8	-04 17 48	-23,5	-7,2	189,5	
11 S	6 33	12 24 47	18 17	23 23 46,0	-03 54 17	-23,6	-7,2	176,4	
12 D	6 32	12 24 31	18 18	23 27 26,8	-03 30 44	-23,8	-7,2	163,1	
13 L	6 30	12 24 15	18 19	23 31 07,3	-03 07 07	-24,0	-7,2	150,0	
14 M	6 29	12 23 59	18 20	23 34 47,6	-02 43 29	-24,2	-7,2	136,8	
15 M	6 27	12 23 42	18 21	23 38 27,6	-02 19 48	-24,3	-7,2	123,5	
16 J	6 25	12 23 25	18 22	23 42 07,4	-01 56 06	-24,5	-7,2	110,5	
17 V	6 24	12 23 08	18 23	23 45 47,0	-01 32 23	-24,7	-7,0	97,3	
18 S	6 22	12 22 51	18 24	23 49 26,4	-01 08 39	-24,8	-7,0	84,0	
19 D	6 20	12 22 34	18 25	23 53 05,6	-00 44 55	-25,0	-7,0	70,9	
20 L	6 19	12 22 16	18 26	23 56 44,7	-00 21 11	-25,1	-7,0	57,7	
21 M	6 17	12 21 58	18 27	00 00 23,7	+00 02 33	-25,2	-7,0	44,6	
22 M	6 16	12 21 41	18 29	00 04 02,5	+00 26 16	-25,3	-7,0	31,3	
23 J	6 14	12 21 23	18 30	00 07 41,2	+00 49 58	-25,3	-7,0	18,2	
24 V	6 12	12 21 05	18 31	00 11 19,9	+01 13 39	-25,5	-6,9	5,0	
25 S	6 11	12 20 47	18 32	00 14 58,5	+01 37 17	-25,6	-6,9	351,8	
26 D	6 09	12 20 29	18 33	00 18 37,0	+02 00 53	-25,7	-6,9	338,6	
27 L	6 07	12 20 11	18 34	00 22 15,5	+02 24 26	-25,8	-6,8	325,3	
28 M	6 06	12 19 53	18 35	00 25 54,0	+02 47 56	-25,8	-6,8	312,3	
29 M	6 04	12 19 35	18 36	00 29 32,5	+03 11 23	-26,0	-6,7	299,1	
30 J	6 02	12 19 17	18 37	00 33 11,0	+03 34 46	-26,0	-6,7	285,8	
31 V	6 01	12 18 59	18 38	00 36 49,5	+03 58 05	-26,1	-6,5	272,7	

Inicio de la primavera el día 20 a las 21^h 24^m de TU.

SOL Abril 2023

Día	En Madrid (TU)			a 0 ^h de TU			a 0 ^h de TU		
	Orto h m	Culmin. h m s	Ocaso h m	Asc. Recta h m s	Declinac. ° ' "	P °	B °	L °	
1 S	5 59	12 18 41	18 39	00 40 28,2	+04 21 19	-26,1	-6,5	259,5	
2 D	5 58	12 18 23	18 40	00 44 06,9	+04 44 28	-26,2	-6,5	246,3	
3 L	5 56	12 18 05	18 41	00 47 45,7	+05 07 32	-26,2	-6,5	233,1	
4 M	5 54	12 17 48	18 42	00 51 24,6	+05 30 31	-26,2	-6,4	219,9	
5 M	5 53	12 17 30	18 43	00 55 03,7	+05 53 23	-26,2	-6,3	206,6	
6 J	5 51	12 17 13	18 44	00 58 43,0	+06 16 10	-26,3	-6,3	193,5	
7 V	5 49	12 16 56	18 45	01 02 22,4	+06 38 50	-26,3	-6,2	180,3	
8 S	5 48	12 16 39	18 46	01 06 02,1	+07 01 23	-26,3	-6,2	167,1	
9 D	5 46	12 16 23	18 47	01 09 42,0	+07 23 49	-26,2	-6,0	153,9	
10 L	5 45	12 16 07	18 48	01 13 22,1	+07 46 08	-26,2	-6,0	140,6	
11 M	5 43	12 15 51	18 49	01 17 02,6	+08 08 19	-26,2	-6,0	127,5	
12 M	5 42	12 15 35	18 50	01 20 43,3	+08 30 22	-26,2	-5,9	114,3	
13 J	5 40	12 15 20	18 51	01 24 24,4	+08 52 16	-26,1	-5,8	101,0	
14 V	5 39	12 15 05	18 52	01 28 05,8	+09 14 02	-26,1	-5,7	87,9	
15 S	5 37	12 14 50	18 53	01 31 47,5	+09 35 38	-26,0	-5,7	74,7	
16 D	5 36	12 14 36	18 54	01 35 29,6	+09 57 06	-26,0	-5,5	61,5	
17 L	5 34	12 14 22	18 55	01 39 12,1	+10 18 23	-25,8	-5,5	48,2	
18 M	5 33	12 14 08	18 56	01 42 54,9	+10 39 30	-25,8	-5,4	35,1	
19 M	5 31	12 13 55	18 58	01 46 38,2	+11 00 27	-25,7	-5,3	21,8	
20 J	5 30	12 13 43	18 59	01 50 21,8	+11 21 13	-25,7	-5,2	8,6	
21 V	5 28	12 13 30	19 00	01 54 05,9	+11 41 48	-25,6	-5,2	355,5	
22 S	5 27	12 13 19	19 01	01 57 50,4	+12 02 11	-25,5	-5,0	342,3	
23 D	5 25	12 13 07	19 02	02 01 35,4	+12 22 22	-25,3	-5,0	329,1	
24 L	5 24	12 12 56	19 03	02 05 20,8	+12 42 21	-25,2	-4,9	315,8	
25 M	5 22	12 12 46	19 04	02 09 06,6	+13 02 08	-25,1	-4,8	302,7	
26 M	5 21	12 12 36	19 05	02 12 52,9	+13 21 41	-25,0	-4,7	289,3	
27 J	5 20	12 12 26	19 06	02 16 39,7	+13 41 01	-24,8	-4,5	276,2	
28 V	5 18	12 12 17	19 07	02 20 27,0	+14 00 07	-24,7	-4,5	263,0	
29 S	5 17	12 12 09	19 08	02 24 14,8	+14 18 60	-24,5	-4,4	249,8	
30 D	5 16	12 12 01	19 09	02 28 03,0	+14 37 38	-24,3	-4,3	236,6	

SOL Mayo 2023

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	15	12	11	53	19	10	02	31	51,8	+14	56	01	-24,2	-4,2	223,4
2 M	5	13	12	11	46	19	11	02	35	41,1	+15	14	10	-24,0	-4,0	210,1
3 M	5	12	12	11	40	19	12	02	39	30,9	+15	32	03	-23,8	-4,0	196,9
4 J	5	11	12	11	34	19	13	02	43	21,2	+15	49	41	-23,6	-3,9	183,6
5 V	5	10	12	11	28	19	14	02	47	12,1	+16	07	03	-23,3	-3,7	170,5
6 S	5	08	12	11	24	19	15	02	51	03,6	+16	24	09	-23,2	-3,7	157,3
7 D	5	07	12	11	19	19	16	02	54	55,6	+16	40	59	-23,0	-3,6	144,1
8 L	5	06	12	11	16	19	17	02	58	48,2	+16	57	32	-22,8	-3,5	130,8
9 M	5	05	12	11	13	19	18	03	02	41,3	+17	13	48	-22,6	-3,4	117,5
10 M	5	04	12	11	10	19	19	03	06	35,1	+17	29	47	-22,3	-3,2	104,4
11 J	5	03	12	11	08	19	20	03	10	29,4	+17	45	29	-22,1	-3,2	91,2
12 V	5	02	12	11	07	19	21	03	14	24,4	+18	00	53	-21,8	-3,1	78,0
13 S	5	01	12	11	06	19	22	03	18	19,9	+18	15	59	-21,6	-3,0	64,7
14 D	5	00	12	11	06	19	23	03	22	16,0	+18	30	46	-21,3	-2,7	51,5
15 L	4	59	12	11	06	19	24	03	26	12,7	+18	45	15	-21,0	-2,7	38,2
16 M	4	58	12	11	07	19	25	03	30	09,9	+18	59	25	-20,8	-2,6	25,1
17 M	4	57	12	11	09	19	26	03	34	07,8	+19	13	15	-20,5	-2,5	11,8
18 J	4	56	12	11	11	19	27	03	38	06,2	+19	26	46	-20,2	-2,4	358,6
19 V	4	55	12	11	14	19	28	03	42	05,2	+19	39	57	-19,8	-2,2	345,3
20 S	4	54	12	11	17	19	29	03	46	04,8	+19	52	48	-19,6	-2,2	332,2
21 D	4	54	12	11	21	19	30	03	50	04,9	+20	05	19	-19,3	-2,0	318,8
22 L	4	53	12	11	25	19	30	03	54	05,5	+20	17	29	-19,0	-1,8	305,7
23 M	4	52	12	11	30	19	31	03	58	06,7	+20	29	18	-18,7	-1,8	292,5
24 M	4	51	12	11	35	19	32	04	02	08,3	+20	40	46	-18,3	-1,7	279,2
25 J	4	51	12	11	41	19	33	04	06	10,5	+20	51	53	-18,0	-1,6	266,0
26 V	4	50	12	11	48	19	34	04	10	13,1	+21	02	38	-17,7	-1,5	252,8
27 S	4	50	12	11	54	19	35	04	14	16,2	+21	13	01	-17,3	-1,3	239,5
28 D	4	49	12	12	02	19	36	04	18	19,8	+21	23	02	-17,0	-1,2	226,3
29 L	4	48	12	12	09	19	36	04	22	23,8	+21	32	41	-16,6	-1,1	213,1
30 M	4	48	12	12	17	19	37	04	26	28,2	+21	41	57	-16,3	-1,0	199,9
31 M	4	47	12	12	26	19	38	04	30	33,1	+21	50	51	-15,9	-0,9	186,6

SOL Junio 2023

Día	En Madrid (TU)			a 0 ^h de TU			a 0 ^h de TU		
	Orto h m	Culmin. h m s	Ocaso h m	Asc. Recta h m s	Declinac. ° ' "	P °	B °	L °	
1 J	4 47	12 12 35	19 39	04 34 38,3	+21 59 21	-15,5	-0,6	173,4	
2 V	4 47	12 12 44	19 39	04 38 44,0	+22 07 29	-15,1	-0,6	160,1	
3 S	4 46	12 12 54	19 40	04 42 50,0	+22 15 14	-14,8	-0,5	146,9	
4 D	4 46	12 13 04	19 41	04 46 56,4	+22 22 35	-14,4	-0,4	133,6	
5 L	4 45	12 13 14	19 41	04 51 03,1	+22 29 33	-14,0	-0,3	120,5	
6 M	4 45	12 13 25	19 42	04 55 10,2	+22 36 07	-13,6	-0,1	107,2	
7 M	4 45	12 13 36	19 43	04 59 17,6	+22 42 18	-13,1	+0,0	94,0	
8 J	4 45	12 13 47	19 43	05 03 25,3	+22 48 04	-12,8	+0,1	80,7	
9 V	4 44	12 13 59	19 44	05 07 33,4	+22 53 27	-12,4	+0,2	67,5	
10 S	4 44	12 14 11	19 44	05 11 41,6	+22 58 26	-12,0	+0,4	54,2	
11 D	4 44	12 14 23	19 45	05 15 50,2	+23 03 00	-11,6	+0,5	41,0	
12 L	4 44	12 14 35	19 45	05 19 58,9	+23 07 10	-11,1	+0,6	27,8	
13 M	4 44	12 14 47	19 46	05 24 07,9	+23 10 56	-10,8	+0,6	14,6	
14 M	4 44	12 15 00	19 46	05 28 17,1	+23 14 17	-10,3	+0,8	1,3	
15 J	4 44	12 15 13	19 47	05 32 26,4	+23 17 14	-09,9	+1,0	348,1	
16 V	4 44	12 15 26	19 47	05 36 35,9	+23 19 46	-09,5	+1,1	334,8	
17 S	4 44	12 15 39	19 47	05 40 45,5	+23 21 53	-09,1	+1,2	321,6	
18 D	4 44	12 15 52	19 48	05 44 55,1	+23 23 35	-08,6	+1,3	308,3	
19 L	4 44	12 16 05	19 48	05 49 04,8	+23 24 53	-08,1	+1,3	295,1	
20 M	4 44	12 16 19	19 48	05 53 14,6	+23 25 46	-07,8	+1,6	281,8	
21 M	4 45	12 16 32	19 48	05 57 24,3	+23 26 14	-07,3	+1,7	268,7	
22 J	4 45	12 16 45	19 49	06 01 34,0	+23 26 17	-06,9	+1,8	255,4	
23 V	4 45	12 16 58	19 49	06 05 43,7	+23 25 55	-06,4	+1,8	242,1	
24 S	4 45	12 17 11	19 49	06 09 53,3	+23 25 08	-06,0	+2,0	229,0	
25 D	4 46	12 17 24	19 49	06 14 02,7	+23 23 57	-05,5	+2,1	215,6	
26 L	4 46	12 17 36	19 49	06 18 12,0	+23 22 21	-05,0	+2,2	202,5	
27 M	4 46	12 17 49	19 49	06 22 21,2	+23 20 20	-04,5	+2,4	189,3	
28 M	4 47	12 18 01	19 49	06 26 30,2	+23 17 55	-04,2	+2,5	176,0	
29 J	4 47	12 18 13	19 49	06 30 39,0	+23 15 05	-03,7	+2,6	162,8	
30 V	4 48	12 18 25	19 49	06 34 47,6	+23 11 50	-03,2	+2,7	149,5	

Inicio del verano el día 21 a las 14^h 58^m de TU.

SOL Julio 2023

Día	En Madrid (TU)			a 0 ^h de TU			a 0 ^h de TU		
	Orto h m	Culmin. h m s	Ocaso h m	Asc. Recta h m s	Declinac. ° ' "	P °	B °	L °	
1 S	4 48	12 18 37	19 49	06 38 55,9	+23 08 12	-02,7	+2,7	136,3	
2 D	4 49	12 18 48	19 49	06 43 04,0	+23 04 09	-02,4	+2,9	123,0	
3 L	4 49	12 18 59	19 49	06 47 11,8	+22 59 42	-01,8	+3,0	109,8	
4 M	4 50	12 19 10	19 48	06 51 19,3	+22 54 51	-01,5	+3,1	96,5	
5 M	4 50	12 19 21	19 48	06 55 26,5	+22 49 36	-01,0	+3,2	83,4	
6 J	4 51	12 19 31	19 48	06 59 33,4	+22 43 57	-00,6	+3,4	70,0	
7 V	4 51	12 19 41	19 48	07 03 39,9	+22 37 55	-00,1	+3,5	56,9	
8 S	4 52	12 19 50	19 47	07 07 46,1	+22 31 29	00,3	+3,6	43,7	
9 D	4 53	12 19 59	19 47	07 11 51,9	+22 24 39	00,8	+3,7	30,3	
10 L	4 53	12 20 08	19 46	07 15 57,3	+22 17 27	01,2	+3,7	17,2	
11 M	4 54	12 20 16	19 46	07 20 02,4	+22 09 51	01,7	+3,9	4,0	
12 M	4 55	12 20 24	19 46	07 24 07,0	+22 01 53	02,1	+4,0	350,7	
13 J	4 56	12 20 31	19 45	07 28 11,1	+21 53 31	02,6	+4,0	337,5	
14 V	4 56	12 20 38	19 45	07 32 14,9	+21 44 47	03,0	+4,2	324,3	
15 S	4 57	12 20 45	19 44	07 36 18,1	+21 35 41	03,5	+4,3	311,0	
16 D	4 58	12 20 51	19 43	07 40 20,9	+21 26 13	03,9	+4,4	297,8	
17 L	4 59	12 20 56	19 43	07 44 23,1	+21 16 23	04,4	+4,5	284,6	
18 M	4 59	12 21 01	19 42	07 48 24,9	+21 06 11	04,8	+4,5	271,3	
19 M	5 00	12 21 05	19 41	07 52 26,1	+20 55 38	05,2	+4,7	258,1	
20 J	5 01	12 21 09	19 41	07 56 26,7	+20 44 43	05,7	+4,8	244,9	
21 V	5 02	12 21 12	19 40	08 00 26,8	+20 33 28	06,0	+4,8	231,6	
22 S	5 03	12 21 15	19 39	08 04 26,3	+20 21 52	06,5	+4,9	218,4	
23 D	5 04	12 21 17	19 38	08 08 25,2	+20 09 55	07,0	+5,0	205,1	
24 L	5 05	12 21 18	19 38	08 12 23,5	+19 57 38	07,4	+5,0	191,9	
25 M	5 05	12 21 19	19 37	08 16 21,2	+19 45 01	07,8	+5,2	178,6	
26 M	5 06	12 21 20	19 36	08 20 18,3	+19 32 05	08,1	+5,3	165,5	
27 J	5 07	12 21 19	19 35	08 24 14,8	+19 18 49	08,6	+5,4	152,3	
28 V	5 08	12 21 18	19 34	08 28 10,7	+19 05 14	09,1	+5,4	139,0	
29 S	5 09	12 21 17	19 33	08 32 06,0	+18 51 21	09,5	+5,5	125,8	
30 D	5 10	12 21 14	19 32	08 36 00,6	+18 37 08	09,9	+5,5	112,5	
31 L	5 11	12 21 11	19 31	08 39 54,6	+18 22 38	10,3	+5,7	99,3	

SOL Agosto 2023

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 12	12 21	08		19 30	08 43	48,0	+18 07	50	10,6	+5,7	86,0			
2 M	5 13	12 21	04		19 29	08 47	40,8	+17 52	44	11,1	+5,8	72,9			
3 J	5 14	12 20	59		19 28	08 51	33,0	+17 37	20	11,5	+5,9	59,7			
4 V	5 15	12 20	54		19 27	08 55	24,6	+17 21	40	11,9	+6,0	46,4			
5 S	5 16	12 20	48		19 25	08 59	15,5	+17 05	42	12,1	+6,0	33,2			
6 D	5 17	12 20	42		19 24	09 03	05,9	+16 49	28	12,6	+6,0	20,0			
7 L	5 18	12 20	35		19 23	09 06	55,8	+16 32	58	13,0	+6,2	6,8			
8 M	5 18	12 20	27		19 22	09 10	45,0	+16 16	11	13,4	+6,2	353,5			
9 M	5 19	12 20	19		19 21	09 14	33,7	+15 59	09	13,6	+6,3	340,3			
10 J	5 20	12 20	10		19 19	09 18	21,8	+15 41	51	14,1	+6,3	327,1			
11 V	5 21	12 20	01		19 18	09 22	09,4	+15 24	18	14,5	+6,4	313,8			
12 S	5 22	12 19	51		19 17	09 25	56,4	+15 06	30	14,8	+6,5	300,7			
13 D	5 23	12 19	41		19 15	09 29	42,8	+14 48	28	15,1	+6,5	287,3			
14 L	5 24	12 19	30		19 14	09 33	28,7	+14 30	11	15,5	+6,5	274,2			
15 M	5 25	12 19	18		19 13	09 37	14,1	+14 11	40	15,9	+6,5	261,0			
16 M	5 26	12 19	06		19 11	09 40	58,9	+13 52	56	16,2	+6,7	247,8			
17 J	5 27	12 18	54		19 10	09 44	43,2	+13 33	59	16,5	+6,7	234,6			
18 V	5 28	12 18	41		19 09	09 48	27,0	+13 14	49	16,8	+6,8	221,3			
19 S	5 29	12 18	27		19 07	09 52	10,3	+12 55	26	17,2	+6,8	208,1			
20 D	5 30	12 18	13		19 06	09 55	53,0	+12 35	51	17,5	+6,8	194,9			
21 L	5 31	12 17	58		19 04	09 59	35,3	+12 16	04	17,8	+6,9	181,6			
22 M	5 32	12 17	43		19 03	10 03	17,1	+11 56	05	18,1	+6,9	168,5			
23 M	5 33	12 17	28		19 01	10 06	58,4	+11 35	55	18,5	+7,0	155,3			
24 J	5 34	12 17	12		19 00	10 10	39,2	+11 15	35	18,8	+7,0	142,1			
25 V	5 35	12 16	56		18 58	10 14	19,6	+10 55	03	19,0	+7,0	128,8			
26 S	5 36	12 16	39		18 57	10 17	59,6	+10 34	22	19,3	+7,0	115,5			
27 D	5 37	12 16	22		18 55	10 21	39,2	+10 13	30	19,6	+7,0	102,4			
28 L	5 38	12 16	04		18 54	10 25	18,4	+09 52	29	19,8	+7,0	89,2			
29 M	5 39	12 15	46		18 52	10 28	57,1	+09 31	19	20,2	+7,0	76,0			
30 M	5 40	12 15	28		18 50	10 32	35,5	+09 09	60	20,3	+7,2	62,7			
31 J	5 41	12 15	09		18 49	10 36	13,6	+08 48	32	20,7	+7,2	49,6			

SOL Setiembre 2023

Día	En Madrid (TU)			a 0 ^h de TU			a 0 ^h de TU		
	Orto h m	Culmin. h m s	Ocaso h m	Asc. Recta h m s	Declinac. ° ' "	P °	B °	L °	
1 V	5 42	12 14 50	18 47	10 39 51,3	+08 26 55	21,0	+7,2	36,4	
2 S	5 43	12 14 31	18 46	10 43 28,8	+08 05 11	21,2	+7,2	23,1	
3 D	5 44	12 14 11	18 44	10 47 05,9	+07 43 19	21,5	+7,2	9,9	
4 L	5 45	12 13 52	18 42	10 50 42,8	+07 21 19	21,7	+7,2	356,7	
5 M	5 46	12 13 32	18 41	10 54 19,5	+06 59 12	21,8	+7,2	343,5	
6 M	5 46	12 13 11	18 39	10 57 55,9	+06 36 57	22,2	+7,2	330,3	
7 J	5 47	12 12 51	18 38	11 01 32,2	+06 14 37	22,3	+7,3	317,1	
8 V	5 48	12 12 30	18 36	11 05 08,2	+05 52 10	22,6	+7,3	303,8	
9 S	5 49	12 12 10	18 34	11 08 44,1	+05 29 36	22,8	+7,3	290,7	
10 D	5 50	12 11 49	18 33	11 12 19,9	+05 06 58	23,0	+7,3	277,5	
11 L	5 51	12 11 28	18 31	11 15 55,5	+04 44 14	23,2	+7,3	264,3	
12 M	5 52	12 11 07	18 29	11 19 31,0	+04 21 25	23,3	+7,2	251,1	
13 M	5 53	12 10 46	18 28	11 23 06,4	+03 58 31	23,6	+7,2	237,9	
14 J	5 54	12 10 24	18 26	11 26 41,7	+03 35 33	23,8	+7,2	224,6	
15 V	5 55	12 10 03	18 24	11 30 16,9	+03 12 32	24,0	+7,2	211,5	
16 S	5 56	12 09 42	18 23	11 33 52,1	+02 49 26	24,1	+7,2	198,3	
17 D	5 57	12 09 20	18 21	11 37 27,3	+02 26 18	24,3	+7,2	185,1	
18 L	5 58	12 08 59	18 19	11 41 02,4	+02 03 06	24,5	+7,2	171,9	
19 M	5 59	12 08 37	18 18	11 44 37,6	+01 39 53	24,6	+7,2	158,6	
20 M	6 00	12 08 16	18 16	11 48 12,8	+01 16 36	24,8	+7,0	145,5	
21 J	6 01	12 07 55	18 14	11 51 48,0	+00 53 18	24,8	+7,0	132,3	
22 V	6 02	12 07 34	18 13	11 55 23,3	+00 29 59	25,0	+7,0	119,0	
23 S	6 03	12 07 12	18 11	11 58 58,7	+00 06 39	25,2	+7,0	105,9	
24 D	6 04	12 06 51	18 09	12 02 34,1	-00 16 43	25,3	+7,0	92,7	
25 L	6 05	12 06 30	18 08	12 06 09,7	-00 40 04	25,3	+7,0	79,5	
26 M	6 06	12 06 10	18 06	12 09 45,4	-01 03 26	25,5	+7,0	66,3	
27 M	6 07	12 05 49	18 04	12 13 21,3	-01 26 47	25,6	+6,9	53,1	
28 J	6 08	12 05 29	18 03	12 16 57,4	-01 50 08	25,7	+6,9	39,9	
29 V	6 09	12 05 09	18 01	12 20 33,6	-02 13 28	25,8	+6,8	26,7	
30 S	6 10	12 04 49	17 59	12 24 10,1	-02 36 46	25,8	+6,8	13,5	

Inicio del otoño el día 23 a las 6^h 50^m de TU.

SOL Octubre 2023

Día	En Madrid (TU)			a 0 ^h de TU			a 0 ^h de TU		
	Orto h m	Culmin. h m s	Ocaso h m	Asc. Recta h m s	Declinac. ° ' "	P °	B °	L °	
1 D	6 11	12 04 29	17 58	12 27 46,9	-03 00 03	25,8	+6,7	0,3	
2 L	6 12	12 04 10	17 56	12 31 23,9	-03 23 18	26,0	+6,7	347,1	
3 M	6 13	12 03 51	17 54	12 35 01,3	-03 46 31	26,0	+6,7	333,8	
4 M	6 14	12 03 32	17 53	12 38 39,0	-04 09 42	26,1	+6,5	320,7	
5 J	6 15	12 03 14	17 51	12 42 17,1	-04 32 50	26,1	+6,5	307,5	
6 V	6 16	12 02 56	17 49	12 45 55,5	-04 55 54	26,2	+6,5	294,3	
7 S	6 17	12 02 38	17 48	12 49 34,3	-05 18 56	26,2	+6,4	281,1	
8 D	6 18	12 02 21	17 46	12 53 13,5	-05 41 53	26,2	+6,4	267,8	
9 L	6 19	12 02 04	17 45	12 56 53,2	-06 04 46	26,3	+6,3	254,6	
10 M	6 20	12 01 48	17 43	13 00 33,3	-06 27 34	26,3	+6,3	241,5	
11 M	6 21	12 01 32	17 42	13 04 13,9	-06 50 17	26,3	+6,2	228,3	
12 J	6 22	12 01 17	17 40	13 07 55,0	-07 12 55	26,3	+6,0	215,1	
13 V	6 23	12 01 03	17 38	13 11 36,5	-07 35 27	26,2	+6,0	202,0	
14 S	6 24	12 00 48	17 37	13 15 18,6	-07 57 52	26,2	+6,0	188,8	
15 D	6 25	12 00 35	17 35	13 19 01,2	-08 20 11	26,2	+5,9	175,6	
16 L	6 26	12 00 22	17 34	13 22 44,4	-08 42 24	26,2	+5,8	162,4	
17 M	6 27	12 00 09	17 32	13 26 28,2	-09 04 28	26,1	+5,8	149,1	
18 M	6 28	11 59 57	17 31	13 30 12,5	-09 26 25	26,1	+5,7	136,0	
19 J	6 30	11 59 46	17 29	13 33 57,4	-09 48 14	26,0	+5,5	122,8	
20 V	6 31	11 59 35	17 28	13 37 42,9	-10 09 54	25,8	+5,5	109,5	
21 S	6 32	11 59 25	17 27	13 41 29,1	-10 31 25	25,8	+5,4	96,4	
22 D	6 33	11 59 16	17 25	13 45 15,9	-10 52 46	25,8	+5,4	83,2	
23 L	6 34	11 59 07	17 24	13 49 03,3	-11 13 58	25,7	+5,3	70,0	
24 M	6 35	11 58 59	17 22	13 52 51,4	-11 34 59	25,6	+5,2	56,9	
25 M	6 36	11 58 51	17 21	13 56 40,1	-11 55 50	25,5	+5,0	43,7	
26 J	6 37	11 58 44	17 20	14 00 29,6	-12 16 30	25,3	+5,0	30,5	
27 V	6 38	11 58 38	17 18	14 04 19,7	-12 36 58	25,3	+4,9	17,3	
28 S	6 40	11 58 33	17 17	14 08 10,6	-12 57 14	25,1	+4,8	4,0	
29 D	6 41	11 58 29	17 16	14 12 02,3	-13 17 19	25,0	+4,7	350,8	
30 L	6 42	11 58 25	17 15	14 15 54,7	-13 37 11	24,8	+4,5	337,7	
31 M	6 43	11 58 22	17 13	14 19 47,9	-13 56 50	24,7	+4,5	324,5	

SOL Noviembre 2023

Día	En Madrid (TU)			a 0 ^h de TU			a 0 ^h de TU		
	Orto h m	Culmin. h m s	Ocaso h m	Asc. Recta h m s	Declinac. ° ' "	P °	B °	L °	
1 M	6 44	11 58 20	17 12	14 23 41,8	-14 16 16	24,5	+4,4	311,3	
2 J	6 45	11 58 18	17 11	14 27 36,6	-14 35 28	24,3	+4,3	298,2	
3 V	6 46	11 58 18	17 10	14 31 32,2	-14 54 26	24,2	+4,2	285,0	
4 S	6 48	11 58 18	17 09	14 35 28,7	-15 13 10	24,0	+4,0	271,8	
5 D	6 49	11 58 19	17 07	14 39 25,9	-15 31 39	23,8	+4,0	258,6	
6 L	6 50	11 58 21	17 06	14 43 24,0	-15 49 53	23,6	+3,9	245,4	
7 M	6 51	11 58 24	17 05	14 47 23,0	-16 07 51	23,3	+3,7	232,1	
8 M	6 52	11 58 28	17 04	14 51 22,8	-16 25 33	23,2	+3,7	219,1	
9 J	6 53	11 58 32	17 03	14 55 23,4	-16 42 59	23,0	+3,6	205,9	
10 V	6 55	11 58 37	17 02	14 59 24,9	-17 00 08	22,7	+3,5	192,6	
11 S	6 56	11 58 44	17 01	15 03 27,3	-17 16 59	22,5	+3,4	179,5	
12 D	6 57	11 58 51	17 00	15 07 30,5	-17 33 33	22,3	+3,2	166,3	
13 L	6 58	11 58 59	16 59	15 11 34,6	-17 49 48	22,0	+3,1	153,1	
14 M	6 59	11 59 08	16 59	15 15 39,6	-18 05 45	21,7	+3,0	140,0	
15 M	7 00	11 59 17	16 58	15 19 45,4	-18 21 23	21,5	+2,9	126,8	
16 J	7 02	11 59 28	16 57	15 23 52,0	-18 36 42	21,2	+2,7	113,5	
17 V	7 03	11 59 39	16 56	15 27 59,5	-18 51 41	20,8	+2,7	100,4	
18 S	7 04	11 59 51	16 55	15 32 07,8	-19 06 19	20,6	+2,6	87,2	
19 D	7 05	12 00 04	16 55	15 36 16,9	-19 20 37	20,3	+2,4	74,0	
20 L	7 06	12 00 18	16 54	15 40 26,8	-19 34 35	20,0	+2,2	60,9	
21 M	7 07	12 00 32	16 53	15 44 37,5	-19 48 10	19,7	+2,2	47,7	
22 M	7 08	12 00 48	16 53	15 48 49,0	-20 01 24	19,3	+2,1	34,5	
23 J	7 10	12 01 04	16 52	15 53 01,3	-20 14 16	19,1	+2,0	21,3	
24 V	7 11	12 01 21	16 52	15 57 14,3	-20 26 46	18,7	+1,8	8,1	
25 S	7 12	12 01 38	16 51	16 01 28,1	-20 38 53	18,3	+1,7	355,0	
26 D	7 13	12 01 57	16 51	16 05 42,7	-20 50 37	18,0	+1,6	341,8	
27 L	7 14	12 02 16	16 50	16 09 58,0	-21 01 57	17,7	+1,5	328,6	
28 M	7 15	12 02 36	16 50	16 14 14,0	-21 12 54	17,3	+1,3	315,3	
29 M	7 16	12 02 56	16 50	16 18 30,7	-21 23 27	17,0	+1,2	302,2	
30 J	7 17	12 03 18	16 49	16 22 48,2	-21 33 36	16,6	+1,1	289,1	

SOL Diciembre 2023

Día	En Madrid (TU)			a 0 ^h de TU			a 0 ^h de TU		
	Orto h m	Culmin. h m s	Ocaso h m	Asc. Recta h m s	Declinac. ° ' "	P °	B °	L °	
1 V	7 18	12 03 39	16 49	16 27 06,3	-21 43 21	16,2	+1,0	275,8	
2 S	7 19	12 04 02	16 49	16 31 25,1	-21 52 40	15,8	+0,8	262,7	
3 D	7 20	12 04 25	16 49	16 35 44,6	-22 01 35	15,4	+0,6	249,5	
4 L	7 21	12 04 49	16 48	16 40 04,7	-22 10 04	15,0	+0,6	236,3	
5 M	7 22	12 05 13	16 48	16 44 25,3	-22 18 07	14,6	+0,4	223,1	
6 M	7 23	12 05 38	16 48	16 48 46,6	-22 25 45	14,1	+0,3	210,0	
7 J	7 24	12 06 04	16 48	16 53 08,4	-22 32 56	13,8	+0,2	196,8	
8 V	7 25	12 06 30	16 48	16 57 30,8	-22 39 41	13,4	+0,1	183,6	
9 S	7 26	12 06 57	16 48	17 01 53,7	-22 45 60	13,0	-0,1	170,5	
10 D	7 27	12 07 24	16 48	17 06 17,0	-22 51 51	12,5	-0,2	157,3	
11 L	7 27	12 07 51	16 48	17 10 40,8	-22 57 16	12,1	-0,3	144,1	
12 M	7 28	12 08 19	16 48	17 15 05,0	-23 02 13	11,6	-0,5	130,9	
13 M	7 29	12 08 47	16 49	17 19 29,6	-23 06 43	11,1	-0,6	117,8	
14 J	7 30	12 09 16	16 49	17 23 54,5	-23 10 45	10,8	-0,6	104,5	
15 V	7 30	12 09 45	16 49	17 28 19,7	-23 14 20	10,3	-0,8	91,4	
16 S	7 31	12 10 14	16 49	17 32 45,2	-23 17 27	09,9	-1,0	78,2	
17 D	7 32	12 10 43	16 50	17 37 11,0	-23 20 05	09,4	-1,1	65,0	
18 L	7 32	12 11 12	16 50	17 41 36,9	-23 22 16	09,0	-1,2	51,9	
19 M	7 33	12 11 42	16 50	17 46 02,9	-23 23 59	08,5	-1,3	38,7	
20 M	7 34	12 12 12	16 51	17 50 29,1	-23 25 13	08,0	-1,5	25,5	
21 J	7 34	12 12 41	16 51	17 54 55,4	-23 25 60	07,5	-1,6	12,4	
22 V	7 35	12 13 11	16 52	17 59 21,7	-23 26 18	07,0	-1,7	359,2	
23 S	7 35	12 13 41	16 52	18 03 48,0	-23 26 07	06,5	-1,8	346,0	
24 D	7 36	12 14 11	16 53	18 08 14,3	-23 25 29	06,2	-2,0	332,8	
25 L	7 36	12 14 40	16 53	18 12 40,6	-23 24 22	05,7	-2,1	319,7	
26 M	7 36	12 15 10	16 54	18 17 06,9	-23 22 48	05,2	-2,2	306,5	
27 M	7 37	12 15 40	16 55	18 21 33,0	-23 20 45	04,7	-2,2	293,3	
28 J	7 37	12 16 09	16 55	18 25 59,0	-23 18 14	04,2	-2,5	280,1	
29 V	7 37	12 16 38	16 56	18 30 24,8	-23 15 15	03,7	-2,6	267,0	
30 S	7 37	12 17 07	16 57	18 34 50,5	-23 11 48	03,2	-2,7	253,8	
31 D	7 38	12 17 36	16 58	18 39 15,9	-23 07 53	02,7	-2,7	240,6	

Inicio del invierno el día 22 a las 3^h 27^m de TU.

3.3. 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:

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

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:

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

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

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

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

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

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

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

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

La longitud y latitud eclípticas del Sol viene dadas por:

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

Las coordenadas rectangulares ecuatoriales del Sol viene dadas por:

$$\begin{aligned} x &= R \cos \odot \\ y &= 0,917 R \text{ sen } \odot \\ z &= 0,398 R \text{ sen } \odot \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \tan \alpha_{\odot} &= y/x \quad (\alpha_{\odot} \text{ en el mismo cuadrante que } \odot) \\ \text{sen } \delta_{\odot} &= z/R \end{aligned}$$

SOL 2023

Fecha	distancia <i>R</i> (UA)	semidiá- metro, <i>s</i>	movimiento diario ("/día)	paralaje horizontal	paso semidiám. por meridiano
Ene 1	0,98334	16' 17"	61	8",94	70;6
Ene 11	0,98342	16' 17"	61	8",94	70;0
Ene 21	0,98407	16' 17"	61	8",94	69;1
Ene 31	0,98511	16' 16"	61	8",93	68;0
Feb 10	0,98664	16' 14"	61	8",91	66;9
Feb 20	0,98863	16' 12"	61	8",90	65;9
Mar 2	0,99086	16' 10"	60	8",88	65;0
Mar 12	0,99340	16' 08"	60	8",85	64;4
Mar 22	0,99618	16' 05"	60	8",83	64;1
Abr 1	0,99898	16' 02"	59	8",80	64;1
Abr 11	1,00185	15' 59"	59	8",78	64;4
Abr 21	1,00470	15' 57"	59	8",75	64;9
May 1	1,00731	15' 54"	58	8",73	65;6
May 11	1,00975	15' 52"	58	8",71	66;4
May 21	1,01195	15' 50"	58	8",69	67;2
May 31	1,01371	15' 48"	58	8",68	67;9
Jun 10	1,01513	15' 47"	57	8",66	68;4
Jun 20	1,01614	15' 46"	57	8",65	68;5
Jun 30	1,01660	15' 45"	57	8",65	68;4
Jul 10	1,01666	15' 45"	57	8",65	67;9
Jul 20	1,01625	15' 46"	57	8",65	67;2
Jul 30	1,01530	15' 47"	57	8",66	66;4
Ago 9	1,01398	15' 48"	58	8",67	65;6
Ago 19	1,01225	15' 50"	58	8",69	64;8
Ago 29	1,01009	15' 52"	58	8",71	64;2
Set 8	1,00772	15' 54"	58	8",73	63;8
Set 18	1,00510	15' 56"	59	8",75	63;6
Set 28	1,00225	15' 59"	59	8",77	63;8
Oct 8	0,99942	16' 02"	59	8",80	64;3
Oct 18	0,99658	16' 04"	60	8",82	65;0
Oct 28	0,99376	16' 07"	60	8",85	66;0
Nov 7	0,99122	16' 10"	60	8",87	67;1
Nov 17	0,98891	16' 12"	60	8",89	68;3
Nov 27	0,98687	16' 14"	61	8",91	69;4
Dic 7	0,98531	16' 16"	61	8",93	70;2
Dic 17	0,98417	16' 17"	61	8",94	70;7
Dic 27	0,98345	16' 17"	61	8",94	70;8

Estos valores se refieren a las 0^h de Tiempo Universal.

1 ua (unidad astronómica) = 149 597 871 km

3.4. 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: $+1^{\text{h}}$ o $+2^{\text{h}}$ en la Península y Baleares, 0^{h} o $+1^{\text{h}}$ 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 155. El paralelo 28° corresponde a las Canarias. El signo que figura en la tabla corresponde al orto; para el ocaso la corrección debe tener signo contrario.

Cálculo de orto y ocaso del Sol

En una capital de provincia

Se puede calcular los instantes de salida y puesta del Sol para un día dado en una capital de provincia partiendo de los instantes de orto y ocaso en Madrid para tal fecha. Para ello basta realizar dos correcciones, cuyos valores viene dados en 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 23 de junio en Tarragona. En las dos tablas siguientes se encuentra que las correcciones a aplicar son de -20^{m} en longitud y de -2^{m} en latitud (para la latitud de 41°).

$$\text{orto} = 4^{\text{h}}45^{\text{m}} + (-20^{\text{m}}) + (-2^{\text{m}}) = 4^{\text{h}}23^{\text{m}} \text{ TU}$$

$$\text{ocaso} = 19^{\text{h}}49^{\text{m}} + (-20^{\text{m}}) - (-2^{\text{m}}) = 19^{\text{h}}31^{\text{m}} \text{ TU}$$

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

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 $\phi = 28^{\circ}06'$ y longitud $\lambda_E = -1^{\text{h}}1^{\text{m}}39^{\text{s}}$, en horario de verano:

orto = $5^{\text{h}}59^{\text{m}} - 15^{\text{m}} - (-1^{\text{h}}2^{\text{m}}) + 6^{\text{m}} = 6^{\text{h}}52^{\text{m}} \text{ TU} = 7^{\text{h}}52^{\text{m}} \text{ TO}$

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

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

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

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

- 1) se calculan la longitud del Sol, \odot , y el instante de culminación para el lugar usando la corrección dada en tabla de la página 154 o según se indica en la sección *Paso del Sol por el meridiano* en la página 159.
- 2) se calcula el tiempo auxiliar:

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

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

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

Orientación del orto y del ocaso

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

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

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

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

Alternativamente, la orientación se puede referir a las direcciones Este y Oeste. El lugar del horizonte por el que tiene lugar la salida o puesta del Sol varía a lo largo del año, produciéndose en los puntos cardinales Este y Oeste 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 correspondiente. El signo positivo indica que el orto y el ocaso tienen lugar más hacia el Norte y el signo negativo, más hacia el Sur de la línea Este-Oeste.

Ejemplo: En el día 21 de diciembre, en un lugar de latitud 40° , el Sol sale 30° al sur de la dirección Este y se pone 30° al sur de la dirección Oeste.

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

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

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

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

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

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

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

Paso del Sol por el meridiano

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

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

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:

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

Ejemplo: al mediodía del día 1 de julio la Ecuación de Tiempo es $-3^m 52^s$, luego el Sol pasará por el meridiano de Madrid a las:

$$12^h - (-3^m 52^s) - (-14^m 45^s) = 12^h 18^m 37^s \text{ TU}$$

valor que coincide con el dado en la tabla correspondiente.

Si se desea obtener el instante de paso por el meridiano del borde anterior o del posterior, hay que realizar una corrección adicional, para tener en cuenta el tiempo de paso del semidiámetro, el cual viene indicado para cada diez días en la tabla de la página 152:

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

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

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

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

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

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

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

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

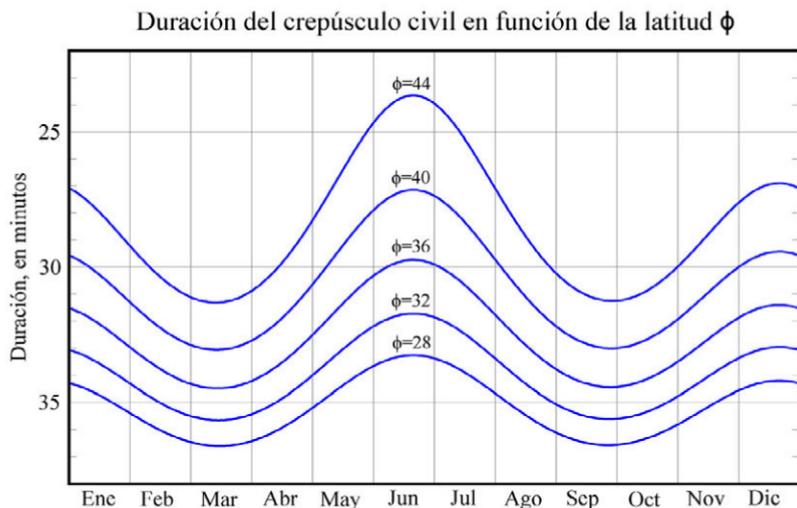
Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
28°	54	52	51	52	56	59	58	54	51	51	53	55
32°	56	54	53	55	59	63	61	56	53	53	55	57
36°	59	56	55	58	63	68	66	60	56	56	58	61
40°	63	59	58	62	69	74	72	64	59	59	62	65
44°	68	63	62	66	76	84	80	70	63	62	66	69

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

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

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

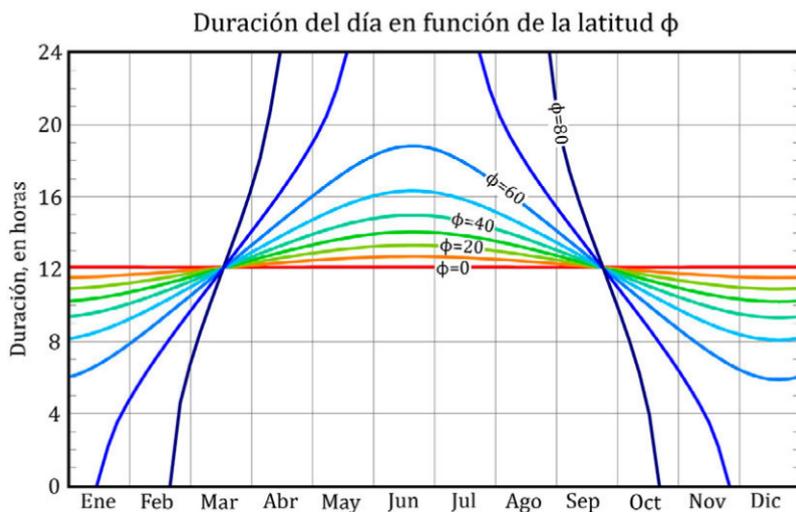
$$\text{Duración del crepúsculo civil} = \frac{21^m}{\sqrt{\cos(\phi - \delta_o) \cos(\phi + \delta_o)}}$$



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 (δ_{\odot}) supera los 90° .

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 2023:

Día en que el Sol sale más tarde: 4 de enero

Día en que el Sol sale más pronto: 14 de junio

Día en que el Sol se pone más tarde: 28 de junio

Día en que el Sol se pone más pronto: 8 de diciembre

Día de mayor duración: 21 de junio (15^h3^m)

Día de menor duración: 22 de diciembre (9^h17^m)

3.5. 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 $27^{\text{d}}2753$, correspondiente a una latitud heliográfica de 26° . 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 2023

NRC	mes	día	hora	NRC	mes	día	hora	NRC	mes	día	hora
2266	Ene	1	9	2271	May	17	21	2276	Oct	1	1
2267	Ene	28	17	2272	Jun	14	2	2277	Oct	28	7
2268	Feb	25	1	2273	Jul	11	7	2278	Nov	24	15
2269	Mar	24	9	2274	Ago	7	12	2279	Dic	21	23
2270	Abr	20	16	2275	Set	3	18	2280	Ene	18	7

La primera rotación que se iniciará en 2023 es la número 2266, lo cual tendrá lugar el día 1 de enero a las $9^{\text{h}}1$ TU. La primera rotación en 2024 será la número 2280, iniciándose el 18 de enero a las $6^{\text{h}}5$ 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.

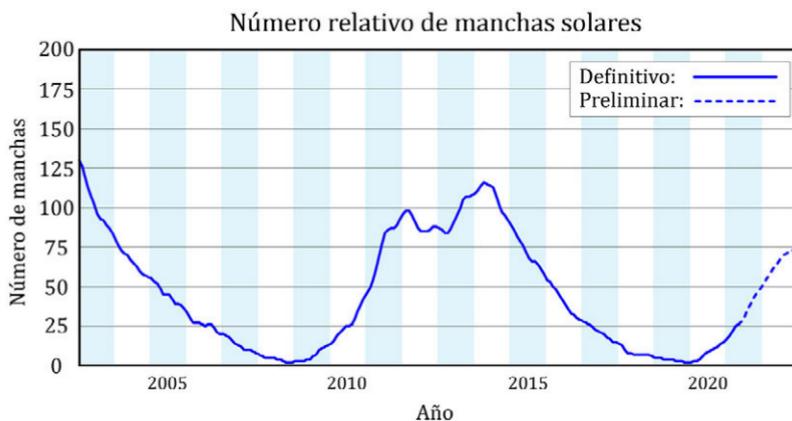
En la siguiente tabla se proporcionan los promedios anuales del número de manchas diario observado en los últimos 20 años, basada en la recalibración introducida el pasado 1 de julio de 2015 por el Solar Influences Data Analysis Center (SIDC): <http://sidc.oma.be/silso/>.

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

año	manchas	año	manchas	año	manchas	año	manchas
2003	103	2008	4	2013	95	2018	8
2004	66	2009	6	2014	107	2019	4
2005	45	2010	26	2015	72	2020	8
2006	26	2011	73	2016	41	2021	32
2007	13	2012	90	2017	21	2022	65

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.



3.6. Datos lunares

Elementos medios de la órbita para 2023

Longitud media	$L_0 = 13^{\circ}469729 + 13^{\circ}17639645 d$
Anomalía media	$M_0 = 74^{\circ}382784 + 13^{\circ}06499305 d$
Longitud del perigeo medio	$\varpi_0 = 299^{\circ}086941 + 0^{\circ}11140339 d$
Long. media del nodo ascendente	$\Omega_0 = 40^{\circ}259441 - 0^{\circ}05295373 d$
Elongación media referida al Sol	$D_0 = 94^{\circ}057816 + 12^{\circ}19074909 d$

(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:

$$\lambda_0 = L_0 + 377' \operatorname{sen} M_0 + 76' \operatorname{sen}(2 D_0 - M_0) + 40' \operatorname{sen}(2 D_0) + 13' \operatorname{sen}(2 M_0)$$

$$\beta_0 = 309' \operatorname{sen} (\lambda_0 - \Omega_0)$$

$$\pi_0 = 57' + 3' \cos M_0$$

A partir de la paralaje ecuatorial π_0 se pueden calcular:

$$\text{semidiámetro} = 0,2725 \pi_0, \quad \text{distancia geocéntrica} = \frac{1}{\operatorname{sen} \pi_0} R_{\oplus}$$

Distancia

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

Otros datos orbitales

Excentricidad $e_0 = 0,054900489$

Inclinación orbital media:

respecto de la eclíptica	5 ^o 145396
respecto del ecuador lunar	6 ^o 41'
respecto del ecuador terrestre	18 ^o 28 a 28 ^o 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	$24^{\text{h}}51^{\text{m}}28^{\text{s}}$
Velocidad orbital media	$1,023 \text{ km s}^{-1} = 3683 \text{ km h}^{-1}$
Aumento de la distancia a la Tierra	$\sim 4 \text{ m/siglo}$

Traslación y rotación

Duración media de los meses:

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

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):	$346^{\text{d}}62005$
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

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

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

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_L , el semidiámetro s_L y la paralaje ecuatorial horizontal π_L son parámetros relacionados entre sí. La conversión de uno a otro puede hacerse interpolando con los valores que figuran en la tabla siguiente o bien mediante fórmulas:

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

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

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

**Conversiones entre la paralaje horizontal de la Luna π_q ,
su semidiámetro s_q y su distancia r_q al centro de la Tierra**

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

Se denomina paralaje ecuatorial horizontal π_q 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_q 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.

3.7. 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 1° .

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:

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

- 2) Se determinan por interpolación de, al menos, 3^{er} grado en las tablas de la Luna las coordenadas geocéntricas de esta (α_0 , δ_0) y la distancia r (en radios terrestres) para el instante TU considerado.
- 3) Se determinan las coordenadas rectangulares topocéntricas, a partir de las geocéntricas α_0 y δ_0 (expresadas en grados) y la distancia r (en radios terrestres) antes calculadas:

$$x = r \cos \delta_0 \cos \alpha_0 - \cos \phi \cos \theta$$

$$y = r \cos \delta_0 \sin \alpha_0 - \cos \phi \sin \theta$$

$$z = r \sin \delta_0 - \sin \phi$$

- 4) Se determina la distancia topocéntrica:

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

que viene expresada en radios terrestres.

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

$$\alpha_t = \arctan(y/x) \text{ (aprox. mismo cuadrante que } \alpha_0)$$

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

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

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

$$\alpha_t = \alpha_q - \frac{57;30}{r} \frac{\cos \phi \operatorname{sen}(\theta - \alpha_q)}{\cos \delta_q}$$

$$\delta_t = \delta_q - \frac{57;30}{r} [\cos \delta_q \operatorname{sen} \phi - \operatorname{sen} \delta_q \cos \phi \cos(\theta - \alpha_q)]$$

3.8. Efemérides de la Luna para 2023

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 183).

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, 3^{er} grado dada la complejidad del movimiento de la Luna (ver el apartado *Interpolación* en la página 359). Con una interpolación de $4^{\text{º}}$ grado los errores pueden llegar a ser de algunos segundos de arco en ambas coordenadas y con una interpolación de 3^{er} 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 ($1 \mathcal{R}_{\oplus} = 6378,14 \text{ km}$). En este caso una interpolación de 3^{er} grado bastará para obtener la distancia con una precisión de unos 2 km ($0,0003 \mathcal{R}_{\oplus}$).

LUNA Enero 2023

Día	En Madrid (TU)			a 0 ^h de TU			Distancia \mathcal{R}_{\oplus}
	Orto h m	Culmin. h m	Ocaso h m	Asc. Recta h m s	Declinación ° ' "		
1 D	13 13	20 17	2 27	02 06 39,1	+12 03 14	61,0811	
2 L	13 40	21 04	3 33	02 54 36,2	+17 04 35	61,7496	
3 M	14 12	21 52	4 38	03 44 04,3	+21 17 21	62,3195	
4 M	14 50	22 43	5 41	04 35 19,9	+24 30 38	62,7896	
5 J	15 35	23 34	6 41	05 28 10,2	+26 34 60	63,1620	
6 V	16 27	** **	7 34	06 21 52,1	+27 23 60	63,4409	
7 S	17 24	0 26	8 21	07 15 22,6	+26 55 45	63,6271	
8 D	18 24	1 16	9 00	08 07 38,3	+25 13 33	63,7174	
9 L	19 26	2 03	9 33	08 57 54,0	+22 25 06	63,7036	
10 M	20 28	2 49	10 00	09 45 53,3	+18 40 40	63,5737	
11 M	21 29	3 32	10 24	10 31 47,7	+14 11 21	63,3138	
12 J	22 30	4 13	10 46	11 16 10,5	+09 07 55	62,9115	
13 V	23 32	4 54	11 07	11 59 50,2	+03 40 27	62,3603	
14 S	** **	5 35	11 29	12 43 45,8	-02 01 14	61,6621	
15 D	0 36	6 18	11 52	13 29 04,6	-07 46 30	60,8332	
16 L	1 43	7 05	12 18	14 17 00,3	-13 22 30	59,9058	
17 M	2 55	7 56	12 50	15 08 47,4	-18 32 23	58,9308	
18 M	4 09	8 52	13 31	16 05 27,3	-22 54 02	57,9752	
19 J	5 24	9 55	14 24	17 07 20,2	-26 00 37	57,1191	
20 V	6 35	11 01	15 29	18 13 30,5	-27 25 05	56,4448	
21 S	7 35	12 08	16 45	19 21 34,8	-26 49 04	56,0247	
22 D	8 24	13 12	18 07	20 28 28,0	-24 11 39	55,9077	
23 L	9 03	14 11	19 28	21 31 43,9	-19 50 45	56,1073	
24 M	9 35	15 05	20 45	22 30 23,8	-14 16 03	56,6001	
25 M	10 02	15 55	21 59	23 24 46,6	-07 59 32	57,3300	
26 J	10 27	16 42	23 09	00 15 53,9	-01 29 16	58,2203	
27 V	10 51	17 28	** **	01 05 01,0	+04 52 33	59,1883	
28 S	11 15	18 14	0 18	01 53 20,7	+10 48 55	60,1570	
29 D	11 42	19 01	1 25	02 41 55,5	+16 06 31	61,0631	
30 L	12 13	19 49	2 31	03 31 32,2	+20 34 08	61,8608	
31 M	12 49	20 39	3 35	04 22 36,2	+24 01 55	62,5219	

Luna llena	06 ^d 23 ^h 08 ^m
Cuarto menguante	15 ^d 02 ^h 10 ^m
Luna nueva	21 ^d 20 ^h 53 ^m
Cuarto creciente	28 ^d 15 ^h 19 ^m

Apogeo	8 ^d 09 ^h
Perigeo	21 ^d 21 ^h

LUNA Febrero 2023

Día	En Madrid (TU)			a 0 ^h de TU						
	Orto h m	Culmin. h m	Ocaso h m	Asc. Recta h m s			Declinación ° ' "			Distancia R _⊕
1 M	13 32	21 30	4 36	05 15 05,9	+26 21 23	63,0349				
2 J	14 21	22 22	5 31	06 08 30,7	+27 26 26	63,3999				
3 V	15 17	23 12	6 19	07 01 58,0	+27 14 34	63,6253				
4 S	16 17	** **	7 00	07 54 28,5	+25 47 46	63,7240				
5 D	17 18	0 00	7 35	08 45 14,3	+23 12 19	63,7095				
6 L	18 21	0 47	8 04	09 33 51,1	+19 37 39	63,5927				
7 M	19 22	1 30	8 29	10 20 21,3	+15 14 48	63,3802				
8 M	20 24	2 12	8 51	11 05 09,1	+10 15 11	63,0743				
9 J	21 25	2 53	9 12	11 48 55,1	+04 49 59	62,6730				
10 V	22 28	3 34	9 33	12 32 30,5	-00 49 56	62,1729				
11 S	23 32	4 16	9 55	13 16 54,5	-06 33 26	61,5725				
12 D	** **	5 00	10 19	14 03 12,6	-12 08 17	60,8757				
13 L	0 40	5 48	10 48	14 52 32,4	-17 19 53	60,0965				
14 M	1 52	6 40	11 24	15 45 55,7	-21 50 10	59,2627				
15 M	3 04	7 38	12 09	16 44 00,3	-25 17 11	58,4174				
16 J	4 15	8 40	13 06	17 46 32,4	-27 16 58	57,6190				
17 V	5 18	9 45	14 16	18 52 05,7	-27 28 55	56,9357				
18 S	6 11	10 50	15 34	19 58 13,9	-25 43 16	56,4392				
19 D	6 55	11 51	16 55	21 02 26,1	-22 06 18	56,1903				
20 L	7 30	12 48	18 16	22 03 06,9	-16 59 03	56,2281				
21 M	7 59	13 41	19 33	22 59 55,1	-10 50 46	56,5590				
22 M	8 25	14 30	20 47	23 53 25,4	-04 12 04	57,1560				
23 J	8 50	15 18	21 59	00 44 39,5	+02 29 42	57,9614				
24 V	9 15	16 06	23 09	01 34 45,3	+08 52 01	58,8994				
25 S	9 42	16 54	** **	02 24 44,4	+14 37 10	59,8877				
26 D	10 12	17 43	0 18	03 15 24,5	+19 31 14	60,8489				
27 L	10 47	18 34	1 25	04 07 13,6	+23 23 12	61,7189				
28 M	11 28	19 25	2 28	05 00 13,8	+26 04 37	62,4499				

Luna llena	05 ^d 18 ^h 29 ^m
Cuarto menguante	13 ^d 16 ^h 01 ^m
Luna nueva	20 ^d 07 ^h 06 ^m
Cuarto creciente	27 ^d 08 ^h 06 ^m

Apogeo	4 ^d 09 ^h
Perigeo	19 ^d 09 ^h

LUNA Marzo 2023

Día	En Madrid (TU)			a 0 ^h de TU			Distancia \mathcal{R}_{\oplus}
	Orto h m	Culmin. h m	Ocaso h m	Asc. Recta h m s	Declinación ° ' "		
1 M	12 15	20 17	3 26	05 54 00,3	+27 29 50	63,0126	
2 J	13 09	21 08	4 17	06 47 47,0	+27 36 45	63,3947	
3 V	14 08	21 57	5 01	07 40 39,6	+26 27 14	63,5983	
4 S	15 09	22 43	5 37	08 31 53,0	+24 06 60	63,6368	
5 D	16 12	23 28	6 07	09 21 02,6	+20 44 35	63,5305	
6 L	17 14	** **	6 33	10 08 07,9	+16 30 16	63,3044	
7 M	18 16	0 11	6 56	10 53 29,7	+11 35 05	62,9831	
8 M	19 18	0 52	7 17	11 37 44,1	+06 10 18	62,5879	
9 J	20 21	1 33	7 38	12 21 37,9	+00 27 27	62,1356	
10 V	21 25	2 15	8 00	13 06 04,9	-05 21 27	61,6375	
11 S	22 32	2 59	8 23	13 52 03,9	-11 03 14	61,0997	
12 D	23 42	3 45	8 50	14 40 35,0	-16 23 04	60,5267	
13 L	** **	4 35	9 23	15 32 33,1	-21 03 37	59,9232	
14 M	0 54	5 30	10 04	16 28 33,8	-24 45 07	59,2995	
15 M	2 04	6 30	10 55	17 28 33,0	-27 06 38	58,6747	
16 J	3 08	7 32	11 58	18 31 29,5	-27 49 39	58,0787	
17 V	4 03	8 34	13 10	19 35 29,9	-26 43 21	57,5528	
18 S	4 49	9 35	14 28	20 38 25,5	-23 48 53	57,1456	
19 D	5 26	10 32	15 47	21 38 41,6	-19 19 47	56,9071	
20 L	5 57	11 26	17 05	22 35 43,1	-13 38 30	56,8790	
21 M	6 24	12 16	18 20	23 29 48,2	-07 11 36	57,0847	
22 M	6 49	13 05	19 34	00 21 46,5	-00 25 57	57,5233	
23 J	7 14	13 54	20 46	01 12 39,7	+06 13 36	58,1669	
24 V	7 40	14 42	21 58	02 03 27,5	+12 25 16	58,9641	
25 S	8 09	15 32	23 08	02 54 57,9	+17 50 49	59,8486	
26 D	8 42	16 24	** **	03 47 39,5	+22 15 30	60,7478	
27 L	9 21	17 16	0 15	04 41 35,2	+25 28 10	61,5924	
28 M	10 07	18 09	1 17	05 36 18,7	+27 21 46	62,3233	
29 M	10 59	19 01	2 12	06 31 01,4	+27 53 45	62,8958	
30 J	11 57	19 51	2 58	07 24 46,1	+27 06 09	63,2819	
31 V	12 58	20 39	3 37	08 16 45,0	+25 04 60	63,4702	

Luna llena	07 ^d 12 ^h 40 ^m
Cuarto menguante	15 ^d 02 ^h 08 ^m
Luna nueva	21 ^d 17 ^h 23 ^m
Cuarto creciente	29 ^d 02 ^h 32 ^m

Apogeo	3 ^d 18 ^h
Perigeo	19 ^d 15 ^h
Apogeo	31 ^d 11 ^h

LUNA Abril 2023

Día	En Madrid (TU)			a 0 ^h de TU					
	Orto h m	Culmin. h m	Ocaso h m	Asc. Recta h m s			Declinación ° ' "		
1 S	14 00	21 24	4 09	09 06 32,6	+21 58 58	63,4648			
2 D	15 03	22 07	4 37	09 54 09,0	+17 58 01	63,2833			
3 L	16 05	22 49	5 00	10 39 55,6	+13 12 34	62,9533			
4 M	17 07	23 30	5 22	11 24 29,7	+07 53 07	62,5100			
5 M	18 10	** **	5 43	12 08 38,6	+02 10 34	61,9907			
6 J	19 15	0 12	6 04	12 53 16,1	-03 43 16	61,4322			
7 V	20 23	0 56	6 27	13 39 20,4	-09 34 56	60,8665			
8 S	21 33	1 42	6 53	14 27 50,3	-15 08 43	60,3181			
9 D	22 45	2 32	7 24	15 19 38,3	-20 06 16	59,8033			
10 L	23 56	3 26	8 02	16 15 17,5	-24 06 58	59,3309			
11 M	** **	4 24	8 50	17 14 42,5	-26 49 38	58,9043			
12 M	1 03	5 25	9 49	18 16 53,3	-27 56 11	58,5260			
13 J	2 00	6 27	10 58	19 20 00,9	-27 16 23	58,2009			
14 V	2 47	7 27	12 12	20 22 02,5	-24 51 09	57,9401			
15 S	3 26	8 23	13 29	21 21 27,4	-20 52 22	57,7613			
16 D	3 57	9 16	14 45	22 17 41,4	-15 39 21	57,6882			
17 L	4 25	10 06	15 59	23 11 01,6	-09 34 46	57,7447			
18 M	4 49	10 55	17 12	00 02 16,8	-03 01 56	57,9508			
19 M	5 14	11 42	18 24	00 52 29,4	+03 36 32	58,3158			
20 J	5 39	12 31	19 36	01 42 41,9	+09 59 15	58,8318			
21 V	6 06	13 20	20 47	02 33 47,4	+15 46 22	59,4745			
22 S	6 37	14 11	21 57	03 26 21,3	+20 40 08	60,2023			
23 D	7 14	15 04	23 03	04 20 32,0	+24 25 44	60,9629			
24 L	7 58	15 58	** **	05 15 55,5	+26 52 31	61,6985			
25 M	8 48	16 51	0 02	06 11 38,6	+27 55 14	62,3524			
26 M	9 45	17 43	0 53	07 06 33,6	+27 34 33	62,8749			
27 J	10 45	18 32	1 35	07 59 40,6	+25 56 18	63,2279			
28 V	11 47	19 18	2 10	08 50 24,3	+23 09 49	63,3865			
29 S	12 49	20 02	2 39	09 38 39,5	+19 25 43	63,3417			
30 D	13 51	20 44	3 03	10 24 47,0	+14 54 41	63,1003			

Luna llena	06 ^d 04 ^h 35 ^m
Cuarto menguante	13 ^d 09 ^h 11 ^m
Luna nueva	20 ^d 04 ^h 13 ^m
Cuarto creciente	27 ^d 21 ^h 20 ^m

Perigeo	16 ^d 02 ^h
Apogeo	28 ^d 07 ^h

LUNA Mayo 2023

Día	En Madrid (TU)			a 0 ^h de TU			Distancia \mathcal{R}_{\oplus}
	Orto	Culmin.	Ocaso	Asc. Recta	Declinación		
	<i>h m</i>	<i>h m</i>	<i>h m</i>	<i>h m s</i>	<i>° ' "</i>		
1 L	14 53	21 25	3 26	11 09 25,7	+09 46 46		62,6840
2 M	15 56	22 07	3 47	11 53 25,8	+04 11 51		62,1272
3 M	17 00	22 50	4 07	12 37 44,8	-01 39 38		61,4745
4 J	18 07	23 35	4 29	13 23 24,7	-07 35 36		60,7767
5 V	19 17	** **	4 54	14 11 29,6	-13 21 08		60,0850
6 S	20 31	0 24	5 23	15 02 58,9	-18 37 45		59,4466
7 D	21 44	1 18	6 00	15 58 34,4	-23 03 22		58,8991
8 L	22 54	2 16	6 45	16 58 18,3	-26 14 10		58,4669
9 M	23 56	3 18	7 42	18 01 12,3	-27 48 53		58,1601
10 M	** **	4 21	8 49	19 05 18,3	-27 34 41		57,9762
11 J	0 47	5 22	10 02	20 08 16,4	-25 31 41		57,9044
12 V	1 28	6 19	11 18	21 08 19,4	-21 52 25		57,9300
13 S	2 01	7 13	12 34	22 04 44,3	-16 57 17		58,0400
14 D	2 29	8 02	13 47	22 57 47,3	-11 09 09		58,2264
15 L	2 53	8 50	14 58	23 48 20,5	-04 50 13		58,4861
16 M	3 17	9 36	16 08	00 37 31,6	+01 39 03		58,8208
17 M	3 41	10 23	17 18	01 26 29,4	+07 59 37		59,2324
18 J	4 06	11 11	18 29	02 16 15,6	+13 53 20		59,7186
19 V	4 35	12 01	19 39	03 07 36,3	+19 02 47		60,2705
20 S	5 09	12 53	20 46	04 00 53,4	+23 11 53		60,8684
21 D	5 50	13 47	21 49	04 55 55,0	+26 07 12		61,4831
22 L	6 38	14 41	22 44	05 51 53,4	+27 39 55		62,0772
23 M	7 33	15 34	23 30	06 47 35,8	+27 47 30		62,6090
24 M	8 32	16 24	** **	07 41 47,7	+26 33 56		63,0354
25 J	9 34	17 12	0 08	08 33 36,5	+24 08 09		63,3180
26 V	10 36	17 56	0 39	09 22 43,0	+20 41 33		63,4266
27 S	11 38	18 39	1 06	10 09 19,8	+16 25 47		63,3412
28 D	12 39	19 20	1 28	10 54 02,7	+11 31 35		63,0567
29 L	13 41	20 00	1 49	11 37 41,9	+06 08 41		62,5827
30 M	14 43	20 42	2 10	12 21 16,5	+00 26 25		61,9447
31 M	15 48	21 26	2 31	13 05 51,7	-05 25 05		61,1839

Luna llena	05 ^d 17 ^h 34 ^m
Cuarto menguante	12 ^d 14 ^h 28 ^m
Luna nueva	19 ^d 15 ^h 53 ^m
Cuarto creciente	27 ^d 15 ^h 22 ^m

Perigeo	11 ^d 05 ^h
Apogeo	26 ^d 02 ^h

LUNA Junio 2023

Día	En Madrid (TU)			a 0 ^h de TU					
	Orto h m	Culmin. h m	Ocaso h m	Asc. Recta h m s			Declinación ° ' "		
1 J	16 57	22 13	2 54	13 52 37,0	-11 13 23	60,3536			
2 V	18 09	23 05	3 21	14 42 42,1	-16 42 16	59,5167			
3 S	19 24	** **	3 54	15 37 05,9	-21 30 44	58,7387			
4 D	20 38	0 02	4 36	16 36 15,1	-25 13 41	58,0798			
5 L	21 45	1 04	5 30	17 39 34,7	-27 25 21	57,5887			
6 M	22 42	2 09	6 35	18 45 13,1	-27 46 25	57,2936			
7 M	23 27	3 13	7 49	19 50 28,9	-26 11 18	57,2015			
8 J	** **	4 13	9 06	20 52 57,7	-22 50 31	57,2981			
9 V	0 03	5 09	10 24	21 51 24,0	-18 06 03	57,5535			
10 S	0 33	6 00	11 38	22 45 48,1	-12 23 59	57,9304			
11 D	0 58	6 48	12 50	23 36 59,1	-06 09 09	58,3909			
12 L	1 22	7 35	13 59	00 26 08,3	+00 16 58	58,9024			
13 M	1 45	8 21	15 08	01 14 30,7	+06 35 52	59,4409			
14 M	2 09	9 07	16 17	02 03 15,4	+12 31 01	59,9912			
15 J	2 37	9 56	17 26	02 53 18,6	+17 46 53	60,5433			
16 V	3 08	10 46	18 34	03 45 15,5	+22 08 33	61,0905			
17 S	3 46	11 39	19 38	04 39 10,7	+25 22 26	61,6253			
18 D	4 31	12 32	20 36	05 34 31,8	+27 18 00	62,1359			
19 L	5 23	13 26	21 25	06 30 13,6	+27 49 54	62,6050			
20 M	6 21	14 17	22 06	07 24 57,3	+26 59 13	63,0096			
21 M	7 23	15 06	22 40	08 17 36,1	+24 53 08	63,3225			
22 J	8 25	15 52	23 07	09 07 33,9	+21 42 39	63,5148			
23 V	9 27	16 34	23 31	09 54 49,2	+17 40 11	63,5591			
24 S	10 28	17 16	23 53	10 39 48,5	+12 57 36	63,4327			
25 D	11 28	17 56	** **	11 23 16,5	+07 45 26	63,1224			
26 L	12 29	18 36	0 13	12 06 09,4	+02 13 11	62,6261			
27 M	13 32	19 18	0 33	12 49 30,6	-03 29 56	61,9569			
28 M	14 37	20 02	0 54	13 34 29,6	-09 13 35	61,1442			
29 J	15 46	20 51	1 19	14 22 19,8	-14 44 46	60,2342			
30 V	16 59	21 45	1 48	15 14 12,6	-19 46 07	59,2875			

Luna llena	04 ^d 03 ^h 42 ^m
Cuarto menguante	10 ^d 19 ^h 31 ^m
Luna nueva	18 ^d 04 ^h 37 ^m
Cuarto creciente	26 ^d 07 ^h 50 ^m

Perigeo	6 ^d 23 ^h
Apogeo	22 ^d 19 ^h

LUNA Julio 2023

Día	En Madrid (TU)			a 0 ^h de TU		
	Orto	Culmin.	Ocaso	Asc. Recta	Declinación	Distancia
	<i>h m</i>	<i>h m</i>	<i>h m</i>	<i>h m s</i>	<i>° ' "</i>	<i>R_⊕</i>
1 S	18 14	22 45	2 26	16 11 00,8	-23 54 60	58,3770
2 D	19 25	23 50	3 13	17 12 50,4	-26 44 53	57,5786
3 L	20 28	** **	4 14	18 18 29,5	-27 50 36	56,9625
4 M	21 20	0 56	5 26	19 25 27,7	-26 57 06	56,5820
5 M	22 01	2 00	6 46	20 30 49,5	-24 06 32	56,4648
6 J	22 34	2 59	8 06	21 32 29,3	-19 37 45	56,6085
7 V	23 01	3 54	9 24	22 29 47,1	-13 58 58	56,9833
8 S	23 26	4 45	10 39	23 23 12,2	-07 39 36	57,5390
9 D	23 49	5 32	11 51	00 13 50,9	-01 05 33	58,2161
10 L	** **	6 19	13 00	01 03 00,2	+05 21 56	58,9557
11 M	0 13	7 05	14 10	01 51 54,1	+11 25 24	59,7078
12 M	0 40	7 53	15 18	02 41 35,1	+16 49 52	60,4338
13 J	1 10	8 43	16 26	03 32 47,6	+21 21 45	61,1088
14 V	1 45	9 34	17 30	04 25 48,8	+24 48 44	61,7182
15 S	2 27	10 27	18 30	05 20 22,0	+27 00 37	62,2550
16 D	3 17	11 20	19 21	06 15 36,2	+27 51 07	62,7159
17 L	4 13	12 12	20 05	07 10 19,4	+27 19 26	63,0985
18 M	5 14	13 02	20 40	08 03 21,9	+25 30 40	63,3966
19 M	6 16	13 48	21 10	08 53 56,8	+22 34 29	63,6006
20 J	7 18	14 32	21 35	09 41 50,1	+18 43 03	63,6975
21 V	8 19	15 13	21 57	10 27 16,7	+14 08 49	63,6701
22 S	9 19	15 53	22 17	11 10 53,0	+09 03 23	63,5021
23 D	10 19	16 33	22 36	11 53 28,4	+03 37 10	63,1789
24 L	11 20	17 13	22 57	12 36 00,8	-02 00 15	62,6925
25 M	12 23	17 55	23 19	13 19 34,4	-07 39 08	62,0449
26 M	13 29	18 41	23 45	14 05 18,6	-13 08 21	61,2516
27 J	14 38	19 31	** **	14 54 25,0	-18 13 51	60,3444
28 V	15 51	20 27	0 18	15 47 57,7	-22 37 15	59,3717
29 S	17 03	21 29	0 59	16 46 33,2	-25 55 28	58,3993
30 D	18 09	22 34	1 53	17 49 49,5	-27 43 08	57,5036
31 L	19 06	23 39	2 59	18 56 04,4	-27 38 57	56,7652

Luna llena	03 ^d 11 ^h 39 ^m
Cuarto menguante	10 ^d 01 ^h 48 ^m
Luna nueva	17 ^d 18 ^h 32 ^m
Cuarto creciente	25 ^d 22 ^h 07 ^m

Perigeo	4 ^d 23 ^h
Apogeo	20 ^d 07 ^h

LUNA Agosto 2023

Día	En Madrid (TU)			a 0 ^h de TU						
	Orto h m	Culmin. h m	Ocaso h m	Asc. Recta h m s			Declinación ° ' "			Distancia R _⊕
1 M	19 53	** **	4 17	20 02 35,5	-25 34 17	56,2567				
2 M	20 30	0 42	5 39	21 06 46,0	-21 38 06	56,0299				
3 J	21 00	1 40	7 00	22 07 06,5	-16 14 15	56,1057				
4 V	21 27	2 34	8 19	23 03 28,1	-09 53 40	56,4699				
5 S	21 52	3 25	9 35	23 56 36,4	-03 07 05	57,0769				
6 D	22 16	4 14	10 48	00 47 41,7	+03 38 48	57,8605				
7 L	22 42	5 01	11 59	01 37 57,4	+10 02 20	58,7450				
8 M	23 11	5 50	13 09	02 28 28,8	+15 46 05	59,6588				
9 M	23 45	6 39	14 18	03 20 04,2	+20 35 49	60,5412				
10 J	** **	7 31	15 24	04 13 07,5	+24 19 38	61,3473				
11 V	0 25	8 23	16 25	05 07 31,5	+26 48 09	62,0477				
12 S	1 13	9 16	17 19	06 02 36,2	+27 55 31	62,6273				
13 D	2 07	10 08	18 04	06 57 19,1	+27 40 38	63,0825				
14 L	3 06	10 59	18 42	07 50 34,9	+26 07 33	63,4158				
15 M	4 08	11 46	19 13	08 41 35,1	+23 24 48	63,6332				
16 M	5 11	12 30	19 39	09 29 59,9	+19 43 41	63,7407				
17 J	6 12	13 12	20 02	10 15 57,0	+15 16 28	63,7414				
18 V	7 13	13 53	20 22	10 59 55,8	+10 15 08	63,6346				
19 S	8 13	14 32	20 42	11 42 39,3	+04 50 52	63,4163				
20 D	9 13	15 12	21 02	12 24 59,2	-00 45 49	63,0790				
21 L	10 14	15 53	21 23	13 07 53,0	-06 24 40	62,6169				
22 M	11 18	16 37	21 47	13 52 23,0	-11 54 44	62,0271				
23 M	12 25	17 24	22 16	14 39 34,0	-17 03 20	61,3140				
24 J	13 34	18 16	22 52	15 30 27,6	-21 34 53	60,4948				
25 V	14 45	19 13	23 38	16 25 48,6	-25 10 12	59,6000				
26 S	15 52	20 15	** **	17 25 42,7	-27 27 18	58,6770				
27 D	16 52	21 18	0 37	18 29 13,1	-28 05 03	57,7888				
28 L	17 42	22 22	1 48	19 34 19,9	-26 49 30	57,0091				
29 M	18 23	23 22	3 07	20 38 38,3	-23 39 55	56,4141				
30 M	18 56	** **	4 29	21 40 17,3	-18 50 33	56,0693				
31 J	19 25	0 18	5 51	22 38 33,4	-12 46 47	56,0184				

Luna llena	01 ^d 18 ^h 32 ^m
Cuarto menguante	08 ^d 10 ^h 28 ^m
Luna nueva	16 ^d 09 ^h 38 ^m
Cuarto creciente	24 ^d 09 ^h 57 ^m
Luna llena	31 ^d 01 ^h 36 ^m

Perigeo	2 ^d 06 ^h
Apogeo	16 ^d 12 ^h
Perigeo	30 ^d 16 ^h

LUNA Setiembre 2023

Día	En Madrid (TU)			a 0 ^h de TU			Distancia \mathcal{R}_{\oplus}
	Orto	Culmin.	Ocaso	Asc. Recta	Declinación		
	<i>h m</i>	<i>h m</i>	<i>h m</i>	<i>h m s</i>	° ' "		
1 V	19 51	1 11	7 09	23 33 44,4	-05 58 58		56,2722
2 S	20 16	2 02	8 26	00 26 44,8	+01 02 45		56,8058
3 D	20 42	2 52	9 40	01 18 41,6	+07 51 26		57,5641
4 L	21 11	3 41	10 54	02 10 38,4	+14 04 33		58,4725
5 M	21 43	4 32	12 06	03 03 24,8	+19 23 57		59,4496
6 M	22 22	5 24	13 15	03 57 26,6	+23 35 25		60,4192
7 J	23 08	6 18	14 19	04 52 38,9	+26 28 41		61,3175
8 V	** **	7 11	15 16	05 48 24,8	+27 57 56		62,0974
9 S	0 00	8 04	16 04	06 43 44,8	+28 02 21		62,7298
10 D	0 59	8 55	16 44	07 37 35,7	+26 46 15		63,2010
11 L	2 00	9 43	17 16	08 29 10,3	+24 18 01		63,5110
12 M	3 03	10 29	17 44	09 18 08,1	+20 48 38		63,6691
13 M	4 05	11 12	18 07	10 04 36,0	+16 29 53		63,6907
14 J	5 06	11 52	18 28	10 49 01,5	+11 33 31		63,5924
15 V	6 06	12 32	18 48	11 32 05,3	+06 10 46		63,3907
16 S	7 07	13 12	19 07	12 14 36,0	+00 32 31		63,0982
17 D	8 08	13 53	19 28	12 57 27,3	-05 10 20		62,7230
18 L	9 11	14 35	19 51	13 41 36,1	-10 46 13		62,2686
19 M	10 17	15 21	20 18	14 28 00,8	-16 02 10		61,7372
20 M	11 25	16 11	20 51	15 17 36,2	-20 43 09		61,1299
21 J	12 34	17 05	21 32	16 11 03,6	-24 31 41		60,4530
22 V	13 41	18 04	22 25	17 08 33,5	-27 08 28		59,7210
23 S	14 42	19 05	23 29	18 09 27,7	-28 14 47		58,9594
24 D	15 34	20 06	** **	19 12 15,0	-27 36 54		58,2079
25 L	16 17	21 06	0 42	20 14 55,7	-25 10 42		57,5193
26 M	16 53	22 02	2 01	21 15 46,5	-21 03 47		56,9540
27 M	17 22	22 56	3 21	22 13 54,8	-15 34 04		56,5741
28 J	17 49	23 47	4 40	23 09 23,4	-09 06 03		56,4310
29 V	18 14	** **	5 58	00 02 54,0	-02 07 10		56,5551
30 S	18 40	0 38	7 14	00 55 27,3	+04 54 54		56,9475

Cuarto menguante	06 ^d 22 ^h 21 ^m
Luna nueva	15 ^d 01 ^h 40 ^m
Cuarto creciente	22 ^d 19 ^h 32 ^m
Luna llena	29 ^d 09 ^h 58 ^m

Apogeo	12 ^d 16 ^h
Perigeo	28 ^d 01 ^h

LUNA Octubre 2023

Día	En Madrid (TU)			a 0 ^h de TU			Distancia R_{\oplus}
	Orto h m	Culmin. h m	Ocaso h m	Asc. Recta h m s	Declinación ° ' "		
1 D	19 08	1 28	8 29	01 48 05,8	+11 34 10	57,5784	
2 L	19 39	2 19	9 44	02 41 41,2	+17 27 33	58,3918	
3 M	20 16	3 13	10 57	03 36 42,7	+22 15 55	59,3152	
4 M	21 00	4 07	12 06	04 33 07,0	+25 44 53	60,2705	
5 J	21 51	5 03	13 07	05 30 14,8	+27 45 59	61,1846	
6 V	22 49	5 57	14 00	06 27 00,2	+28 17 17	61,9956	
7 S	23 50	6 50	14 43	07 22 11,5	+27 23 10	62,6585	
8 D	** **	7 39	15 18	08 14 54,8	+25 12 49	63,1449	
9 L	0 53	8 26	15 47	09 04 47,0	+21 57 55	63,4435	
10 M	1 55	9 09	16 12	09 51 55,2	+17 50 43	63,5577	
11 M	2 56	9 51	16 33	10 36 49,0	+13 02 49	63,5033	
12 J	3 57	10 31	16 53	11 20 11,5	+07 45 04	63,3042	
13 V	4 58	11 11	17 13	12 02 53,5	+02 07 52	62,9889	
14 S	5 59	11 51	17 33	12 45 49,7	-03 38 08	62,5876	
15 D	7 03	12 33	17 56	13 29 57,1	-09 21 16	62,1270	
16 L	8 08	13 19	18 22	14 16 13,0	-14 48 06	61,6295	
17 M	9 16	14 08	18 53	15 05 30,2	-19 42 57	61,1109	
18 M	10 26	15 01	19 32	15 58 27,3	-23 47 47	60,5804	
19 J	11 34	15 58	20 20	16 55 12,5	-26 43 18	60,0437	
20 V	12 36	16 58	21 20	17 55 07,9	-28 11 23	59,5052	
21 S	13 30	17 58	22 29	18 56 46,6	-27 59 13	58,9725	
22 D	14 15	18 57	23 44	19 58 15,6	-26 03 01	58,4601	
23 L	14 52	19 52	** **	20 57 57,0	-22 29 15	57,9919	
24 M	15 22	20 45	1 01	21 55 00,2	-17 32 53	57,6014	
25 M	15 49	21 35	2 18	22 49 26,9	-11 34 02	57,3279	
26 J	16 14	22 25	3 33	23 41 57,3	-04 55 24	57,2118	
27 V	16 39	23 14	4 48	00 33 32,2	+01 59 18	57,2857	
28 S	17 05	** **	6 03	01 25 17,4	+08 45 57	57,5662	
29 D	17 35	0 05	7 18	02 18 12,3	+15 00 49	58,0482	
30 L	18 09	0 58	8 33	03 12 56,8	+20 21 32	58,7037	
31 M	18 51	1 52	9 46	04 09 38,8	+24 28 54	59,4839	

Cuarto menguante	06 ^d 13 ^h 48 ^m
Luna nueva	14 ^d 17 ^h 55 ^m
Cuarto creciente	22 ^d 03 ^h 29 ^m
Luna llena	28 ^d 20 ^h 24 ^m

Apogeo	10 ^d 04 ^h
Perigeo	26 ^d 03 ^h

LUNA Noviembre 2023

Día	En Madrid (TU)			a 0 ^h de TU			Distancia \mathcal{R}_{\oplus}
	Orto h m	Culmin. h m	Ocaso h m	Asc. Recta h m s	Declinación ° ' "		
1 M	19 40	2 49	10 52	05 07 44,4	+27 09 05	60,3266	
2 J	20 36	3 45	11 50	06 06 01,7	+28 15 47	61,1649	
3 V	21 37	4 40	12 38	07 03 02,6	+27 50 58	61,9337	
4 S	22 40	5 32	13 17	07 57 33,4	+26 03 35	62,5780	
5 D	23 43	6 20	13 48	08 48 55,6	+23 06 28	63,0558	
6 L	** **	7 05	14 15	09 37 09,4	+19 13 21	63,3410	
7 M	0 45	7 47	14 37	10 22 43,5	+14 36 55	63,4236	
8 M	1 46	8 27	14 58	11 06 24,1	+09 28 15	63,3100	
9 J	2 46	9 07	15 17	11 49 06,2	+03 57 15	63,0211	
10 V	3 47	9 47	15 37	12 31 49,1	-01 46 27	62,5881	
11 S	4 50	10 29	15 59	13 15 34,5	-07 32 21	62,0522	
12 D	5 55	11 13	16 24	14 01 24,8	-13 07 53	61,4569	
13 L	7 03	12 02	16 53	14 50 19,0	-18 17 35	60,8459	
14 M	8 14	12 54	17 30	15 43 02,7	-22 42 41	60,2572	
15 M	9 24	13 52	18 16	16 39 51,4	-26 02 02	59,7198	
16 J	10 30	14 52	19 13	17 40 09,9	-27 55 09	59,2519	
17 V	11 27	15 53	20 21	18 42 25,9	-28 07 05	58,8611	
18 S	12 15	16 52	21 34	19 44 32,9	-26 33 04	58,5461	
19 D	12 53	17 48	22 50	20 44 37,6	-23 20 07	58,3029	
20 L	13 25	18 41	** **	21 41 39,0	-18 44 11	58,1272	
21 M	13 52	19 30	0 05	22 35 35,1	-13 05 46	58,0198	
22 M	14 17	20 18	1 19	23 27 07,4	-06 46 19	57,9884	
23 J	14 41	21 06	2 31	00 17 20,5	-00 06 52	58,0461	
24 V	15 06	21 54	3 44	01 07 25,9	+06 31 60	58,2093	
25 S	15 33	22 45	4 57	01 58 32,0	+12 49 40	58,4917	
26 D	16 05	23 38	6 11	02 51 32,9	+18 25 20	58,8991	
27 L	16 43	** **	7 24	03 46 56,2	+22 58 53	59,4243	
28 M	17 28	0 34	8 33	04 44 28,4	+26 12 57	60,0456	
29 M	18 22	1 31	9 36	05 43 09,1	+27 55 55	60,7270	
30 J	19 22	2 27	10 29	06 41 24,6	+28 04 38	61,4219	

Cuarto menguante	05 ^d 08 ^h 37 ^m
Luna nueva	13 ^d 09 ^h 27 ^m
Cuarto creciente	20 ^d 10 ^h 50 ^m
Luna llena	27 ^d 09 ^h 16 ^m

Apogeo	6 ^d 22 ^h
Perigeo	21 ^d 21 ^h

LUNA Diciembre 2023

Día	En Madrid (TU)			a 0 ^h de TU						
	Orto h m	Culmin. h m	Ocaso h m	Asc. Recta h m s			Declinación ° ' "			Distancia R _⊕
1 V	20 25	3 21	11 12	07 37 39,7	+26 44 49	62,0782				
2 S	21 29	4 11	11 47	08 30 49,8	+24 08 39	62,6439				
3 D	22 32	4 58	12 16	09 20 34,4	+20 31 05	63,0724				
4 L	23 33	5 41	12 40	10 07 11,6	+16 06 40	63,3272				
5 M	** **	6 22	13 01	10 51 23,9	+11 07 58	63,3841				
6 M	0 33	7 02	13 21	11 34 07,0	+05 45 30	63,2352				
7 J	1 33	7 41	13 40	12 16 22,9	+00 08 32	62,8878				
8 V	2 34	8 22	14 01	12 59 16,9	-05 33 47	62,3660				
9 S	3 38	9 05	14 24	13 43 56,9	-11 10 58	61,7081				
10 D	4 44	9 51	14 51	14 31 30,7	-16 29 43	60,9646				
11 L	5 55	10 43	15 25	15 22 58,7	-21 12 46	60,1938				
12 M	7 06	11 39	16 08	16 18 57,7	-24 58 46	59,4559				
13 M	8 16	12 39	17 02	17 19 16,1	-27 24 23	58,8058				
14 J	9 18	13 42	18 08	18 22 34,5	-28 09 21	58,2872				
15 V	10 11	14 44	19 22	19 26 35,5	-27 03 21	57,9262				
16 S	10 53	15 43	20 39	20 28 54,6	-24 10 16	57,7301				
17 D	11 28	16 37	21 56	21 27 56,5	-19 46 34	57,6893				
18 L	11 56	17 28	23 10	22 23 17,1	-14 15 32	57,7813				
19 M	12 21	18 16	** **	23 15 29,6	-08 01 37	57,9783				
20 M	12 45	19 03	0 22	00 05 38,3	-01 27 24	58,2539				
21 J	13 09	19 50	1 34	00 54 58,6	+05 06 55	58,5876				
22 V	13 35	20 39	2 45	01 44 44,8	+11 22 41	58,9667				
23 S	14 04	21 30	3 56	02 36 01,0	+17 01 56	59,3858				
24 D	14 39	22 24	5 08	03 29 30,4	+21 46 55	59,8436				
25 L	15 21	23 19	6 18	04 25 22,4	+25 20 53	60,3388				
26 M	16 11	** **	7 23	05 23 01,1	+27 30 25	60,8656				
27 M	17 08	0 16	8 19	06 21 08,2	+28 08 22	61,4111				
28 J	18 11	1 11	9 07	07 18 05,8	+27 15 54	61,9539				
29 V	19 15	2 03	9 45	08 12 30,6	+25 02 08	62,4643				
30 S	20 19	2 51	10 16	09 03 38,4	+21 41 04	62,9071				
31 D	21 21	3 36	10 41	09 51 27,6	+17 28 08	63,2444				

Cuarto menguante	05 ^d 05 ^h 49 ^m
Luna nueva	12 ^d 23 ^h 32 ^m
Cuarto creciente	19 ^d 18 ^h 39 ^m
Luna llena	27 ^d 00 ^h 33 ^m

Apogeo	4 ^d 19 ^h
Perigeo	16 ^d 19 ^h

3.9. 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 **.

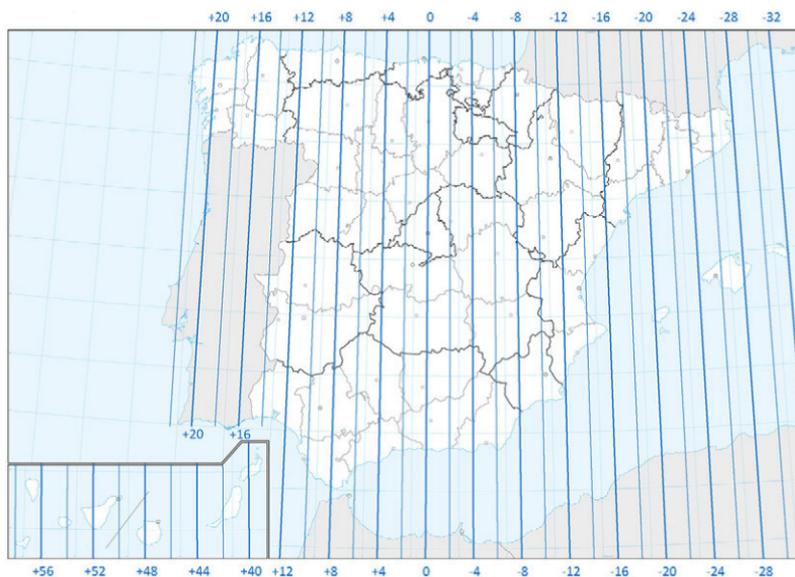
Para conocer el instante de salida o de puesta de la Luna en otro lugar de España es necesario aplicar dos correcciones, una debida a la diferente latitud y otra debida a la diferente longitud. Puede ocurrir que, hechas tales correcciones, el fenómeno tenga lugar el día anterior o el posterior.

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



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

por la diferencia de longitudes, expresada en minutos de tiempo. Para las capitales de provincia, se encuentra en la 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 longitudes y de la declinación de la Luna (indicada en las tablas). Puede encontrarse, para varios paralelos y cada 3° en declinación en la tabla anterior. El paralelo 28° corresponde a las Canarias.

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

Cálculo de orto y ocaso de la Luna en una capital de provincia

Consultando las tablas de orto y ocaso de la Luna en Madrid y las dos tablas precedentes, se realiza el simple cálculo:

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

ocaso = ocaso en Madrid + corrección por longitud - corrección por latitud

Ejemplo: determinación de los instantes de salida y puesta de la Luna en Tarragona (latitud $41^{\circ}0'$) el día 18 de junio, en que su declinación media es de $+27^{\circ}$ y el horario oficial es el de verano:

$$\text{orto} = 4^{\text{h}}31^{\text{m}} + (-20)^{\text{m}} + (-2^{\text{m}}) = 4^{\text{h}}09^{\text{m}} \text{ TU} = 6^{\text{h}}09^{\text{m}} \text{ TO}$$

$$\text{ocaso} = 20^{\text{h}}36^{\text{m}} + (-20)^{\text{m}} - (-2^{\text{m}}) = 20^{\text{h}}18^{\text{m}} \text{ TU} = 22^{\text{h}}18^{\text{m}} \text{ TO}$$

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):

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

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

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:

$$\text{paso meridiano} = \text{paso meridiano Madrid} - 1,036 (14^{\text{m}}45^{\text{s}} + \lambda_E)$$

Si se desea obtener el instante de paso del borde anterior o del posterior, hay que realizar una corrección adicional, para tener en cuenta el tiempo de paso del semidiámetro. Este puede obtenerse de manera aproximada a partir de la distancia r_0 (expresada en radios terrestres), o bien del semidiámetro s_0 o de la paralaje π_0 (expresados en minutos de arco) mediante las expresiones:

$$\text{paso semidiámetro (en } ^s) \approx 4,1 s_0 \approx 1,13 \pi_0 \approx 3900 / r_0$$

Los pasos por los bordes anterior y posterior serán:

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

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

3.10. 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 2023

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	06 23 08	Ene	15 02 10
Ene	21 20 53	Ene	28 15 19	Feb	05 18 29	Feb	13 16 01
Feb	20 07 06	Feb	27 08 06	Mar	07 12 40	Mar	15 02 08
Mar	21 17 23	Mar	29 02 32	Abr	06 04 35	Abr	13 09 11
Abr	20 04 13	Abr	27 21 20	May	05 17 34	May	12 14 28
May	19 15 53	May	27 15 22	Jun	04 03 42	Jun	10 19 31
Jun	18 04 37	Jun	26 07 50	Jul	03 11 39	Jul	10 01 48
Jul	17 18 32	Jul	25 22 07	Ago	01 18 32	Ago	08 10 28
Ago	16 09 38	Ago	24 09 57	Ago	31 01 36	Set	06 22 21
Set	15 01 40	Set	22 19 32	Set	29 09 58	Oct	06 13 48
Oct	14 17 55	Oct	22 03 29	Oct	28 20 24	Nov	05 08 37
Nov	13 09 27	Nov	20 10 50	Nov	27 09 16	Dic	05 05 49
Dic	12 23 32	Dic	19 18 39	Dic	27 00 33		

El periodo de rotación sinódica de la Luna, o sea el tiempo que transcurre entre dos lunas nuevas consecutivas, se denomina *lunación*. Por convenio, la lunación se inicia en el instante de la *luna nueva* o *novilunio*, es decir cuando las longitudes geocéntricas de la Luna y el Sol coinciden. El instante en que tales longitudes difieren en 180° se denomina *luna llena* o *plenilunio* y cuando difieren en 90° o 270° 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.

3.11. Perigeos y apogeos

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

Luna en el perigeo			
fecha y hora			distancia
mes	día	h	km
Ene	21	21	356569
Feb	19	9	358259
Mar	19	15	362679
Abr	16	2	367939
May	11	5	369309
Jun	6	23	364839
Jul	4	23	360137
Ago	2	6	357307
Ago	30	16	357185
Set	28	1	359924
Oct	26	3	364894
Nov	21	21	369854
Dic	16	19	367930

Luna en el apogeo			
fecha y hora			distancia
mes	día	h	km
Ene	8	9	406448
Feb	4	9	406487
Mar	3	18	405915
Mar	31	11	404955
Abr	28	7	404339
May	26	2	404547
Jun	22	19	405416
Jul	20	7	406307
Ago	16	12	406635
Set	12	16	406272
Oct	10	4	405394
Nov	6	22	404530
Dic	4	19	404306

Valores extremos en los siglos XX y XXI

Intervalos menor y mayor entre lunas nuevas consecutivas:

$29^{\text{d}},274$ y $29^{\text{d}},829$

Intervalos menor y mayor entre perigeos sucesivos:

$24^{\text{d}},65$ y $28^{\text{d}},54$

Intervalos menor y mayor entre dos apogeos sucesivos:

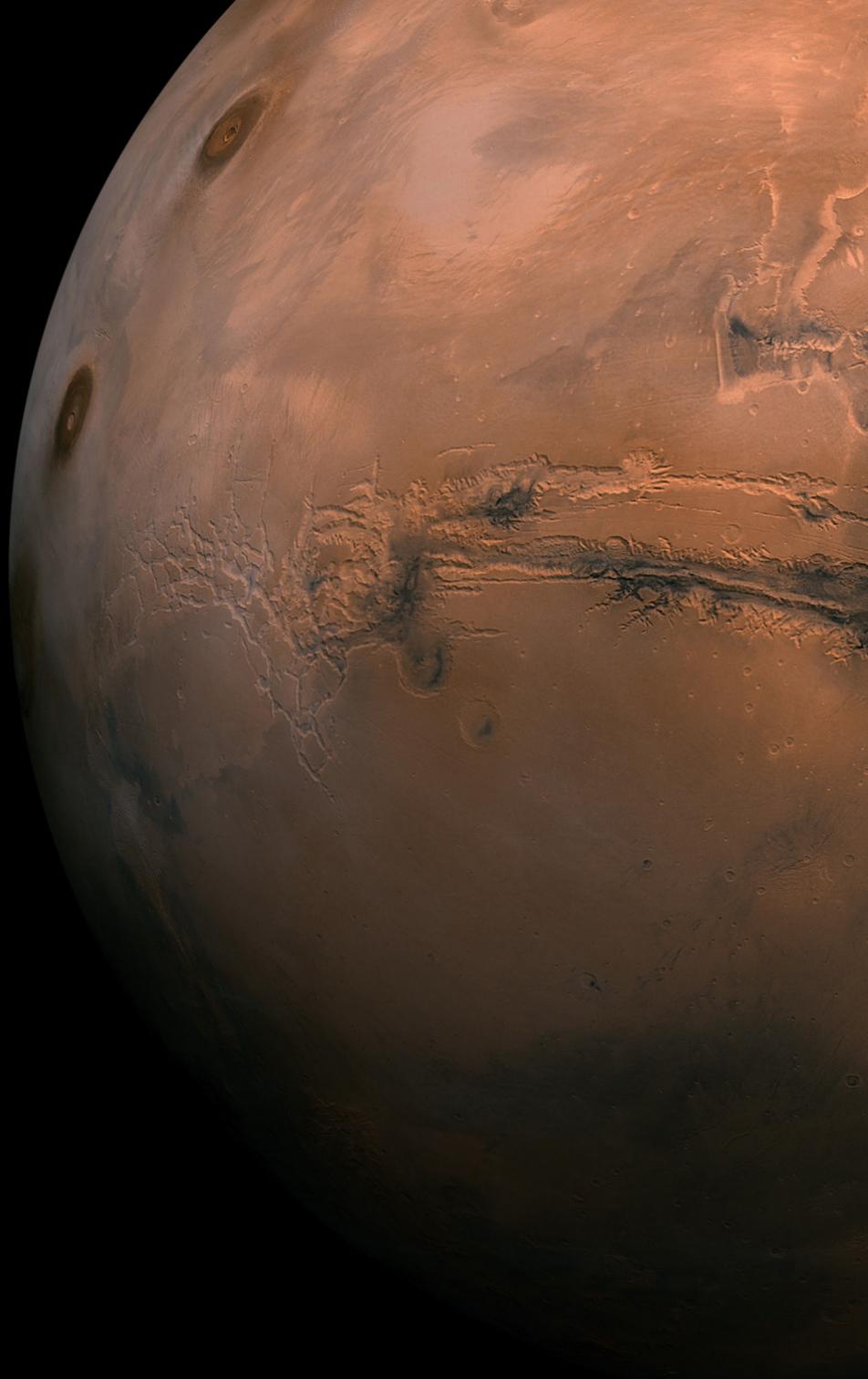
$26^{\text{d}},98$ y $27^{\text{d}},90$

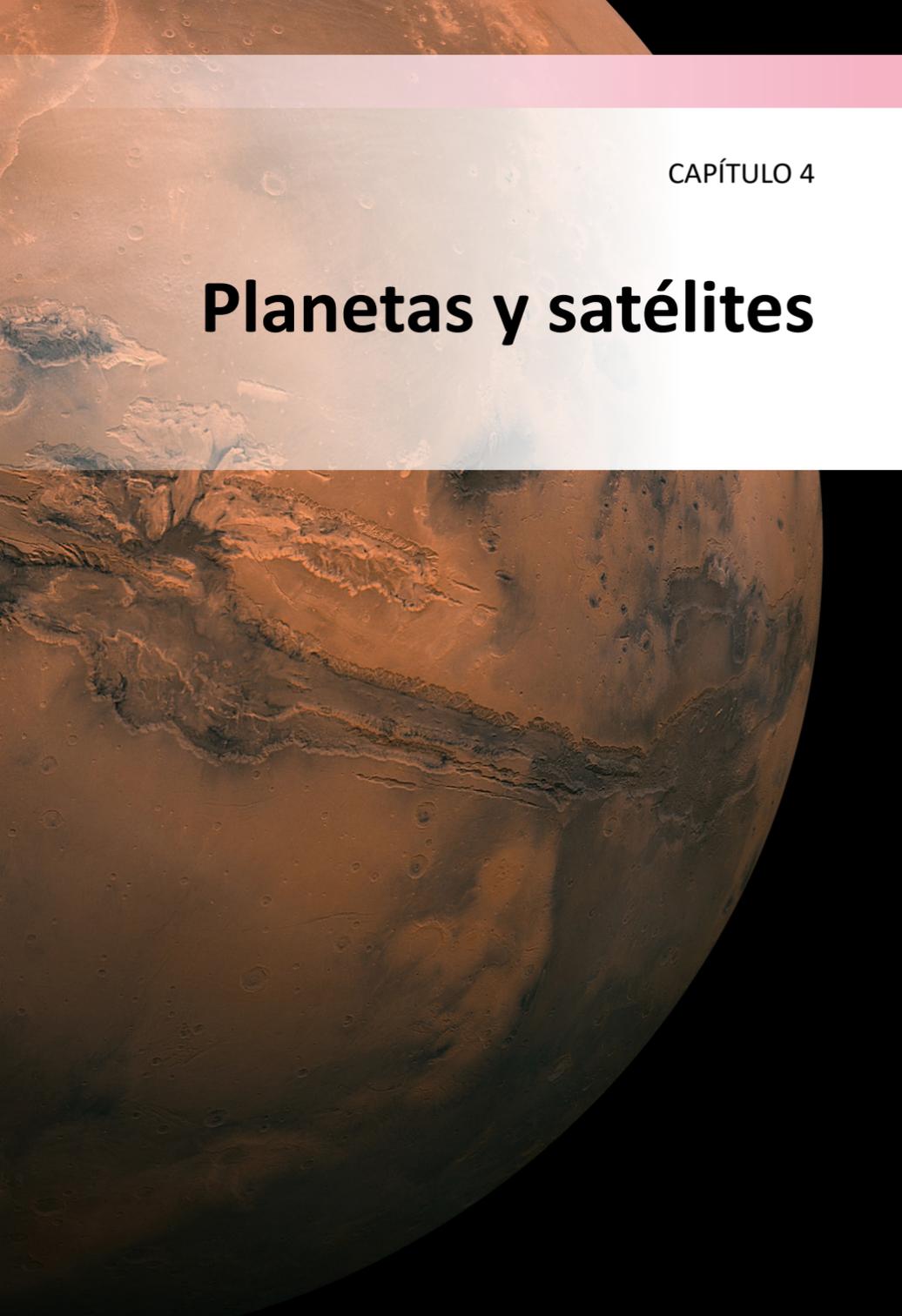
Valores extremos entre los que varía el perigeo lunar:

356 375 y 370 350 km

Valores extremos entre los que varía el apogeo lunar:

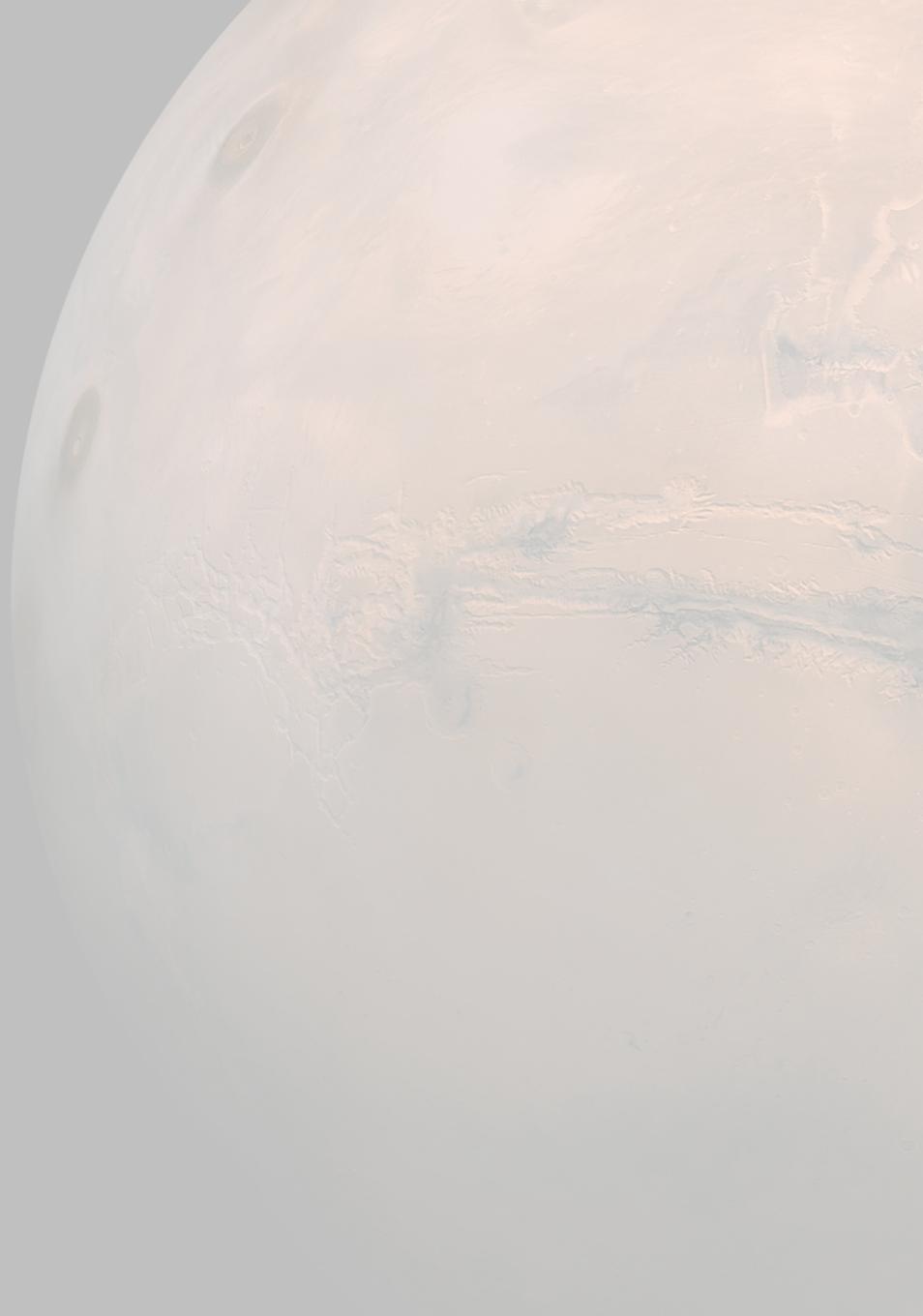
404 050 y 406 712 km





CAPÍTULO 4

Planetas y satélites



4.1. Datos planetarios

Sistema planetario

Número de planetas conocidos:	8
Masa total de los planetas:	$2,669 \cdot 10^{27} \text{ kg}$ $= 447 \mathcal{M}_{\oplus} = \mathcal{M}_{\odot} / 745$
Número de satélites conocidos:	173
Masa total de los satélites:	$6,2 \cdot 10^{23} \text{ kg} = 0,10 \mathcal{M}_{\oplus}$
Coordenadas del polo norte del plano invariable del sistema solar:	$\alpha = 18^{\text{h}}15^{\text{m}}24^{\text{s}}, \delta = 66^{\circ}59'$ (época J2000.0)

Unidades prácticas

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

La masa de la Tierra es:	$1 \mathcal{M}_{\oplus} = 5,9724 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
y la masa del Sol es:	$1 \mathcal{M}_{\odot} = 1,988547 \cdot 10^{30} \text{ kg} = 332\,946 \mathcal{M}_{\oplus}$
Const. gravit. geocén.:	$G\mathcal{M}_{\oplus} = 398\,600,4418 \text{ km}^3 \text{ s}^{-2}$
El radio de la Tierra es:	$1 \mathcal{R}_{\oplus} = 6378, 1366 \text{ km}$ (ecuatorial)
La distancia Tierra-Sol es:	$1 \text{ ua} = 149\,597\,871 \text{ km} = 8,317 \text{ minutos luz}$
La velocidad de la luz es:	$c = 299\,792, 458 \text{ km/s} = 173,145 \text{ ua/día}$
de donde se deduce que:	$1 \text{ ua/día} = 1731,457 \text{ km/s} = 6\,233\,245 \text{ km/h}$

La constante gravitatoria de Newton expresada en diversas unidades es:

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

Elementos orbitales

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

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

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

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

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

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

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

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

Elementos orbitales (J2000.0)

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

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

Distancias orbitales (J2000.0)

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

Traslación (J2000.0)

Planeta	periodo orbital	movimiento medio diario	velocidad orbital media	periodo sinódico
	P (años)	n	V (km/s)	medio (días)
Mercurio	0,240844	4°092377	47,873	115,878
Venus	0,615183	1°602169	35,021	583,921
Tierra	0,999979	0°985647	29,786	
Marte	1,880711	0°524071	24,131	779,936
Júpiter	11,856525	0°083129	13,070	398,884
Saturno	29,423519	0°033498	9,672	378,092
Urano	83,747407	0°011769	6,835	369,656
Neptuno	163,723204	0°006020	5,478	367,487

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

Otros datos referidos a la órbita

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

Rotación

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

Parámetros de las coordenadas planetográficas

Planeta	eje de rotación (J2000)		meridiano de referencia
	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: $w_1 = 536,3128492 d + N = 357,85 + 52,316 T$.

Datos fotométricos

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

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

Corresponde a la cantidad de energía que se recibe del Sol por unidad de tiempo y de superficie, en el exterior de la atmósfera.

Datos físicos

Planeta	Tamaño					
	radio ecuatorial en R_{\oplus}	diámetro ecuatorial 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	= ecuatorial	~ 0	6",73	0,0562
Venus	0,949	12103,6	= ecuatorial	~ 0	16",69	0,8571
Tierra	1,000	12756,3	12713,5	0,0033528	17",59	1,0000
Marte	0,532	6792,4	6752,4	0,0058860	9",37	0,1506
Júpiter	11,209	142984	133708	0,0648744	197",15	1321
Saturno	9,449	120536	108728	0,0979624	166",19	764
Urano	4,007	51118	49946	0,0229273	70",48	63
Neptuno	3,883	49528	48682	0,0171	68",29	58

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

Planeta	Masa			
	masa, M_p (M_{\oplus})	densidad media (g cm ⁻³)	gravedad superf. ecu. (m s ⁻²)	constante gravit., GM_p (10^{15} m ³ s ⁻²)
Mercurio	0,0553	5,43	3,70	0,022032
Venus	0,8150	5,24	8,87	0,324858
Tierra	1,0000	5,52	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

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

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

Atmósfera

Planeta	temperatura				presión (atm)	gases más abundantes (> 1%)
	superficial (° C)	nubes (° C)	equil. (° K)	efectiva (° K)		
Mercurio	-170 a 350		634	442,5	~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 ₂ O)
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°	0,0007	1,5
Venus	< 0,00003		< 0,0004	
Tierra	0,305	10,8	1	10
Marte	< 0,0003		< 0,0002	
Júpiter	4,28	-9,6	20 000	80
Saturno	0,22	< 1°	600	20
Urano	0,23	-58,6	50	20
Neptuno	0,14	-47°	25	25

R_p el radio ecuatorial del planeta. Equivalencia: 1 G (gauss) = 10⁻⁴ T (tesla).

El momento dipolar magnético de la Tierra es: 7,91 10¹⁵ T m³.

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: $M = L - \varpi$

Anomalía verdadera: $v \simeq M + 2e \sin M + 1,25 e^2 \sin (2M)$

Longitud verdadera: $L_v = v + \varpi$

Distancia al Sol :

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

Velocidad de traslación:

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

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:

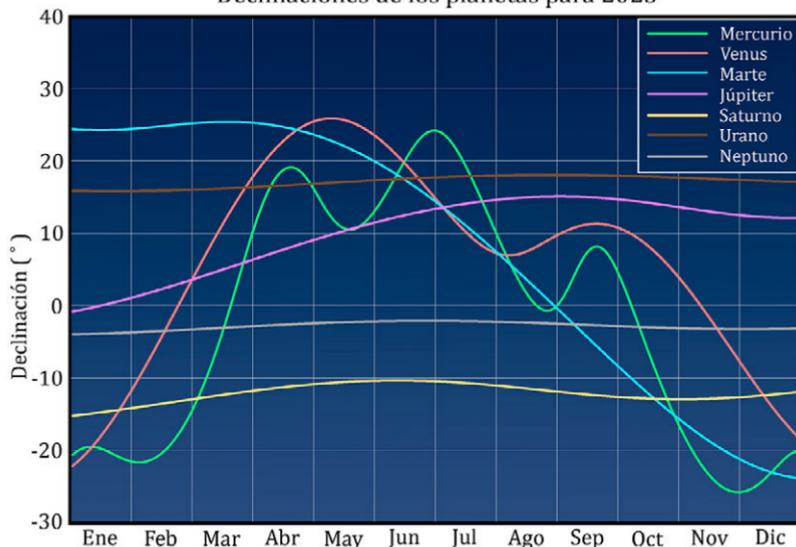
Planeta	Longitud media L	Longitud del perihelio ϖ
Mercurio	65°85 + 4°09234 d	77°493
Venus	319°07 + 1°60213 d	131°565
Tierra + Luna	99°09 + 0°98561 d	103°013
Marte	77°05 + 0°52403 d	336°165
Júpiter	12°28 + 0°08309 d	14°382
Saturno	331°12 + 0°03346 d	93°190
Urano	52°59 + 0°01173 d	173°026
Neptuno	354°59 + 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)

Declinaciones de los planetas para 2023



4.2. 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:

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

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 $\geq 0,99$.

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

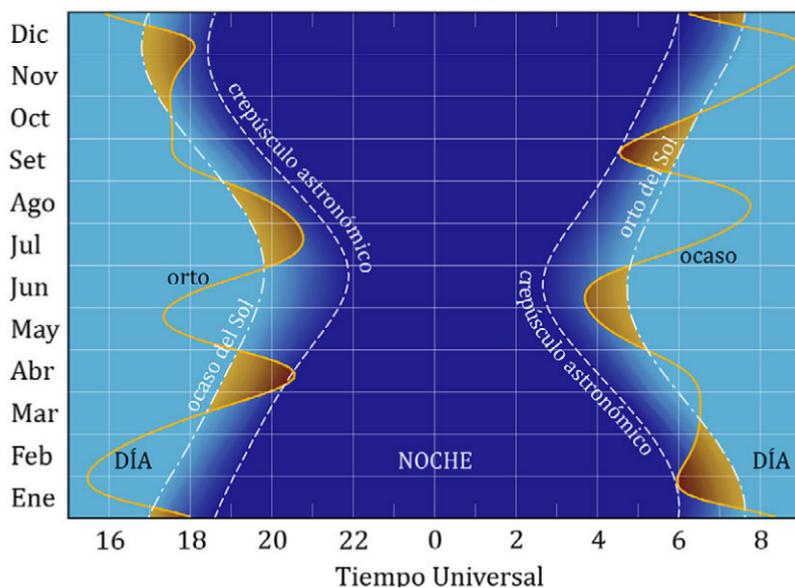
MERCURIO 2023

Mes	día	en Madrid (TU)						a 0 ^h de TU			Distancia ua			
		Orto		Culm.		Ocaso		Asc.recta				Declinación		
		h	m	h	m	h	m	h	m	s	°	'	"	
Ene.	1	8	23	13	11	18	0	19	41	38	-20	30	20	0,7490
	11	6	52	11	43	16	34	18	53	4	-19	33	55	0,6803
	21	6	2	10	50	15	38	18	36	25	-20	36	27	0,8299
	31	5	59	10	44	15	28	19	8	30	-21	38	24	1,0134
Feb.	10	6	10	10	57	15	44	20	0	54	-21	10	25	1,1637
	20	6	21	11	18	16	16	21	1	15	-18	41	13	1,2741
Mar.	2	6	28	11	43	16	59	22	5	14	-14	2	37	1,3451
	12	6	31	12	11	17	52	23	11	59	-7	15	2	1,3690
	22	6	32	12	42	18	53	0	22	4	+1	26	6	1,3181
Abr.	1	6	31	13	12	19	55	1	32	22	+10	39	53	1,1508
	11	6	21	13	26	20	33	2	27	24	+17	20	23	0,8980
	21	5	55	13	6	20	17	2	49	5	+19	14	29	0,6780
May.	1	5	15	12	14	19	12	2	36	49	+16	20	50	0,5674
	11	4	34	11	18	18	0	2	19	5	+11	59	43	0,5825
	21	4	4	10	44	17	24	2	23	44	+10	41	46	0,6899
	31	3	47	10	35	17	25	2	53	17	+12	57	48	0,8497
Jun.	10	3	42	10	48	17	55	3	44	8	+17	21	28	1,0375
	20	3	56	11	22	18	49	4	56	45	+22	3	9	1,2201
	30	4	39	12	15	19	51	6	28	33	+24	23	39	1,3234
Jul.	10	5	40	13	7	20	33	8	0	33	+22	26	1	1,2962
	20	6	37	13	42	20	46	9	16	17	+17	21	25	1,1883
	30	7	19	14	0	20	40	10	14	32	+11	7	39	1,0519
Ago.	9	7	43	14	2	20	21	10	56	58	+5	6	45	0,9070
	19	7	42	13	46	19	49	11	21	4	+0	35	56	0,7644
	29	7	2	13	2	19	3	11	18	11	-0	23	27	0,6515
Set.	8	5	38	11	53	18	9	10	49	0	+3	51	32	0,6455
	18	4	36	11	7	17	38	10	39	33	+8	8	52	0,8236
	28	4	45	11	9	17	32	11	19	49	+6	6	54	1,0987
Oct.	8	5	31	11	33	17	33	12	22	17	-0	26	42	1,3065
	18	6	21	11	57	17	31	13	25	50	-7	54	45	1,4095
	28	7	8	12	19	17	30	14	27	41	-14	40	21	1,4350
Nov.	7	7	51	12	42	17	31	15	29	30	-20	8	50	1,4019
	17	8	31	13	5	17	39	16	32	18	-23	58	20	1,3146
	27	9	1	13	27	17	54	17	34	6	-25	46	24	1,1678
Dic.	7	9	8	13	37	18	6	18	24	36	-25	17	13	0,9572
	17	8	23	13	1	17	39	18	31	19	-22	56	32	0,7323
	27	6	42	11	30	16	18	17	40	7	-20	23	37	0,6989

MERCURIO 2023

Fecha	τ <i>min</i>	D_{ecu} "	V	BS	a.fase °	fase defilu. "	L_p °	B_p °	P_{PN} °	
Ene 1	6,23	8,98	1,1	3,7	132,2	0,164	7,51	312,8	-7,2	353,1
Ene 21	6,90	8,11	0,2	3,5	102,2	0,394	4,91	90,9	-7,9	0,9
Feb 10	9,68	5,78	-0,2	3,1	56,5	0,776	1,29	193,9	-5,9	350,9
Mar 2	11,19	5,00	-0,7	2,5	30,3	0,932	0,34	286,1	-4,8	338,4
Mar 22	10,96	5,10	-1,7	1,5	13,9	0,985	0,07	11,5	-3,9	331,6
Abr 11	7,47	7,49	-0,1	3,1	98,0	0,431	4,26	99,6	-3,6	334,5
May 1	4,72	11,86	6,6	4,6	175,8	0,001	11,84	220,8	-1,8	335,1
May 21	5,74	9,75	1,1	4,3	121,8	0,237	7,44	348,8	2,0	334,3
Jun 10	8,63	6,48	-0,2	3,0	76,0	0,621	2,46	91,0	3,4	340,2
Jun 30	11,01	5,08	-2,2	1,1	6,1	0,997	0,01	174,8	4,1	358,1
Jul 20	9,88	5,66	-0,4	2,8	55,6	0,782	1,23	257,8	5,6	17,2
Ago 9	7,54	7,42	0,4	3,7	89,2	0,507	3,66	353,0	7,8	25,5
Ago 29	5,42	10,33	2,1	4,6	139,4	0,120	9,09	108,5	10,4	26,9
Set 18	6,85	8,17	0,4	3,3	116,2	0,279	5,89	243,7	6,9	24,3
Oct 8	10,87	5,15	-1,2	2,0	26,8	0,946	0,28	339,7	3,0	28,4
Oct 28	11,93	4,69	-1,0	2,1	11,1	0,991	0,04	68,4	1,2	25,5
Nov 17	10,93	5,12	-0,5	2,7	36,6	0,902	0,50	160,4	-0,5	15,1
Dic 7	7,96	7,03	-0,3	3,0	83,9	0,553	3,14	257,8	-3,1	2,4
Dic 27	5,81	9,63	2,4	4,3	147,5	0,078	8,87	31,3	-7,1	7,6

MERCURIO



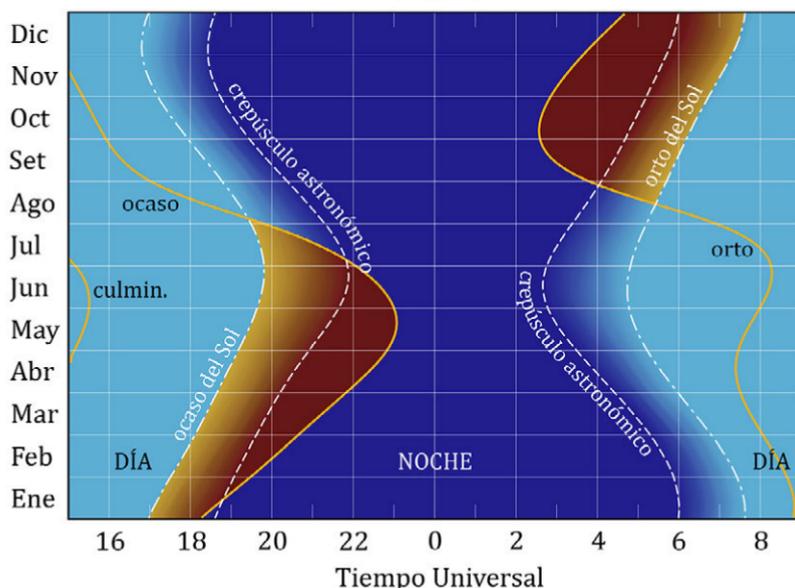
VENUS 2023

Mes	día	en Madrid (TU)			a 0 ^h de TU			Distancia ua
		Orto h m	Culm. h m	Ocaso h m	Asc.recta h m s	Declinación ° ' "		
Ene.	1	8 50	13 33	18 17	19 58 57	-22 2 12	1,6074	
	11	8 51	13 46	18 41	20 51 6	-19 15 7	1,5767	
	21	8 47	13 56	19 6	21 41 7	-15 33 14	1,5423	
	31	8 39	14 4	19 30	22 29 1	-11 9 6	1,5041	
Feb.	10	8 29	14 11	19 54	23 15 10	-6 15 57	1,4621	
	20	8 17	14 17	20 17	0 0 9	-1 6 32	1,4163	
Mar.	2	8 4	14 22	20 40	0 44 36	+4 6 39	1,3663	
	12	7 51	14 27	21 3	1 29 12	+9 11 16	1,3122	
	22	7 40	14 33	21 26	2 14 32	+13 55 23	1,2540	
Abr.	1	7 31	14 40	21 49	3 1 3	+18 7 1	1,1916	
	11	7 26	14 48	22 12	3 48 55	+21 34 29	1,1252	
	21	7 24	14 58	22 32	4 37 56	+24 7 42	1,0551	
May.	1	7 28	15 8	22 49	5 27 30	+25 39 1	0,9815	
	11	7 35	15 18	23 0	6 16 32	+26 4 47	0,9049	
	21	7 46	15 25	23 4	7 3 49	+25 26 34	0,8261	
	31	7 58	15 30	23 1	7 48 6	+23 50 47	0,7456	
Jun.	10	8 9	15 30	22 51	8 28 9	+21 28 11	0,6646	
	20	8 16	15 25	22 34	9 2 52	+18 32 20	0,5843	
	30	8 17	15 13	22 9	9 30 54	+15 19 12	0,5063	
Jul.	10	8 9	14 53	21 36	9 50 17	+12 8 5	0,4332	
	20	7 47	14 21	20 54	9 58 22	+9 22 25	0,3689	
	30	7 7	13 35	20 2	9 52 20	+7 32 0	0,3192	
Ago.	9	6 10	12 35	19 1	9 32 45	+7 5 23	0,2919	
	19	5 3	11 32	18 1	9 8 30	+8 0 11	0,2929	
	29	4 3	10 38	17 13	8 52 47	+9 32 6	0,3214	
Set.	8	3 19	9 59	16 39	8 52 28	+10 50 12	0,3704	
	18	2 52	9 34	16 16	9 6 28	+11 25 16	0,4322	
	28	2 38	9 19	16 0	9 30 50	+11 7 10	0,5013	
Oct.	8	2 34	9 11	15 48	10 2 7	+9 53 57	0,5744	
	18	2 38	9 7	15 37	10 37 44	+7 48 55	0,6493	
	28	2 47	9 6	15 26	11 16 2	+4 59 25	0,7247	
Nov.	7	2 59	9 7	15 15	11 56 7	+1 34 32	0,7997	
	17	3 14	9 9	15 4	12 37 36	-2 14 41	0,8737	
	27	3 31	9 13	14 54	13 20 25	-6 15 50	0,9461	
Dic.	7	3 50	9 18	14 45	14 4 45	-10 16 20	1,0166	
	17	4 11	9 24	14 38	14 50 53	-14 2 45	1,0847	
	27	4 32	9 33	14 34	15 38 59	-17 21 21	1,1502	

VENUS 2023

Fecha	τ min	D_{ecu} "	V	BS	a.fase °	fase defilu. "	L_p °	B_p °	P_{PN} °	
Ene 1	13,37	10,38	-3,9	0,9	23,5	0,959	0,43	158,6	1,4	349,9
Ene 21	12,83	10,82	-3,9	0,9	30,2	0,932	0,73	213,2	1,1	342,1
Feb 10	12,16	11,41	-3,9	1,0	37,1	0,899	1,16	267,7	0,4	337,9
Mar 2	11,36	12,21	-3,9	1,1	44,5	0,856	1,75	321,9	-0,5	337,4
Mar 22	10,43	13,31	-4,0	1,1	52,5	0,804	2,61	15,8	-1,6	340,5
Abr 11	9,36	14,83	-4,0	1,2	61,2	0,741	3,84	69,1	-2,6	347,0
May 1	8,16	17,00	-4,1	1,3	70,7	0,665	5,70	121,7	-3,2	355,8
May 21	6,87	20,20	-4,3	1,4	81,4	0,575	8,60	173,0	-3,1	5,1
Jun 10	5,53	25,11	-4,5	1,5	93,9	0,466	13,42	222,4	-2,2	12,6
Jun 30	4,21	32,96	-4,7	1,5	109,9	0,329	22,10	268,0	-0,2	17,3
Jul 20	3,07	45,24	-4,7	1,3	133,2	0,158	38,09	305,8	3,4	19,0
Ago 9	2,43	57,18	-3,8	0,1	166,1	0,015	56,34	330,1	7,6	17,6
Ago 29	2,67	51,93	-4,5	1,1	146,1	0,085	47,51	349,5	8,0	14,7
Set 18	3,59	38,62	-4,8	1,5	118,3	0,263	28,46	21,9	5,3	15,7
Oct 8	4,78	29,06	-4,6	1,5	100,2	0,412	17,09	65,0	2,6	19,2
Oct 28	6,03	23,03	-4,4	1,4	86,9	0,527	10,89	113,5	0,7	22,1
Nov 17	7,27	19,10	-4,3	1,4	76,1	0,620	7,25	164,7	-0,5	22,7
Dic 7	8,45	16,42	-4,2	1,3	66,7	0,698	4,96	217,4	-1,0	19,9
Dic 27	9,57	14,51	-4,1	1,2	58,1	0,764	3,43	271,0	-1,0	13,8

VENUS



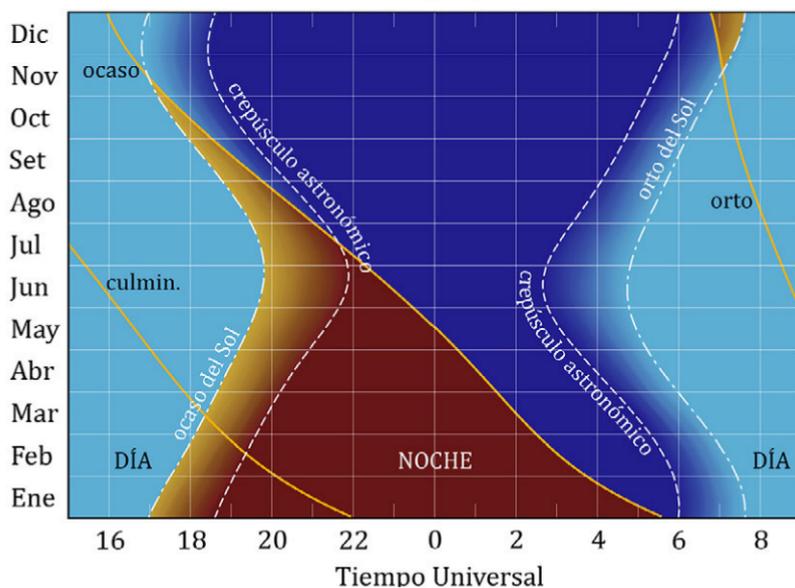
MARTE 2023

Mes	día	en Madrid (TU)						a 0 ^h de TU						
		Orto		Culm.		Ocaso	Asc.recta			Declinación			Distancia ua	
		h	m	h	m	h	m	s	°	'	"			
Ene.	1	14	23	21	57	5	35	4	27	34	+24	35	18	0,6384
	11	13	40	21	14	4	51	4	23	35	+24	28	11	0,7037
	21	13	3	20	37	4	14	4	25	17	+24	29	31	0,7809
	31	12	30	20	4	3	42	4	31	59	+24	38	59	0,8669
Feb.	10	12	0	19	36	3	15	4	42	47	+24	53	45	0,9590
	20	11	34	19	11	2	51	4	56	50	+25	10	12	1,0554
Mar.	2	11	10	18	48	2	29	5	13	31	+25	24	51	1,1543
	12	10	49	18	28	2	9	5	32	15	+25	34	24	1,2543
	22	10	30	18	9	1	50	5	52	35	+25	36	10	1,3545
Abr.	1	10	13	17	51	1	32	6	14	10	+25	28	2	1,4537
	11	9	57	17	34	1	13	6	36	39	+25	8	20	1,5512
	21	9	43	17	18	0	55	6	59	47	+24	35	59	1,6464
May.	1	9	31	17	2	0	35	7	23	20	+23	50	20	1,7385
	11	9	20	16	47	0	15	7	47	8	+22	51	10	1,8271
	21	9	9	16	31	23	53	8	11	0	+21	38	38	1,9118
	31	9	0	16	16	23	31	8	34	51	+20	13	6	1,9921
Jun.	10	8	51	16	0	23	9	8	58	35	+18	35	20	2,0677
	20	8	42	15	44	22	46	9	22	10	+16	46	6	2,1384
	30	8	34	15	28	22	22	9	45	35	+14	46	24	2,2039
Jul.	10	8	26	15	12	21	58	10	8	50	+12	37	23	2,2640
	20	8	18	14	56	21	33	10	31	57	+10	20	8	2,3186
	30	8	10	14	39	21	8	10	55	0	+7	55	55	2,3674
Ago.	9	8	2	14	23	20	43	11	18	3	+5	26	3	2,4105
	19	7	55	14	7	20	18	11	41	10	+2	51	48	2,4478
	29	7	47	13	50	19	53	12	4	27	+0	14	35	2,4791
Set.	8	7	41	13	35	19	28	12	28	0	-2	24	0	2,5047
	18	7	34	13	19	19	4	12	51	56	-5	2	32	2,5244
	28	7	28	13	4	18	40	13	16	21	-7	39	12	2,5384
Oct.	8	7	23	12	50	18	17	13	41	22	-10	12	4	2,5468
	18	7	18	12	36	17	54	14	7	5	-12	39	14	2,5497
	28	7	13	12	23	17	33	14	33	37	-14	58	24	2,5473
Nov.	7	7	10	12	11	17	13	15	1	2	-17	7	11	2,5400
	17	7	6	12	0	16	55	15	29	25	-19	3	9	2,5279
	27	7	3	11	50	16	38	15	58	45	-20	43	34	2,5113
Dic.	7	6	59	11	41	16	23	16	29	1	-22	5	58	2,4907
	17	6	55	11	33	16	11	17	0	11	-23	7	53	2,4663
	27	6	50	11	26	16	1	17	32	3	-23	47	6	2,4387

MARTE 2023

Fecha	τ <i>min</i>	D_{ecu} "	V	BS	a.fase °	fase defilu. "	L_p °	B_p °	P_{PN}	
Ene 1	5,31	14,67	-1,2	4,3	19,1	0,973	0,40	314,2	-8,9	324,8
Ene 21	6,49	12,00	-0,6	4,5	29,3	0,936	0,77	132,2	-9,1	324,7
Feb 10	7,98	9,77	-0,0	4,5	34,8	0,911	0,87	306,2	-7,2	326,0
Mar 2	9,60	8,12	0,4	4,6	37,0	0,899	0,82	117,5	-3,8	328,7
Mar 22	11,26	6,92	0,8	4,6	37,3	0,898	0,71	287,1	0,4	332,7
Abr 11	12,90	6,04	1,1	4,6	36,3	0,903	0,58	95,7	5,0	337,8
May 1	14,46	5,39	1,3	4,6	34,4	0,913	0,47	263,5	9,8	343,9
May 21	15,90	4,90	1,5	4,6	31,9	0,924	0,37	70,5	14,4	350,7
Jun 10	17,20	4,53	1,6	4,6	29,1	0,937	0,29	236,8	18,6	358,0
Jun 30	18,33	4,25	1,7	4,5	26,0	0,950	0,21	42,2	22,1	5,5
Jul 20	19,28	4,04	1,8	4,5	22,6	0,961	0,16	206,9	24,6	13,2
Ago 9	20,05	3,89	1,8	4,4	19,1	0,972	0,11	10,9	26,0	20,6
Ago 29	20,62	3,78	1,7	4,3	15,5	0,982	0,07	174,5	26,1	27,3
Set 18	21,00	3,71	1,7	4,3	11,8	0,989	0,04	338,0	24,7	32,9
Oct 8	21,18	3,68	1,6	4,2	8,0	0,995	0,02	141,7	21,8	36,8
Oct 28	21,19	3,68	1,5	4,0	4,1	0,999	0,00	305,7	17,8	38,5
Nov 17	21,02	3,71	1,4	3,9	0,2	1,000	0,00	110,2	12,6	37,9
Dic 7	20,71	3,76	1,4	4,0	3,6	0,999	0,00	274,9	6,7	34,9
Dic 27	20,28	3,84	1,4	4,0	7,5	0,996	0,02	79,6	0,3	29,5

MARTE



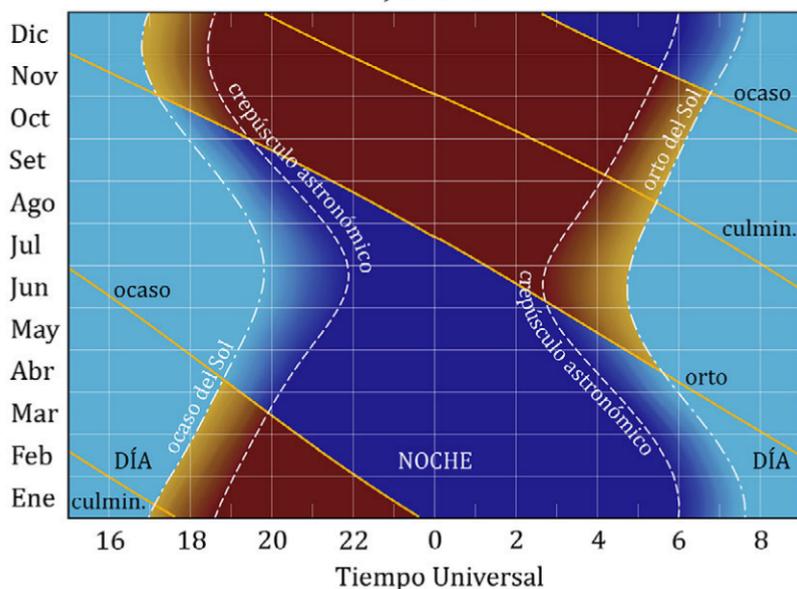
JÚPITER 2023

Mes	día	en Madrid (TU)						a 0 ^h de TU						
		Orto		Culm.		Ocaso		Asc.recta			Declinación		Distancia ua	
		h	m	h	m	h	m	h	m	s	°	'		"
Ene.	1	11	37	17	37	23	37	0	6	25	- 0	42	22	5,0103
	11	11	1	17	3	23	4	0	11	15	- 0	8	23	5,1648
	21	10	25	16	29	22	33	0	16	57	+ 0	30	55	5,3121
	31	9	50	15	56	22	3	0	23	24	+ 1	14	48	5,4491
Feb.	10	9	15	15	24	21	33	0	30	30	+ 2	2	23	5,5732
	20	8	40	14	52	21	5	0	38	8	+ 2	52	53	5,6823
Mar.	2	8	6	14	21	20	36	0	46	13	+ 3	45	36	5,7746
	12	7	32	13	50	20	8	0	54	38	+ 4	39	44	5,8488
	22	6	58	13	19	19	41	1	3	19	+ 5	34	41	5,9039
Abr.	1	6	24	12	49	19	14	1	12	12	+ 6	29	47	5,9392
	11	5	51	12	19	18	46	1	21	12	+ 7	24	26	5,9545
	21	5	17	11	48	18	19	1	30	14	+ 8	18	8	5,9496
May.	1	4	44	11	18	17	52	1	39	14	+ 9	10	19	5,9249
	11	4	11	10	47	17	24	1	48	9	+10	0	30	5,8809
	21	3	37	10	17	16	57	1	56	52	+10	48	17	5,8184
	31	3	4	9	46	16	28	2	5	21	+11	33	14	5,7383
Jun.	10	2	30	9	15	16	0	2	13	29	+12	14	57	5,6420
	20	1	56	8	43	15	30	2	21	11	+12	53	6	5,5309
	30	1	22	8	11	15	0	2	28	21	+13	27	19	5,4068
Jul.	10	0	47	7	38	14	29	2	34	53	+13	57	19	5,2719
	20	0	12	7	4	13	57	2	40	39	+14	22	48	5,1284
	30	23	32	6	30	13	24	2	45	32	+14	43	27	4,9791
Ago.	9	22	56	5	54	12	49	2	49	26	+14	59	2	4,8272
	19	22	19	5	18	12	13	2	52	12	+15	9	18	4,6759
	29	21	40	4	40	11	36	2	53	45	+15	14	0	4,5293
Set.	8	21	1	4	1	10	56	2	53	59	+15	13	6	4,3915
	18	20	21	3	20	10	16	2	52	54	+15	6	32	4,2669
	28	19	40	2	39	9	33	2	50	32	+14	54	31	4,1600
Oct.	8	18	58	1	56	8	49	2	47	1	+14	37	38	4,0752
	18	18	16	1	12	8	4	2	42	33	+14	16	42	4,0161
	28	17	33	0	28	7	18	2	37	28	+13	53	8	3,9860
Nov.	7	16	50	23	39	6	32	2	32	9	+13	28	37	3,9864
	17	16	7	22	54	5	46	2	27	0	+13	5	2	4,0178
	27	15	24	22	11	5	1	2	22	25	+12	44	26	4,0790
Dic.	7	14	42	21	28	4	17	2	18	44	+12	28	26	4,1672
	17	14	1	20	46	3	35	2	16	10	+12	18	20	4,2791
	27	13	21	20	5	2	54	2	14	53	+12	14	56	4,4102

JÚPITER 2023

Fecha	τ min	D_{ecu} "	V	BS	a.fase °	def.filu. "	L_p °	B_p °	P_{PN} °
Ene 1	41,67	39,35	-2,3	5,3	11,3	0,38	340,8	2,5	334,5
Ene 21	44,18	37,11	-2,2	5,3	10,2	0,30	107,1	2,5	334,6
Feb 10	46,35	35,37	-2,2	5,3	8,4	0,19	232,8	2,6	334,8
Mar 2	48,03	34,14	-2,1	5,2	5,9	0,09	358,2	2,7	335,2
Mar 22	49,10	33,39	-2,1	5,2	3,1	0,02	123,7	2,8	335,8
Abr 11	49,52	33,11	-2,0	5,2	0,3	0,00	249,4	3,0	336,5
May 1	49,28	33,27	-2,1	5,2	2,8	0,02	15,4	3,1	337,4
May 21	48,39	33,88	-2,1	5,2	5,6	0,08	142,1	3,3	338,3
Jun 10	46,92	34,94	-2,1	5,3	8,1	0,18	269,4	3,4	339,4
Jun 30	44,97	36,46	-2,2	5,3	10,1	0,28	37,5	3,5	340,4
Jul 20	42,65	38,44	-2,3	5,3	11,4	0,38	166,5	3,6	341,3
Ago 9	40,15	40,84	-2,4	5,3	11,8	0,43	296,5	3,7	342,0
Ago 29	37,67	43,53	-2,6	5,3	11,0	0,40	67,7	3,8	342,4
Set 18	35,49	46,20	-2,7	5,3	9,0	0,28	199,9	3,9	342,3
Oct 8	33,89	48,38	-2,8	5,2	5,7	0,12	333,2	3,9	341,8
Oct 28	33,15	49,46	-2,9	5,2	1,4	0,01	106,8	3,9	341,1
Nov 17	33,42	49,07	-2,9	5,2	3,1	0,04	240,0	3,8	340,3
Dic 7	34,66	47,31	-2,8	5,3	7,0	0,18	12,1	3,7	339,7
Dic 27	36,68	44,70	-2,6	5,3	9,8	0,32	142,6	3,5	339,5

JÚPITER

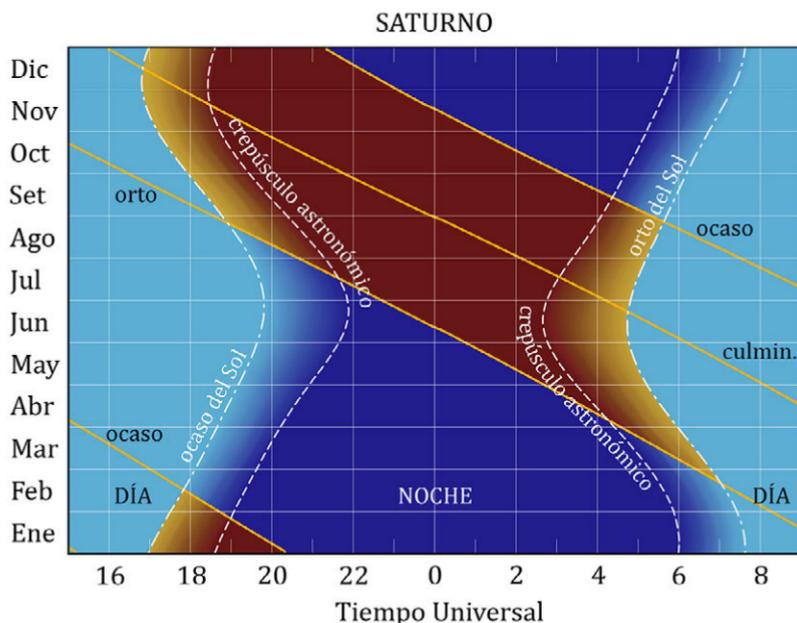


SATURNO 2023

Mes	día	en Madrid (TU)						a 0 ^h de TU						
		Orto		Culm.		Ocaso		Asc.recta			Declinación			Distancia ua
		h	m	h	m	h	m	h	m	s	°	'	"	
Ene.	1	10	3	15	12	20	21	21	40	46	-15	12	53	10,5424
	11	9	26	14	36	19	47	21	44	50	-14	52	18	10,6431
	21	8	50	14	1	19	13	21	49	10	-14	30	11	10,7218
	31	8	14	13	27	18	40	21	53	41	-14	6	54	10,7764
Feb.	10	7	38	12	52	18	6	21	58	20	-13	42	49	10,8059
	20	7	1	12	17	17	33	22	3	1	-13	18	19	10,8098
Mar.	2	6	25	11	43	17	0	22	7	39	-12	53	50	10,7879
	12	5	49	11	8	16	27	22	12	12	-12	29	48	10,7410
	22	5	13	10	33	15	53	22	16	34	-12	6	35	10,6702
Abr.	1	4	36	9	58	15	19	22	20	41	-11	44	38	10,5770
	11	3	59	9	22	14	45	22	24	30	-11	24	24	10,4638
	21	3	22	8	46	14	10	22	27	57	-11	6	15	10,3332
May.	1	2	45	8	10	13	35	22	30	59	-10	50	36	10,1881
	11	2	8	7	33	12	59	22	33	31	-10	37	48	10,0321
	21	1	30	6	56	12	22	22	35	32	-10	28	10	9,8688
	31	0	51	6	18	11	44	22	36	59	-10	21	58	9,7024
Jun.	10	0	13	5	39	11	6	22	37	50	-10	19	22	9,5372
	20	23	30	5	0	10	27	22	38	3	-10	20	27	9,3774
	30	22	50	4	20	9	47	22	37	40	-10	25	10	9,2279
Jul.	10	22	11	3	40	9	6	22	36	40	-10	33	20	9,0928
	20	21	30	2	59	8	24	22	35	7	-10	44	35	8,9763
	30	20	50	2	18	7	42	22	33	5	-10	58	27	8,8824
Ago.	9	20	9	1	36	6	59	22	30	39	-11	14	15	8,8141
	19	19	28	0	54	6	16	22	27	57	-11	31	13	8,7739
	29	18	47	0	12	5	33	22	25	6	-11	48	28	8,7633
Set.	8	18	6	23	26	4	50	22	22	16	-12	5	10	8,7828
	18	17	25	22	44	4	7	22	19	35	-12	20	27	8,8319
	28	16	44	22	2	3	25	22	17	13	-12	33	34	8,9088
Oct.	8	16	3	21	21	2	43	22	15	16	-12	43	54	9,0108
	18	15	23	20	40	2	2	22	13	50	-12	51	0	9,1346
	28	14	43	20	0	1	21	22	13	1	-12	54	31	9,2759
Nov.	7	14	3	19	21	0	42	22	12	50	-12	54	19	9,4302
	17	13	24	18	42	0	3	22	13	20	-12	50	23	9,5926
	27	12	46	18	4	23	22	22	14	28	-12	42	46	9,7581
Dic.	7	12	8	17	26	22	45	22	16	14	-12	31	40	9,9219
	17	11	30	16	49	22	9	22	18	36	-12	17	18	10,0795
	27	10	52	16	13	21	34	22	21	29	-11	59	59	10,2264

SATURNO 2023

Fecha	τ min	D_{ecu} "	V	BS	a.fase °	def.filu. "	L_P °	B_P °	P_{PN} °
Ene 1	87,68	15,76	0,8	6,9	3,8	0,02	208,3	16,6	6,4
Ene 21	89,17	15,50	0,9	6,8	2,3	0,01	221,4	15,5	6,3
Feb 10	89,87	15,38	0,9	6,8	0,6	0,00	234,7	14,3	6,2
Mar 2	89,72	15,41	0,9	6,8	1,2	0,00	248,5	13,0	6,1
Mar 22	88,74	15,58	1,0	6,8	2,9	0,01	262,8	11,8	6,0
Abr 11	87,03	15,88	1,0	6,9	4,3	0,02	277,7	10,7	5,9
May 1	84,73	16,31	1,0	6,9	5,3	0,04	293,4	9,8	5,8
May 21	82,08	16,84	0,9	6,9	5,9	0,04	309,7	9,2	5,7
Jun 10	79,32	17,43	0,9	6,9	5,8	0,04	326,5	9,0	5,7
Jun 30	76,75	18,01	0,8	6,9	5,1	0,04	343,9	9,1	5,7
Jul 20	74,65	18,51	0,7	6,9	3,8	0,02	1,6	9,5	5,7
Ago 9	73,30	18,86	0,6	6,8	1,9	0,01	19,2	10,3	5,8
Ago 29	72,88	18,96	0,4	6,8	0,3	0,00	36,7	11,1	5,9
Set 18	73,45	18,82	0,5	6,8	2,3	0,01	53,5	11,9	5,9
Oct 8	74,94	18,44	0,6	6,9	4,0	0,02	69,6	12,6	6,0
Oct 28	77,15	17,92	0,7	6,9	5,2	0,04	84,8	12,8	6,0
Nov 17	79,78	17,33	0,8	6,9	5,8	0,04	99,1	12,7	6,0
Dic 7	82,52	16,75	0,8	6,9	5,7	0,04	112,7	12,3	6,0
Dic 27	85,05	16,25	0,9	6,9	4,9	0,03	126,0	11,5	5,9

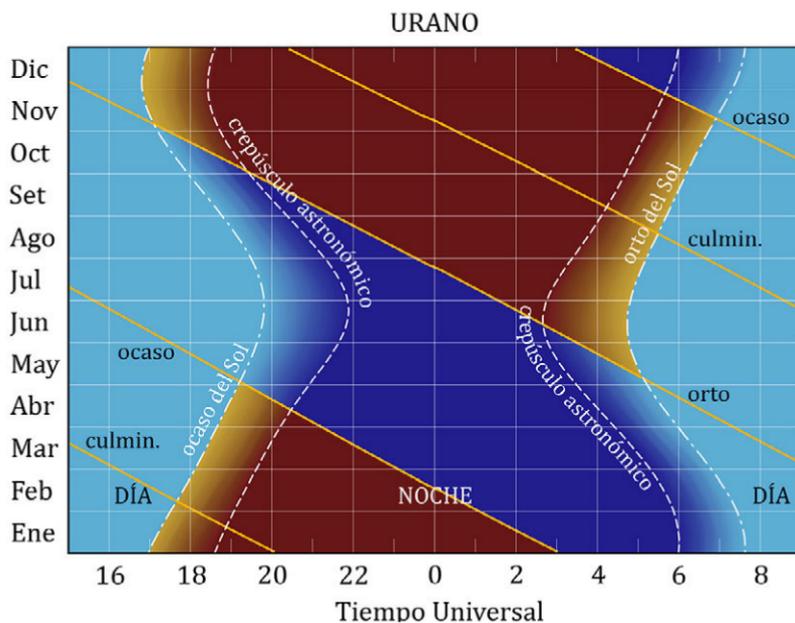


URANO 2023

Mes	día	en Madrid (TU)						a 0 ^h de TU			Distancia ua			
		Orto		Culm.		Ocaso	Asc.recta			Declinación				
		h	m	h	m	h	m	h	m	s	°	'	"	
Ene.	1	13	22	20	21	3	24	2	51	9	+16	2	13	19,0914
	11	12	43	19	41	2	44	2	50	35	+15	59	55	19,2399
	21	12	3	19	2	2	4	2	50	20	+15	59	6	19,4011
	31	11	24	18	22	1	25	2	50	26	+15	59	50	19,5698
Feb.	10	10	45	17	44	0	46	2	50	53	+16	2	5	19,7406
	20	10	6	17	5	0	8	2	51	40	+16	5	49	19,9084
Mar.	2	9	27	16	27	23	26	2	52	46	+16	10	55	20,0683
	12	8	49	15	49	22	49	2	54	10	+16	17	13	20,2157
	22	8	11	15	11	22	11	2	55	49	+16	24	35	20,3467
Abr.	1	7	33	14	34	21	35	2	57	42	+16	32	48	20,4580
	11	6	55	13	57	20	58	2	59	45	+16	41	40	20,5466
	21	6	17	13	19	20	21	3	1	56	+16	51	0	20,6107
May.	1	5	40	12	42	19	45	3	4	13	+17	0	34	20,6486
	11	5	2	12	5	19	9	3	6	33	+17	10	10	20,6598
	21	4	25	11	28	18	32	3	8	52	+17	19	38	20,6440
	31	3	47	10	51	17	56	3	11	9	+17	28	46	20,6018
Jun.	10	3	9	10	14	17	19	3	13	20	+17	37	26	20,5343
	20	2	31	9	37	16	42	3	15	24	+17	45	27	20,4432
	30	1	54	8	59	16	5	3	17	17	+17	52	41	20,3307
Jul.	10	1	15	8	22	15	28	3	18	57	+17	59	1	20,1996
	20	0	37	7	44	14	51	3	20	23	+18	4	21	20,0531
	30	23	55	7	6	14	13	3	21	31	+18	8	34	19,8949
Ago.	9	23	16	6	27	13	34	3	22	22	+18	11	37	19,7291
	19	22	37	5	48	12	56	3	22	52	+18	13	27	19,5600
	29	21	58	5	9	12	16	3	23	3	+18	14	1	19,3923
Set.	8	21	19	4	30	11	37	3	22	53	+18	13	20	19,2307
	18	20	39	3	50	10	57	3	22	23	+18	11	25	19,0799
	28	19	59	3	10	10	17	3	21	34	+18	8	20	18,9448
Oct.	8	19	19	2	29	9	36	3	20	29	+18	4	13	18,8295
	18	18	38	1	49	8	55	3	19	9	+17	59	10	18,7380
	28	17	58	1	8	8	14	3	17	38	+17	53	26	18,6734
Nov.	7	17	17	0	27	7	32	3	16	0	+17	47	13	18,6381
	17	16	37	23	42	6	51	3	14	19	+17	40	46	18,6334
	27	15	56	23	1	6	10	3	12	40	+17	34	24	18,6599
Dic.	7	15	16	22	20	5	28	3	11	6	+17	28	23	18,7164
	17	14	35	21	39	4	47	3	9	43	+17	23	2	18,8014
	27	13	55	20	59	4	7	3	8	33	+17	18	34	18,9118

URANO 2023

Fecha	τ <i>min</i>	D_{ecu} "	V	a.fase °	L_p °	B_p °	P_{PN}
Ene 1	158,78	3,69	5,7	2,4	82,8	57,7	266,6
Ene 21	161,35	3,63	5,8	2,8	25,1	57,5	266,4
Feb 10	164,18	3,57	5,8	2,9	327,3	57,6	266,5
Mar 2	166,90	3,51	5,8	2,6	269,8	58,1	266,9
Mar 22	169,22	3,46	5,9	2,1	212,6	58,8	267,4
Abr 11	170,88	3,43	5,9	1,3	155,7	59,7	268,0
May 1	171,73	3,41	5,9	0,4	99,1	60,8	268,8
May 21	171,69	3,41	5,9	0,5	42,9	61,9	269,7
Jun 10	170,78	3,43	5,9	1,4	347,1	62,9	270,6
Jun 30	169,09	3,47	5,8	2,1	291,4	63,8	271,4
Jul 20	166,78	3,51	5,8	2,7	235,9	64,5	272,1
Ago 9	164,08	3,57	5,8	2,9	180,4	65,0	272,5
Ago 29	161,28	3,63	5,7	2,9	124,7	65,1	272,6
Set 18	158,68	3,69	5,7	2,5	68,7	65,0	272,5
Oct 8	156,60	3,74	5,7	1,8	12,3	64,5	272,1
Oct 28	155,30	3,77	5,7	0,9	315,5	63,9	271,4
Nov 17	154,97	3,78	5,7	0,2	258,3	63,1	270,8
Dic 7	155,66	3,77	5,7	1,2	200,8	62,4	270,1
Dic 27	157,29	3,73	5,7	2,0	143,1	61,8	269,6



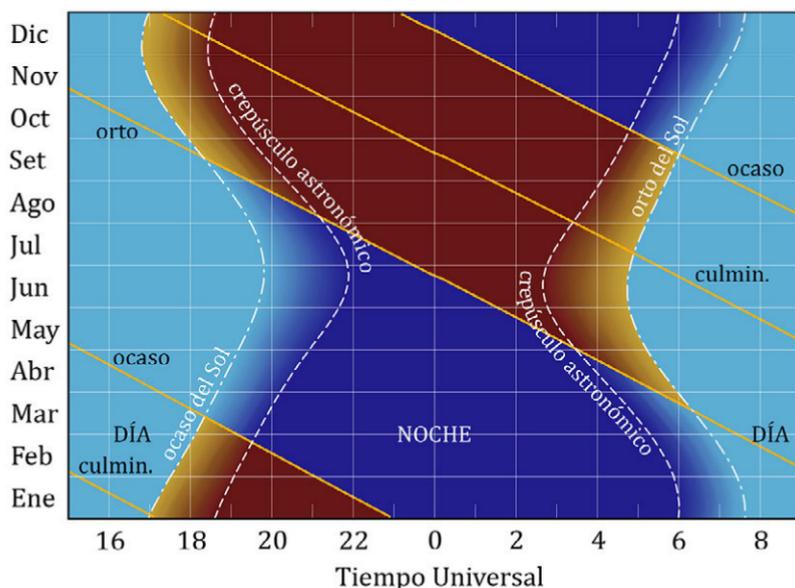
NEPTUNO 2023

Mes	día	en Madrid (TU)						a 0 ^h de TU						
		Orto		Culm.		Ocaso		Asc.recta			Declinación		Distancia ua	
		h	m	h	m	h	m	h	m	s	°	'		"
Ene.	1	11	17	17	6	22	55	23	35	41	-3	55	10	30,1920
	11	10	39	16	27	22	16	23	36	22	-3	50	29	30,3523
	21	10	0	15	49	21	38	23	37	13	-3	44	41	30,4990
	31	9	21	15	11	21	0	23	38	14	-3	37	53	30,6277
Feb.	10	8	42	14	33	20	23	23	39	23	-3	30	16	30,7348
	20	8	4	13	55	19	45	23	40	39	-3	22	1	30,8176
Mar.	2	7	25	13	17	19	8	23	41	59	-3	13	19	30,8737
	12	6	47	12	39	18	30	23	43	22	-3	4	23	30,9018
	22	6	9	12	1	17	53	23	44	46	-2	55	26	30,9014
Abr.	1	5	30	11	23	17	15	23	46	8	-2	46	38	30,8727
	11	4	52	10	45	16	38	23	47	28	-2	38	14	30,8167
	21	4	13	10	7	16	0	23	48	44	-2	30	23	30,7352
May.	1	3	35	9	28	15	22	23	49	53	-2	23	15	30,6303
	11	2	56	8	50	14	44	23	50	54	-2	17	0	30,5053
	21	2	17	8	12	14	6	23	51	46	-2	11	47	30,3633
	31	1	38	7	33	13	28	23	52	29	-2	7	42	30,2085
Jun.	10	0	59	6	54	12	49	23	53	0	-2	4	49	30,0449
	20	0	20	6	15	12	10	23	53	20	-2	3	13	29,8771
	30	23	37	5	36	11	31	23	53	28	-2	2	55	29,7097
Jul.	10	22	58	4	57	10	52	23	53	24	-2	3	53	29,5474
	20	22	18	4	17	10	12	23	53	8	-2	6	6	29,3947
	30	21	39	3	37	9	32	23	52	41	-2	9	29	29,2562
Ago.	9	20	59	2	57	8	52	23	52	4	-2	13	53	29,1360
	19	20	19	2	17	8	11	23	51	19	-2	19	10	29,0376
	29	19	39	1	37	7	31	23	50	27	-2	25	8	28,9644
Set.	8	19	0	0	57	6	50	23	49	29	-2	31	33	28,9186
	18	18	20	0	17	6	10	23	48	29	-2	38	12	28,9018
	28	17	40	23	32	5	29	23	47	28	-2	44	48	28,9149
Oct.	8	17	0	22	52	4	48	23	46	30	-2	51	7	28,9577
	18	16	20	22	12	4	8	23	45	35	-2	56	54	29,0289
	28	15	40	21	32	3	27	23	44	47	-3	1	55	29,1267
Nov.	7	15	0	20	52	2	47	23	44	7	-3	5	57	29,2480
	17	14	21	20	12	2	7	23	43	37	-3	8	52	29,3891
	27	13	41	19	32	1	27	23	43	19	-3	10	30	29,5456
Dic.	7	13	2	18	53	0	48	23	43	13	-3	10	48	29,7127
	17	12	22	18	14	0	9	23	43	19	-3	9	42	29,8853
	27	11	43	17	35	23	26	23	43	39	-3	7	15	30,0578

NEPTUNO 2023

Fecha	τ <i>min</i>	D_{ecu} "	V	a.fase °	L_p °	B_p °	P_{PN}
Ene 1	251,10	2,26	7,8	1,8	265,4	-23,0	320,1
Ene 21	253,65	2,24	7,8	1,5	190,2	-22,9	319,9
Feb 10	255,61	2,22	7,8	1,0	115,1	-22,7	319,6
Mar 2	256,77	2,21	7,8	0,4	40,2	-22,5	319,3
Mar 22	257,00	2,21	7,8	0,2	325,6	-22,3	319,0
Abr 11	256,29	2,22	7,8	0,8	251,4	-22,0	318,7
May 1	254,74	2,23	7,8	1,3	177,6	-21,8	318,4
May 21	252,52	2,25	7,8	1,7	104,2	-21,6	318,2
Jun 10	249,88	2,27	7,8	1,9	31,1	-21,5	318,1
Jun 30	247,09	2,30	7,7	1,9	318,3	-21,5	318,1
Jul 20	244,47	2,32	7,7	1,7	245,6	-21,5	318,1
Ago 9	242,32	2,34	7,7	1,3	172,9	-21,6	318,2
Ago 29	240,89	2,36	7,7	0,7	100,2	-21,7	318,4
Set 18	240,37	2,36	7,7	0,1	27,2	-21,9	318,6
Oct 8	240,83	2,36	7,7	0,6	313,8	-22,0	318,9
Oct 28	242,24	2,34	7,7	1,2	240,1	-22,2	319,1
Nov 17	244,42	2,32	7,7	1,6	165,8	-22,3	319,2
Dic 7	247,11	2,30	7,7	1,9	91,2	-22,3	319,2
Dic 27	249,98	2,27	7,8	1,9	16,2	-22,3	319,2

NEPTUNO



4.3. 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 183). Para un lugar de longitud λ_E (positiva al este de Greenwich) es:

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

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

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

Para conocer el tiempo oficial TO, habrá que añadir una tercera corrección, que depende de la época del año:

$$+1^h \text{ o } +2^h \text{ en la península y Baleares}$$

$$0^h \text{ o } +1^h \text{ en Canarias}$$

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):

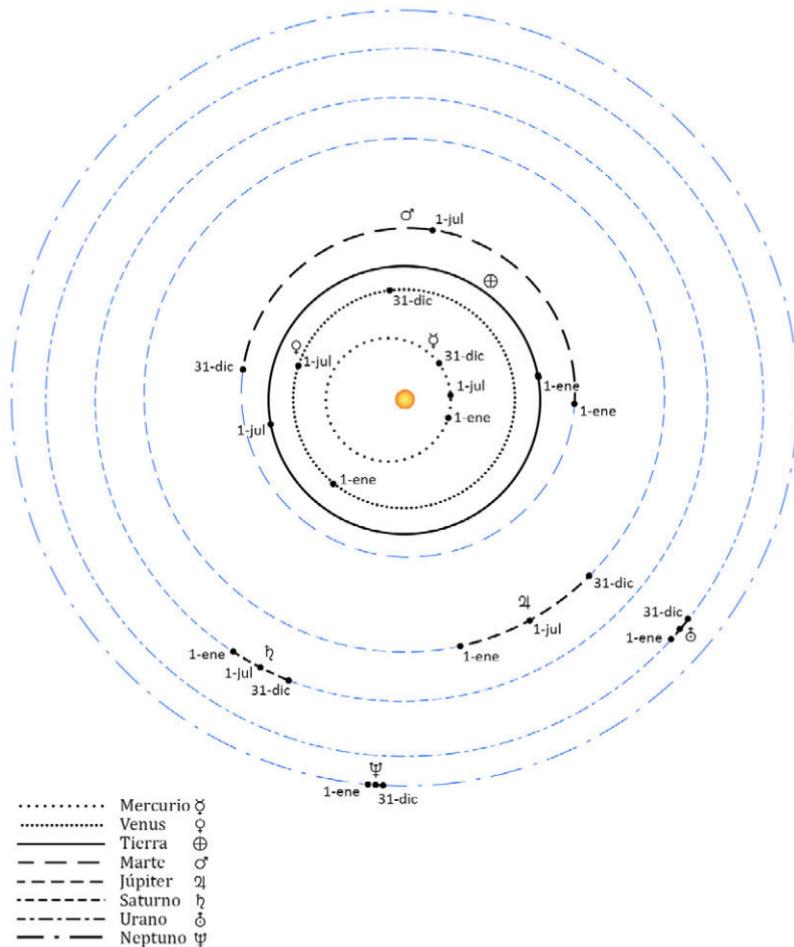
$$\text{paso meridiano} = \text{paso meridiano Madrid} - 15^m - \lambda_E$$

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

4.4. Situación y apariencia de los planetas

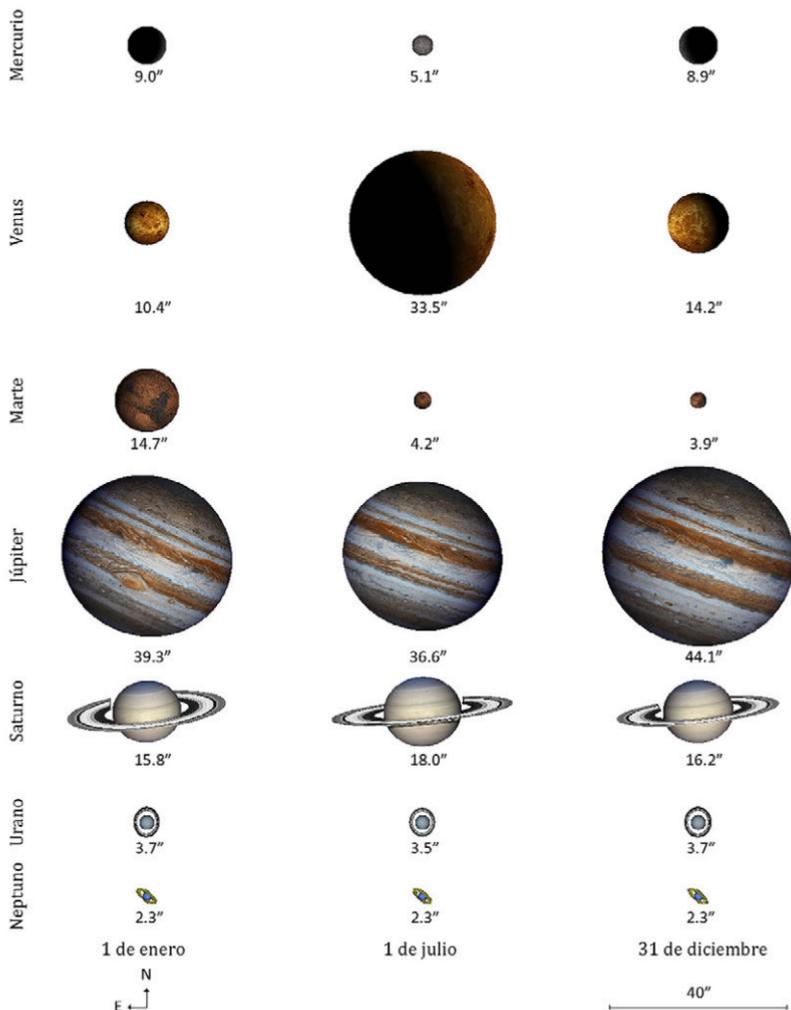
Posición heliocéntrica de los planetas

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



Orientaciones y tamaños de los planetas

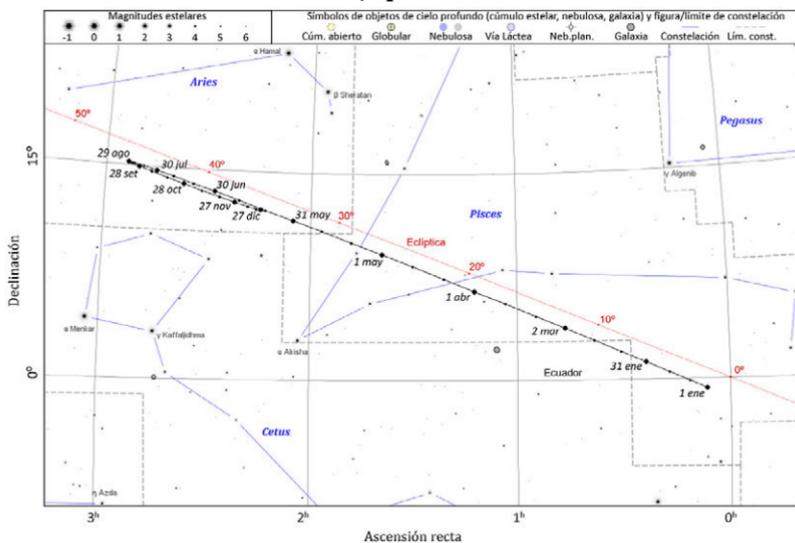
Aspecto aparente de los planetas los días 1 de enero, 1 de julio y 31 de diciembre, a las cero horas de Tiempo Universal. Las figuras están dibujadas a escala y orientadas con el Norte hacia arriba y el Este a la izquierda. Los valores que aparecen debajo de cada figura corresponden a los diámetros ecuatoriales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



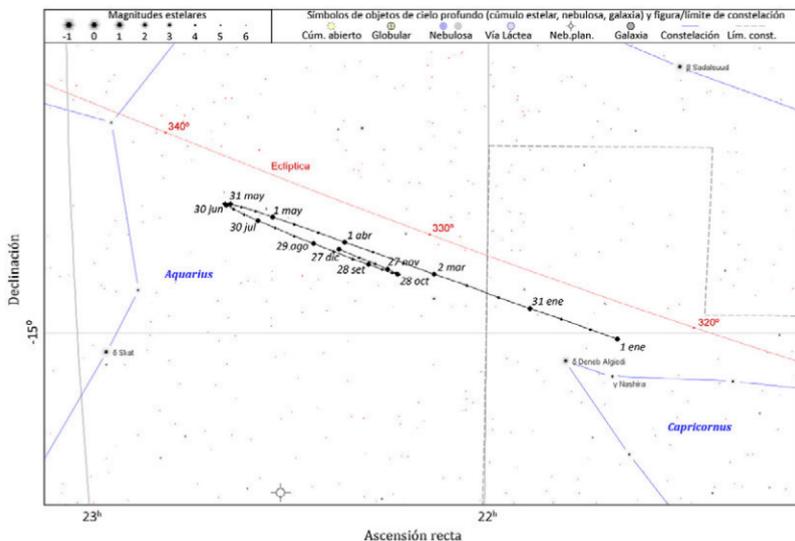
Trayectorias de los planetas a lo largo del año

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

Júpiter

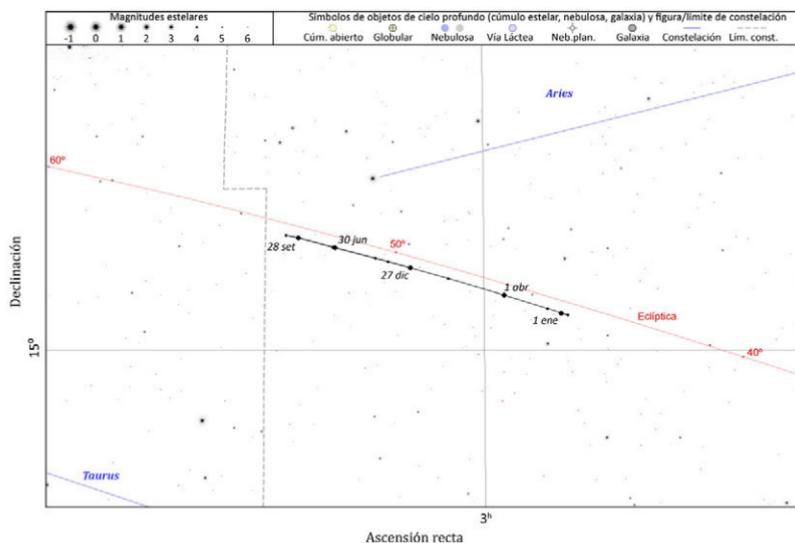


Saturno

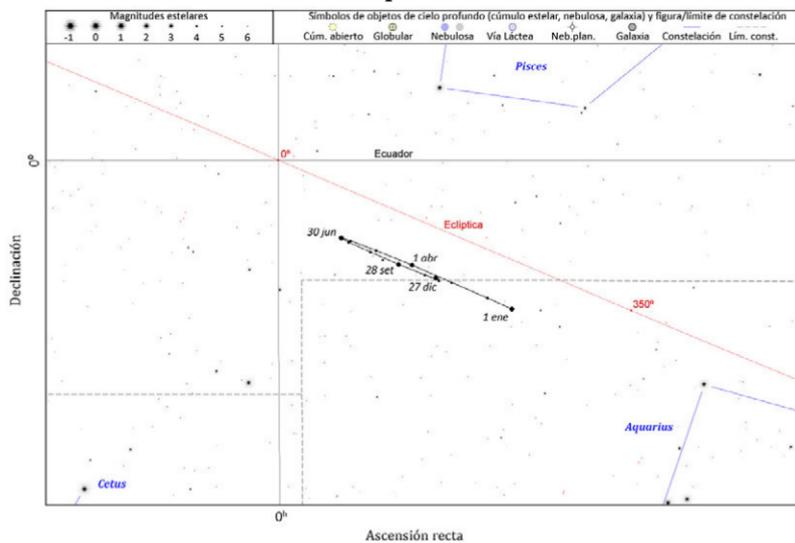


En el caso de Urano y Neptuno la separación en los puntos de la trayectoria es de 30 días con fechas cada 90 días.

Urano



Neptuno



4.5. 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 207, la mayor parte orbitando alrededor de los dos planetas gigantes gaseosos, Júpiter y Saturno, con unas 80 lunas cada uno.

Planeta	Número de satélites
Mercurio	0
Venus	0
Tierra	1
Marte	2
Júpiter	80
Saturno	83
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.

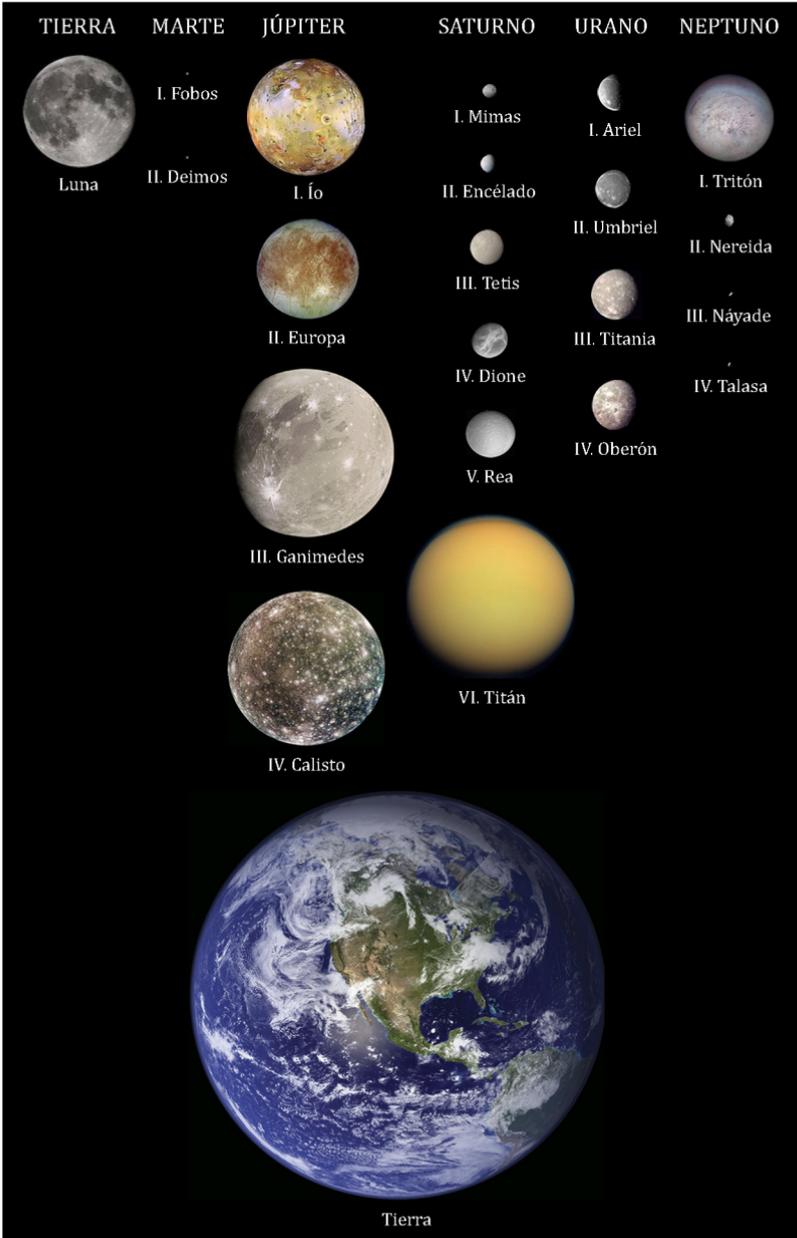
La decisión de nombrar los satélites de Saturno con nombres de titanes griegos fue tomada en 1847 por John Herschel, cuyo padre había descubierto los dos primeros. La UAI amplió las posibilidades admitiendo, inicialmente, los nombres de descendientes de titanes y, en el siglo XXI, los de gigantes de 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 ($^\circ$, $'$, $''$).

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, sincrónicos con la revolución alrededor del planeta, y así se indica en los casos en que ha podido determinarse.

En la actualidad los descubrimientos de satélites suelen ser realizados por equipos de investigadores. A fin de no recargar la tabla, en ella se 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 \sim .

La magnitud corresponde a la magnitud visual V en el instante de la oposición del planeta, salvo si viene seguida de la letra R que indica que se trata de la magnitud en rojo. No se indican magnitudes mayores que 26.

El albedo de Júpeter 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)	excentricidad (en R_p)	inclinación ($^\circ$)	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	Calíroo	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)	(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	Calíroo	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

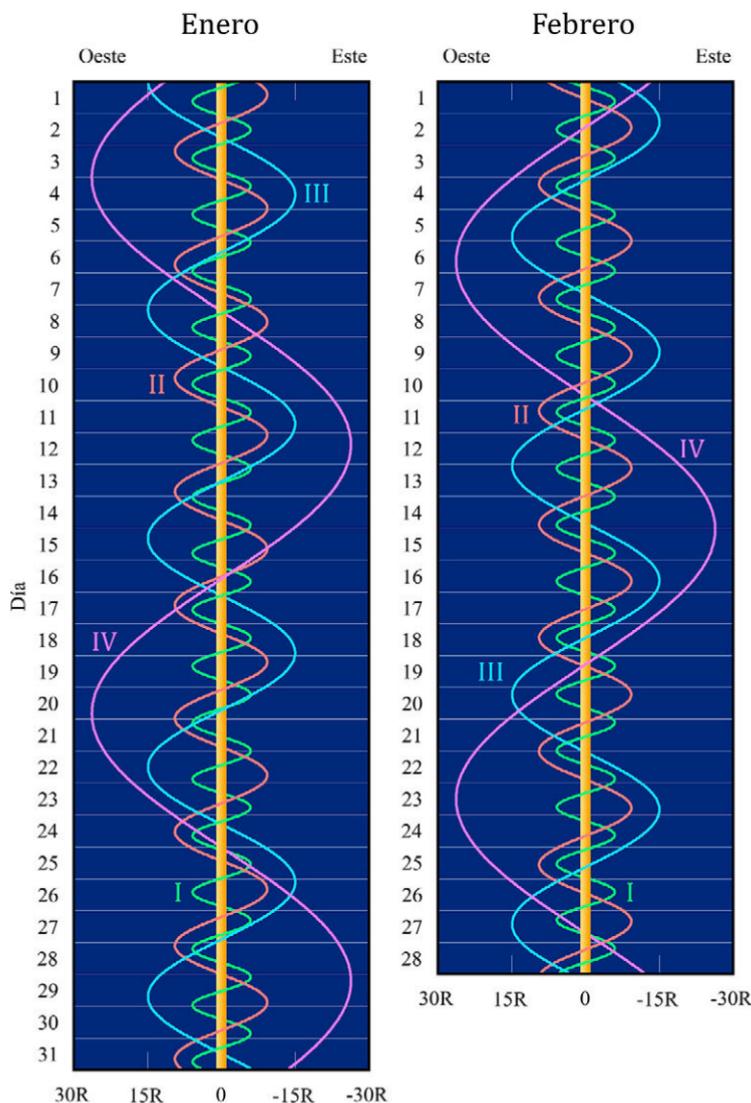
planeta	satélite	diámetro (km)	masa (10^{20} kg)	densidad (g cm^{-3})	magn. oposic.	albedo geom.
Tierra:						
	Luna	3475	735	3,344	-12,74	0,12
Marte:						
I	Fobos	27×22×18	$1,1 \cdot 10^{-4}$	1,872	11,4	0,07
II	Deimos	15×12×10	$1,5 \cdot 10^{-5}$	1,471	12,45	0,07
Júpiter:						
I	Io	3643	893	3,528	5,02	0,62
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	$4 \cdot 10^{-4}$	2,6	18,9 R	0,06
XIII	Leda	10	$6 \cdot 10^{-5}$	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	$2 \cdot 10^{-4}$	0,902	18,7	0,10
XVI	Metis	60×40×34	0,001	0,900	17,5	0,06
XVII	Calíroo	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	$3 \cdot 10^{-4}$	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

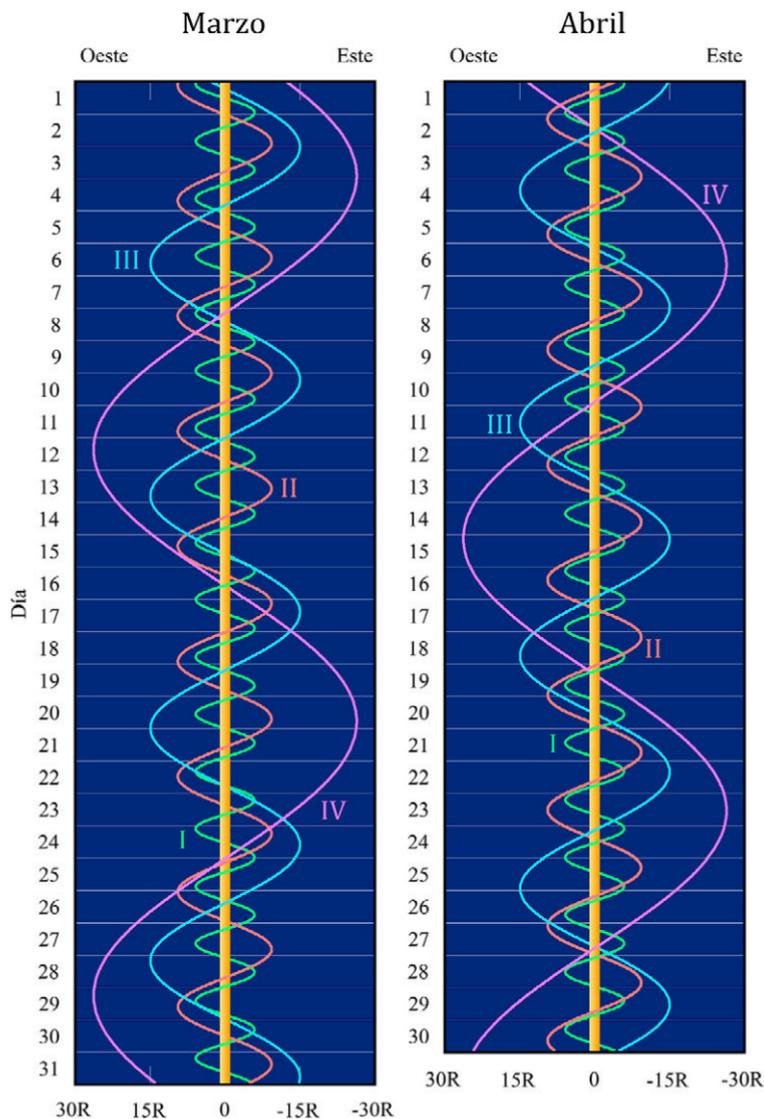
Posiciones relativas de los satélites galileanos de Júpiter

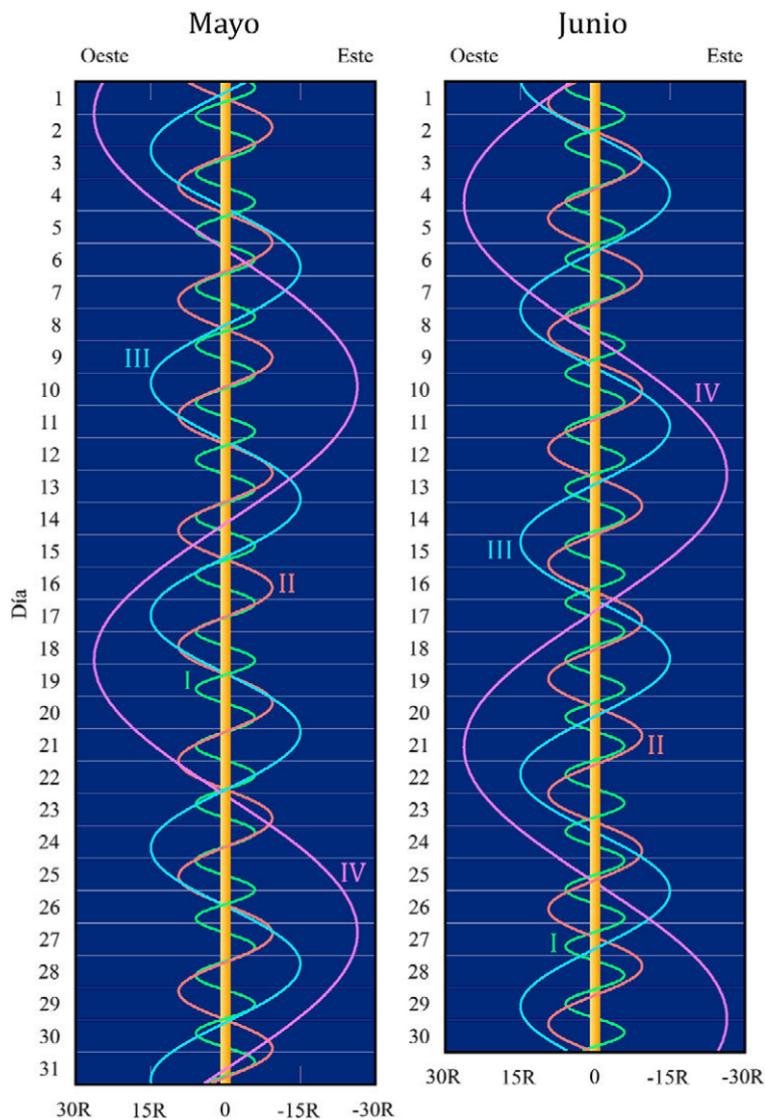
De menor a mayor amplitud, las posiciones dibujadas corresponden a Io (I), Europa (II), Ganímedes (III) y Calisto (IV).

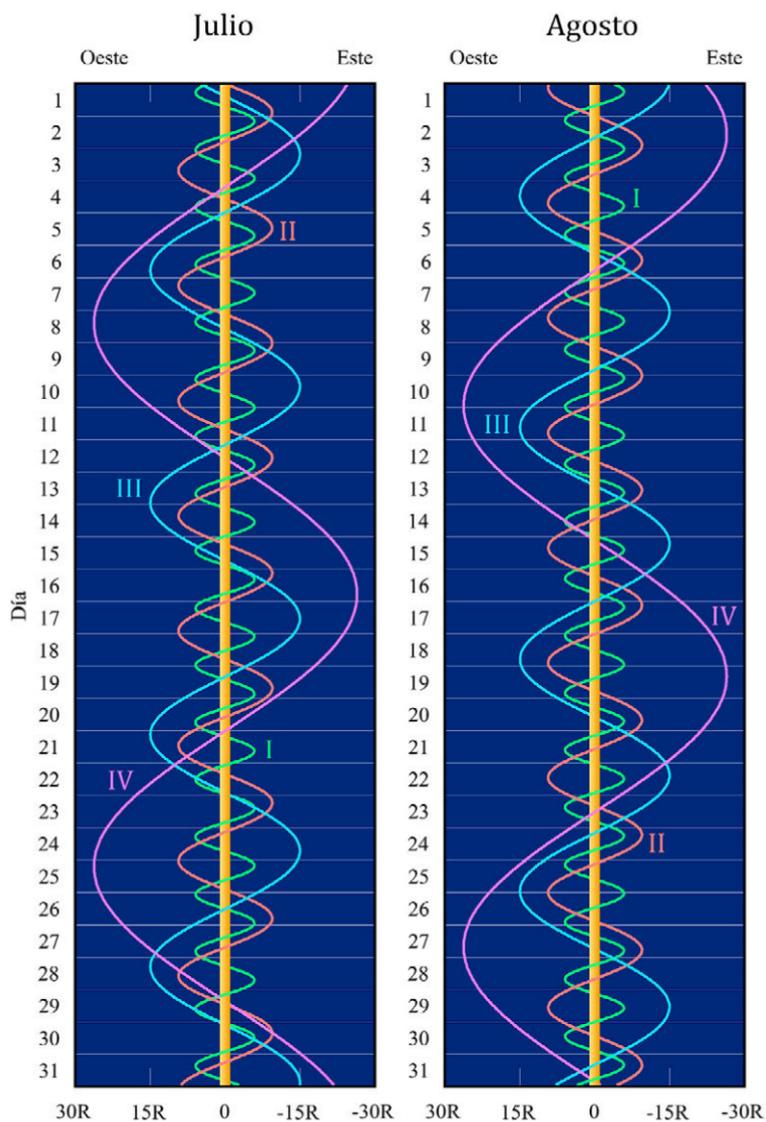


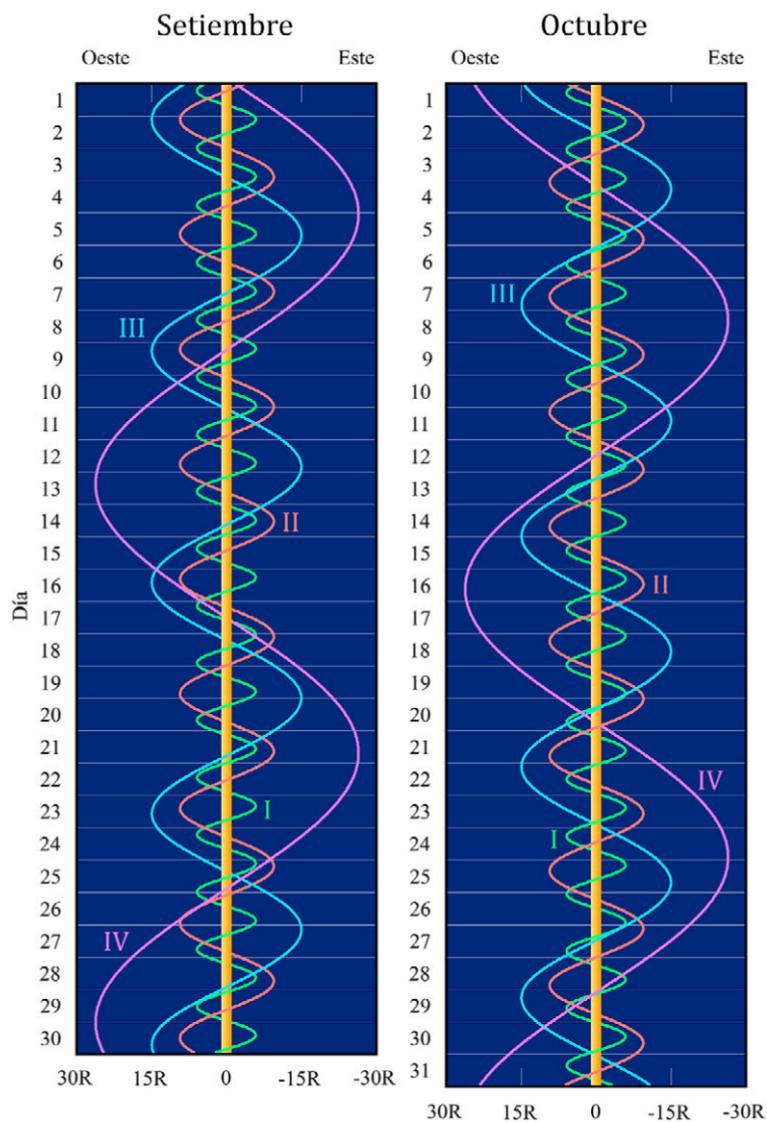
Obsérvese que Oeste y Este están colocados como se ven en un telescopio y al revés de cómo se ven con unos prismáticos.

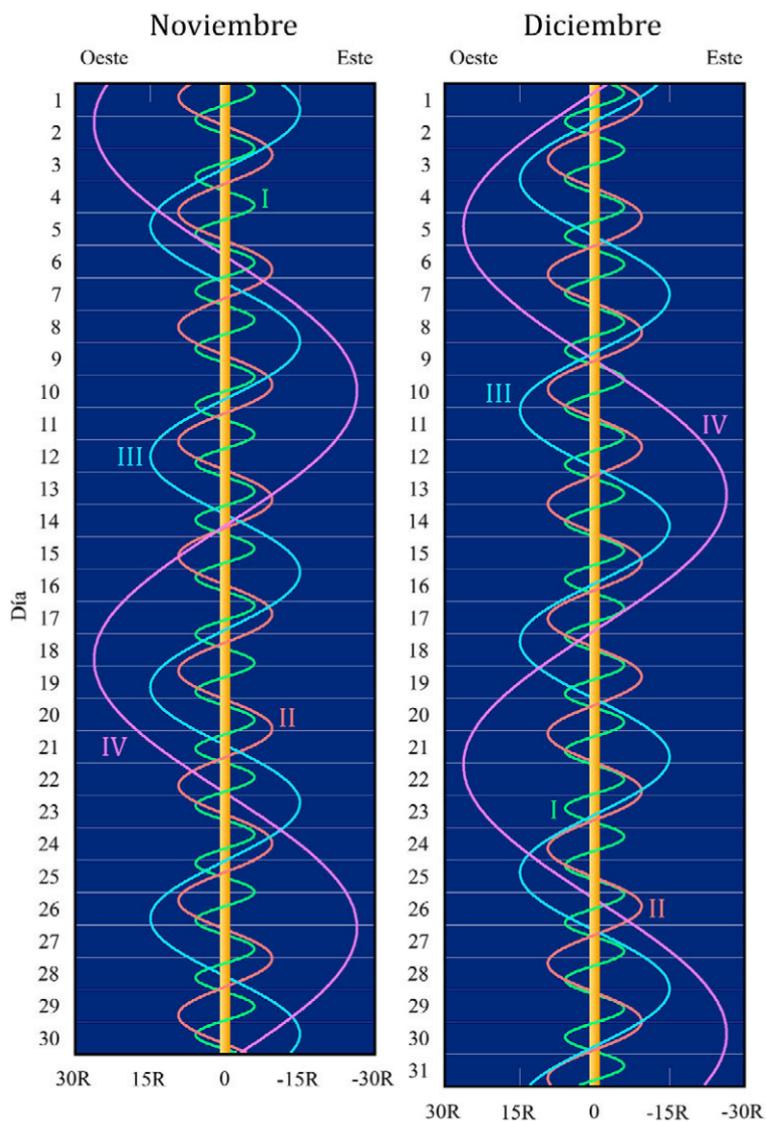
La línea vertical central indica el tamaño del planeta. La separación respecto del centro del planeta viene dada en radios planetarios (R).





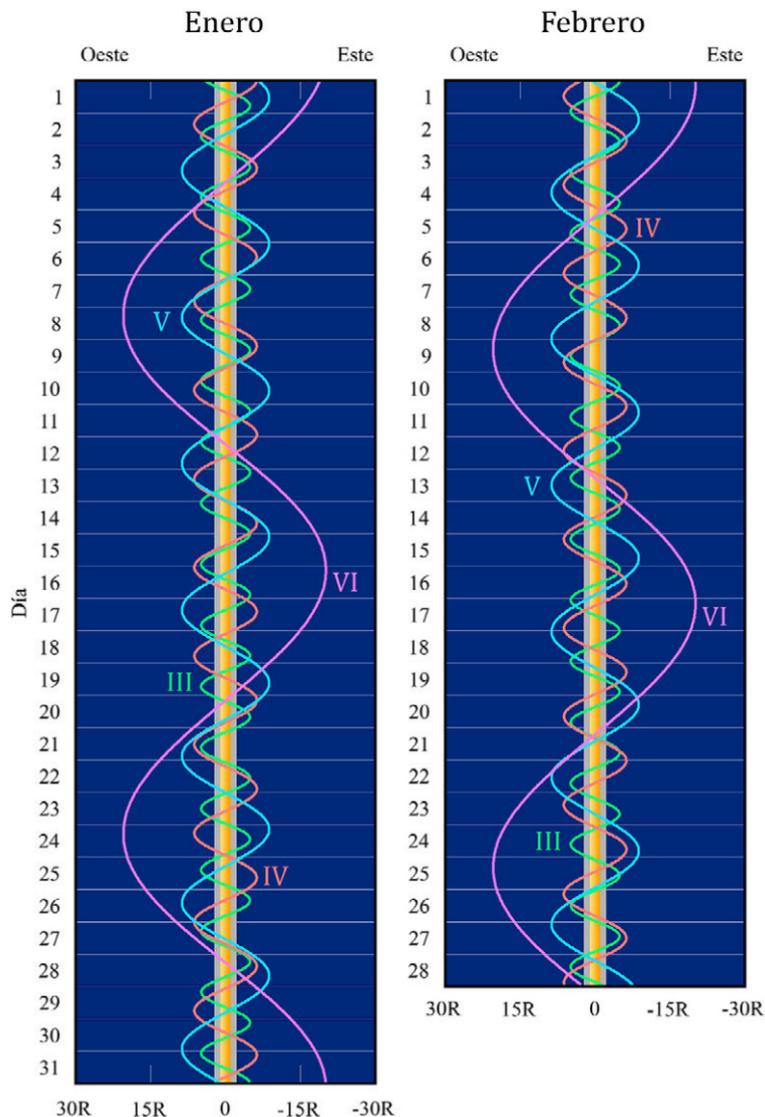






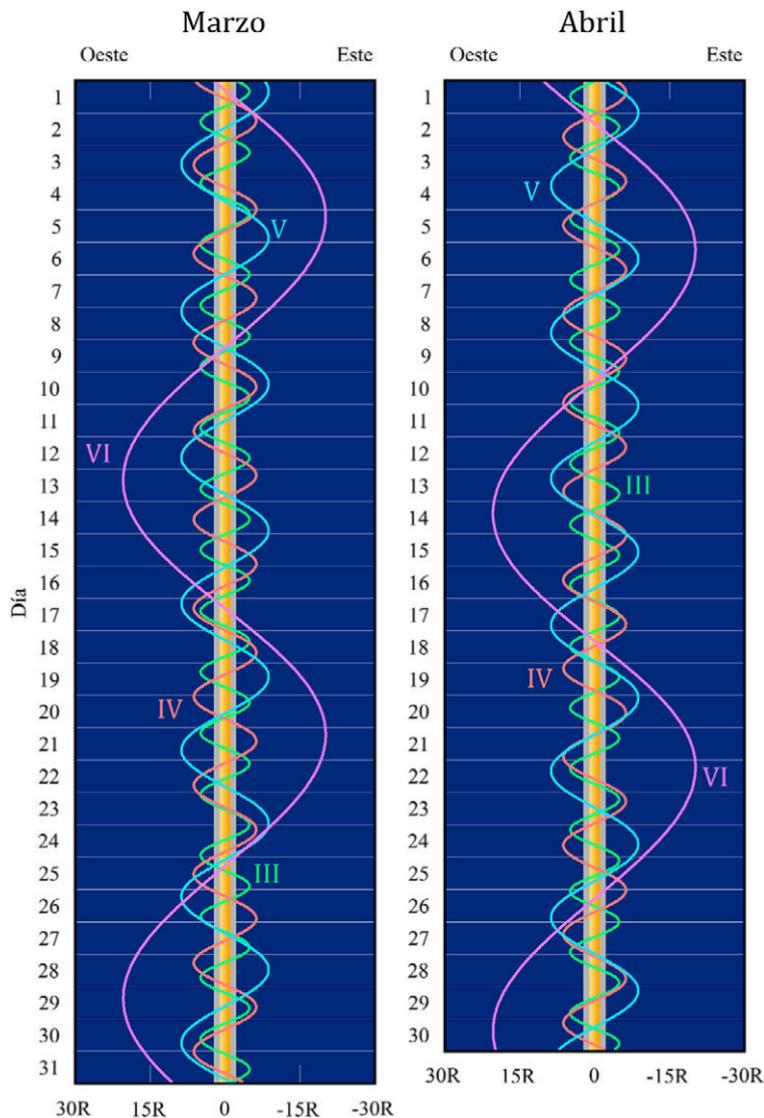
Posiciones relativas de los satélites de Saturno

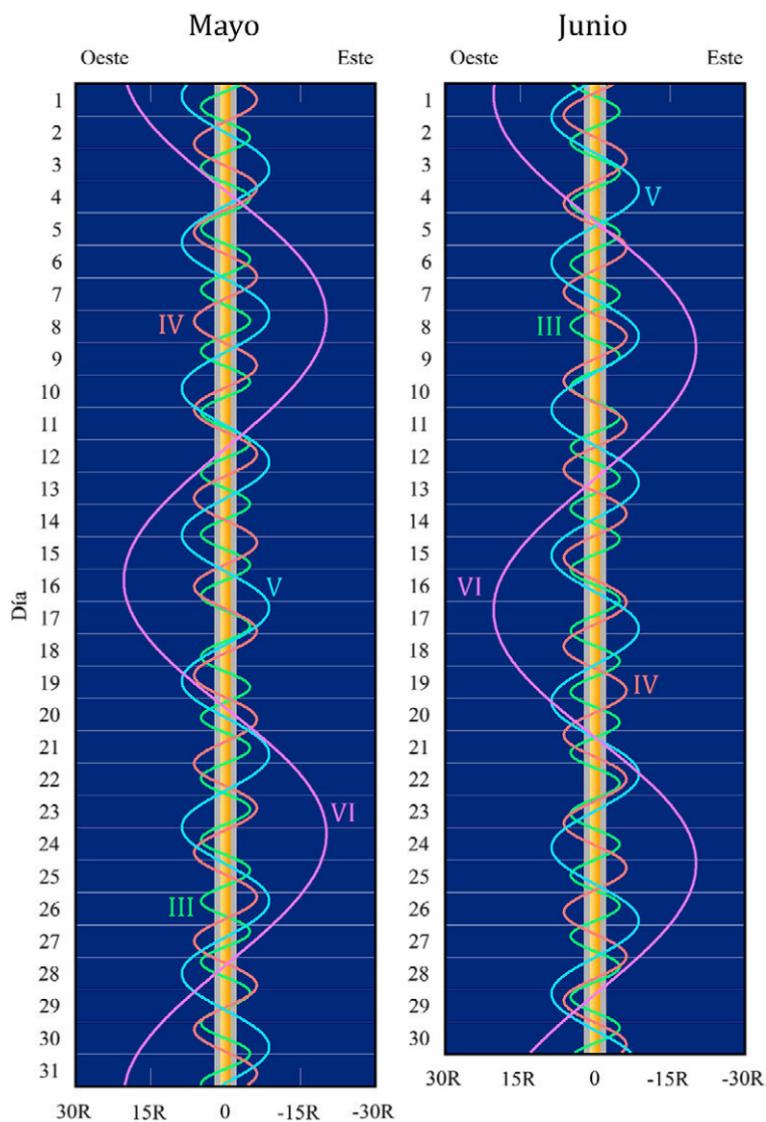
De menor a mayor amplitud, las posiciones dibujadas corresponden a Tetis (III), Dione (IV), Rea (V) y Titán (VI).

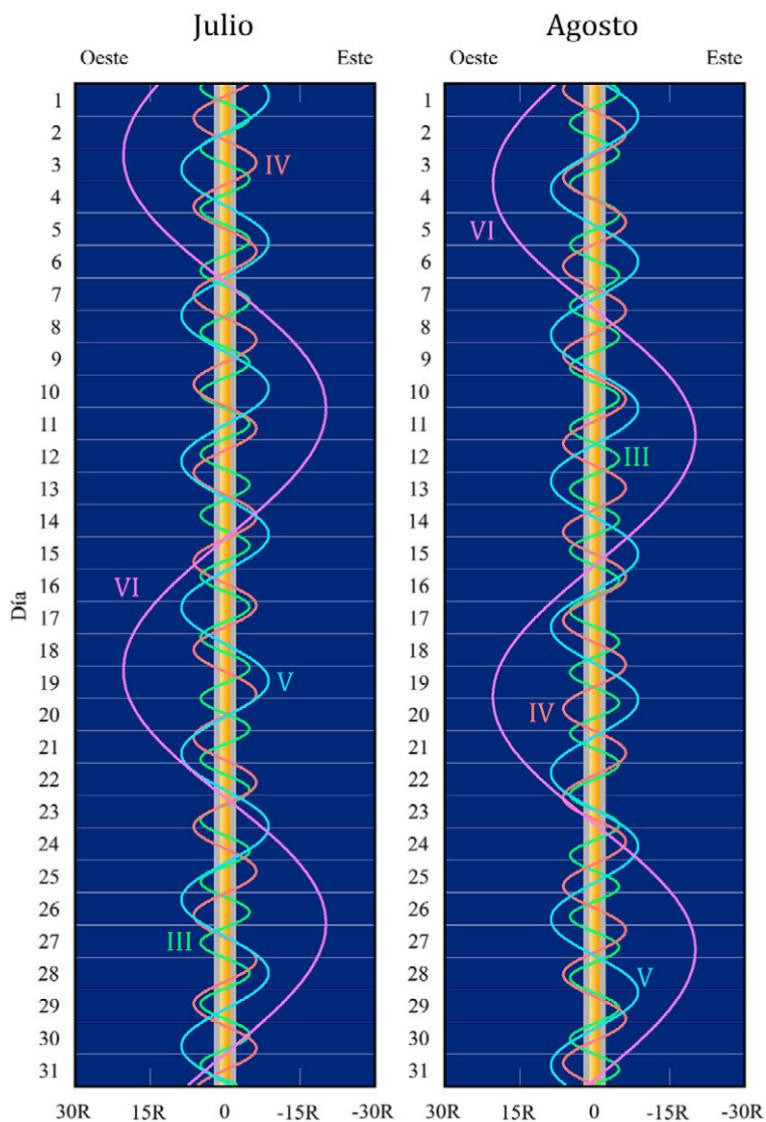


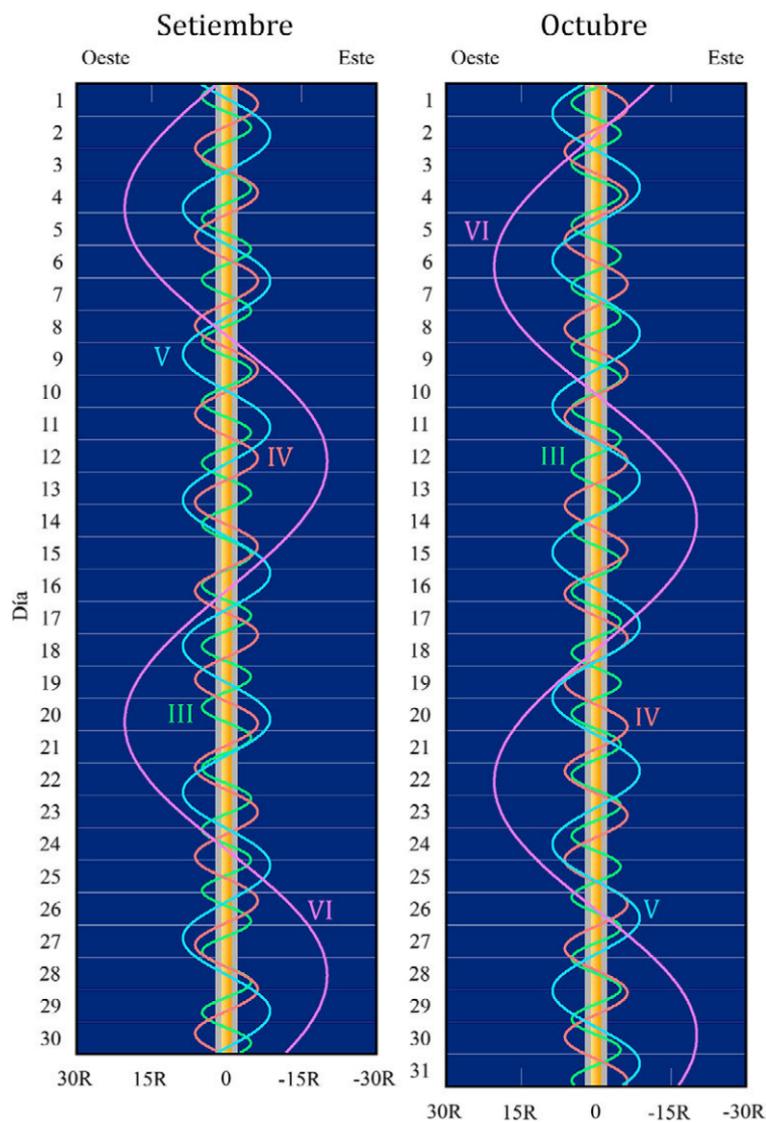
Obsérvese que Oeste y Este están colocados como se ven en un telescopio y al revés de cómo se ven con unos prismáticos.

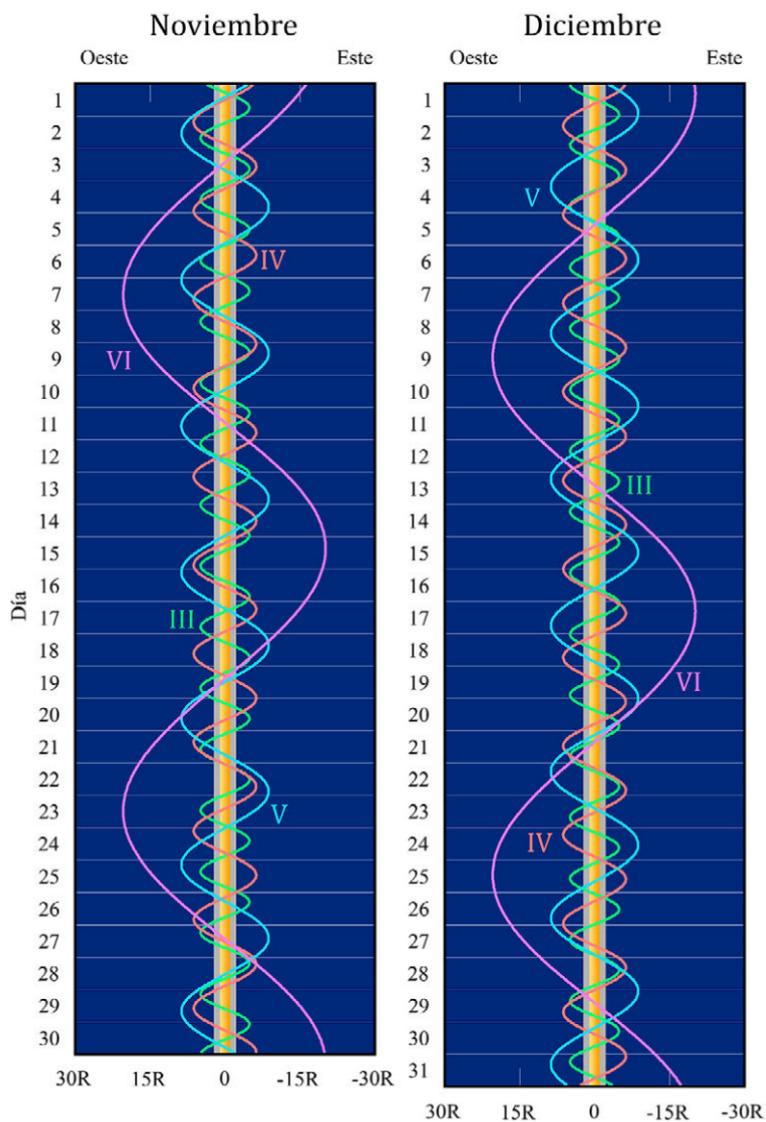
La línea vertical central indica el tamaño del planeta. La separación respecto del centro del planeta viene dada en radios planetarios (R).

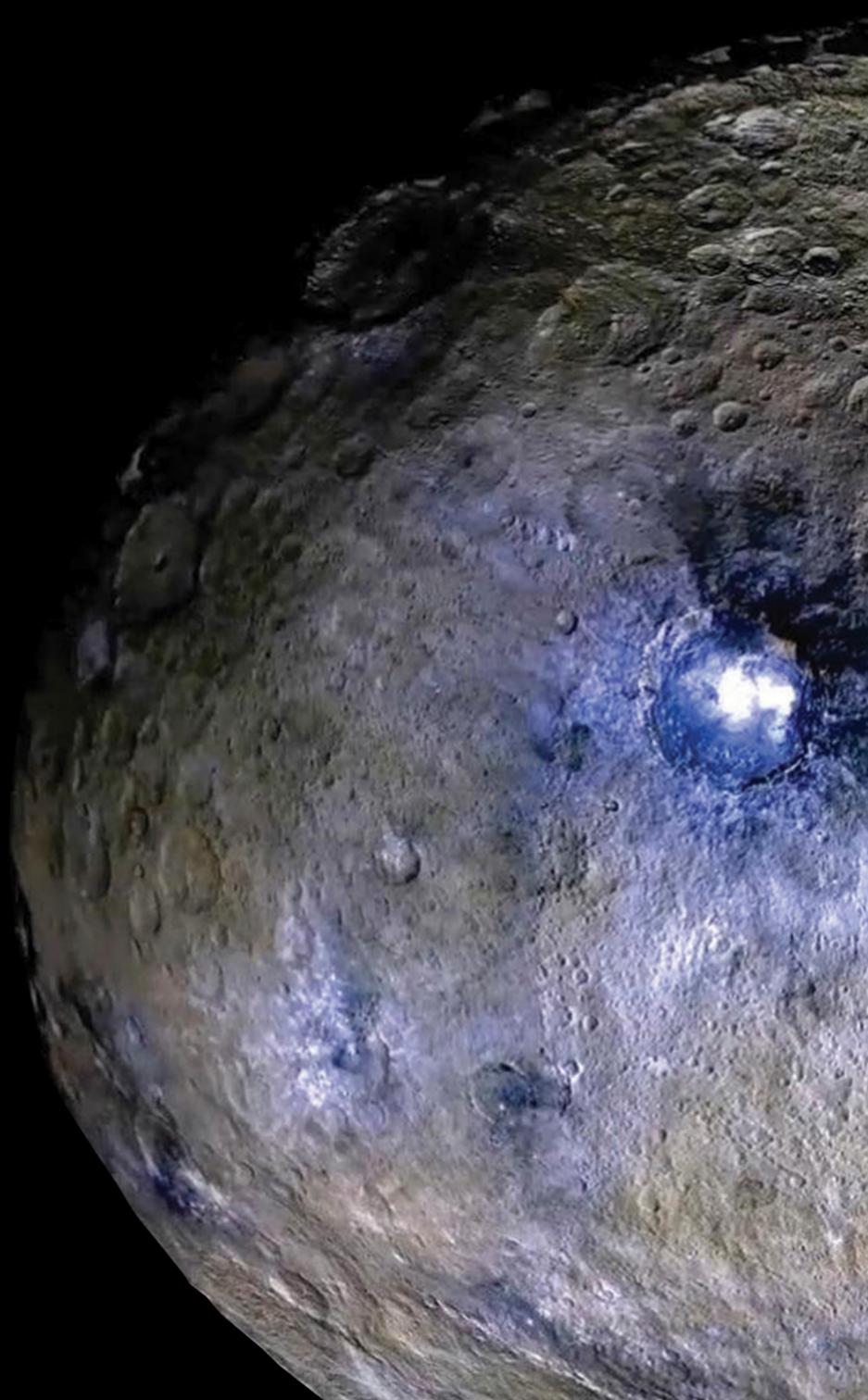








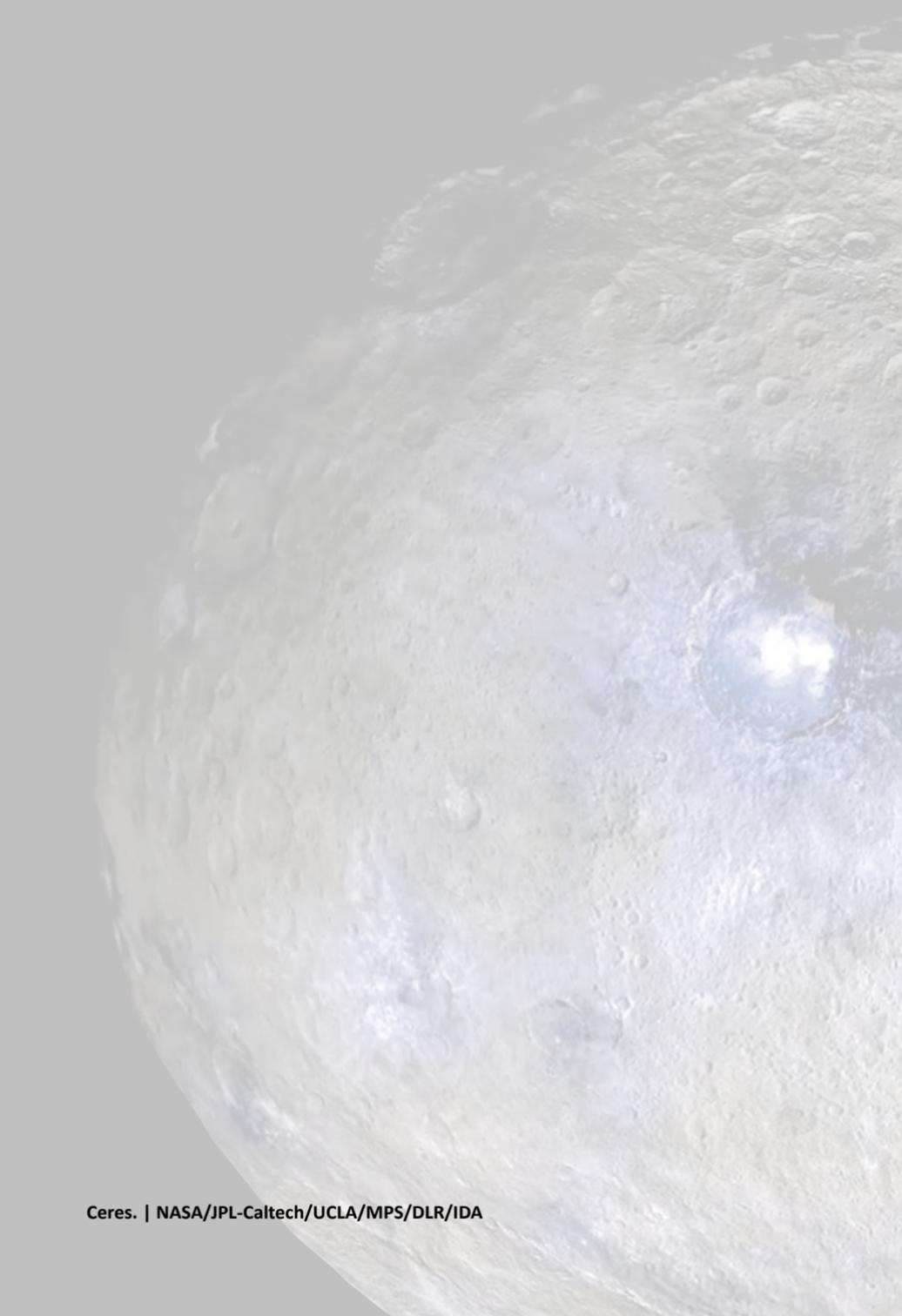






CAPÍTULO 5

Objetos menores del sistema solar



5.1. Estadísticas de objetos menores

Número de objetos conocidos de distinto tipo en mayo de 2022:

Planetas enanos:	5
Satélites de los planetas enanos:	9
Asteroides descubiertos:	~ 1 207 000
Asteroides numerados:	~ 614 000
Asteroides nombrados:	~ 23 200
Ritmo anual de descubrimiento de asteroides:	~ 11 000
Asteroides potencialmente peligrosos:	2282
Objetos Atenas ($Q > 0,983$ ua, $a < 1$ ua):	2239
Objetos Apolo ($q < 1,017$ ua, $a > 1$ ua):	14 844
Objetos Amor ($1,017 < q < 1,3$ ua):	11 923
Objetos Centauro (entre Júpiter y Neptuno):	39
Objetos transneptunianos:	2905
Cometas con denominación IAU:	~ 4405
Cometas de corto periodo numerados:	443
Ritmo de descubrimiento de cometas:	~ 70 por año
Masa total de los asteroides:	0,0005 M_{\oplus}
Masa del cinturón de Kuiper:	0,03-0,1 M_{\oplus}
Masa de la nube exterior de Oort:	~ 5 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 259.

5.2. 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 Comité Ejecutivo celebrada en Oslo en junio de 2008, ha decidido denominar oficialmente *plutoide* y que corresponde a los planetas enanos más alejados del Sol que Neptuno.

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

Elementos orbitales y físicos de los planetas enanos

En las tablas siguientes figuran los elementos orbitales de los planetas enanos referidos al equinoccio y eclíptica medios J2000.0. Cuando alguna magnitud se expresa en *años* se refiere a años julianos, de 365,25 días.

La explicación de los distintos parámetros que aparecen en las tablas puede encontrarse en el capítulo dedicado a los planetas.

Elementos orbitales (J2000.0)

Planeta	inclinación i	longitud del nodo, Ω	argumento perihelio, ω	longitud del perihelio, ϖ
Ceres	10°587	80°409	73°213	153°622
Plutón	17°142	110°303	113°764	224°067
Haumea	28°225	122°104	239°360	361°464
Makemake	28°998	79°597	298°410	378°007
Eris	44°179	35°874	151°506	187°380

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

Distancias orbitales (J2000.0)

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

Traslación (J2000.0)

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

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

Datos fotométricos

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

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

Tamaño

Planeta	radio ecuat. en \mathcal{R}_{\oplus}	tamaño elipsoide en km	achata- miento, f	tamaño del angular a 1 ua	volumen Tierra=1 ($\approx 10^{12} \text{ km}^3$)
Ceres	0,076	965 × 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: $f = 1 - D_{\text{polar}} / D_{\text{ecuat}}$

Masa

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

Descubrimiento de los planetas enanos

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

Satélites de los planetas enanos

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

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

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

Efemérides de los planetas enanos

Coordenadas astrométricas, incluyendo perturbaciones planetarias.

CERES 2023						
(coordenadas J2000 a 0 ^h de TU)						
Fecha	ascen. recta α_{2000} (^h ^m ^s)	declinación δ_{2000} ([°] ['] ["])	distancia (ua)		Ángulo de fase β (°)	mag. V
			a Tierra Δ	al Sol r		
Ene 1	12 29 29,6	+09 47 05	2,237	2,550	23	8,2
Ene 11	12 37 33,5	+09 47 25	2,112	2,551	22	8,1
Ene 21	12 43 34,5	+10 03 45	1,994	2,553	21	7,9
Ene 31	12 47 13,4	+10 36 23	1,884	2,555	19	7,7
Feb 10	12 48 15,6	+11 23 59	1,787	2,557	17	7,5
Feb 20	12 46 32,6	+12 23 35	1,707	2,559	14	7,3
Mar 2	12 42 08,9	+13 29 40	1,647	2,562	11	7,1
Mar 12	12 35 30,3	+14 34 31	1,610	2,565	8	7,0
Mar 22	12 27 20,9	+15 29 42	1,599	2,569	6	6,9
Abr 1	12 18 42,7	+16 07 21	1,615	2,572	8	7,0
Abr 11	12 10 42,0	+16 22 27	1,655	2,576	11	7,2
Abr 21	12 04 13,6	+16 13 35	1,719	2,581	14	7,4
May 1	11 59 55,9	+15 41 58	1,802	2,586	17	7,6
May 11	11 58 05,6	+14 50 46	1,901	2,591	19	7,8
May 21	11 58 42,3	+13 43 39	2,012	2,596	21	8,0
May 31	12 01 37,1	+12 23 52	2,132	2,601	22	8,1
Jun 10	12 06 34,3	+10 54 28	2,258	2,607	23	8,3
Jun 20	12 13 17,4	+09 17 41	2,387	2,613	23	8,4
Jun 30	12 21 31,6	+07 35 19	2,517	2,619	23	8,5
Jul 10	12 31 02,4	+05 48 57	2,646	2,626	22	8,6
Jul 20	12 41 38,6	+03 59 46	2,773	2,632	21	8,7
Jul 30	12 53 11,2	+02 08 46	2,897	2,639	20	8,8
Ago 9	13 05 31,9	+00 16 59	3,015	2,646	19	8,8
Ago 19	13 18 35,3	-01 34 50	3,127	2,653	18	8,9
Ago 29	13 32 16,5	-03 25 50	3,232	2,661	16	8,9
Set 8	13 46 31,4	-05 15 12	3,329	2,668	15	8,9
Set 18	14 01 17,4	-07 02 17	3,417	2,676	13	8,9
Set 28	14 16 31,6	-08 46 16	3,494	2,684	11	8,9
Oct 8	14 32 11,5	-10 26 27	3,561	2,691	9	8,9
Oct 18	14 48 15,4	-12 02 12	3,617	2,699	7	8,8
Oct 28	15 04 40,4	-13 32 47	3,660	2,707	5	8,7
Nov 7	15 21 23,9	-14 57 37	3,691	2,715	3	8,6
Nov 17	15 38 23,4	-16 16 11	3,709	2,723	1	8,5
Nov 27	15 55 34,8	-17 27 56	3,714	2,732	2	8,6
Dic 7	16 12 54,3	-18 32 32	3,705	2,740	4	8,7
Dic 17	16 30 17,7	-19 29 46	3,682	2,748	6	8,8
Dic 27	16 47 38,9	-20 19 27	3,646	2,756	8	8,9

PLUTÓN 2023
(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha	ascen. recta α_{2000} (^h ^m ^s)	declinación δ_{2000} ([°] ['] ["])	distancia (ua)		Ángulo de fase β (°)	mag. V
			a Tierra Δ	al Sol r		
Ene 1	19 59 32,2	-22 53 48	35,614	34,677	0	14,5
Ene 11	20 00 54,7	-22 50 39	35,658	34,684	0	14,5
Ene 21	20 02 18,7	-22 47 30	35,673	34,691	0	14,5
Ene 31	20 03 42,3	-22 44 27	35,659	34,697	0	14,5
Feb 10	20 05 03,4	-22 41 36	35,616	34,704	1	14,5
Feb 20	20 06 20,1	-22 39 01	35,546	34,711	1	14,5
Mar 2	20 07 30,7	-22 36 49	35,451	34,718	1	14,5
Mar 12	20 08 33,6	-22 35 04	35,335	34,724	1	14,5
Mar 22	20 09 27,3	-22 33 50	35,200	34,731	1	14,5
Abr 1	20 10 10,6	-22 33 11	35,052	34,738	2	14,5
Abr 11	20 10 42,7	-22 33 09	34,894	34,744	2	14,5
Abr 21	20 11 03,0	-22 33 44	34,731	34,751	2	14,5
May 1	20 11 11,2	-22 34 58	34,568	34,758	2	14,5
May 11	20 11 07,3	-22 36 48	34,411	34,764	2	14,5
May 21	20 10 51,8	-22 39 11	34,263	34,771	1	14,4
May 31	20 10 25,4	-22 42 05	34,130	34,778	1	14,4
Jun 10	20 09 49,1	-22 45 23	34,014	34,785	1	14,4
Jun 20	20 09 04,4	-22 49 01	33,921	34,791	1	14,4
Jun 30	20 08 12,9	-22 52 52	33,852	34,798	1	14,4
Jul 10	20 07 16,6	-22 56 48	33,810	34,805	0	14,4
Jul 20	20 06 17,4	-23 00 44	33,797	34,812	0	14,4
Jul 30	20 05 17,6	-23 04 31	33,813	34,818	0	14,4
Ago 9	20 04 19,4	-23 08 04	33,858	34,825	1	14,4
Ago 19	20 03 24,9	-23 11 16	33,930	34,832	1	14,4
Ago 29	20 02 36,3	-23 14 03	34,029	34,838	1	14,4
Set 8	20 01 55,4	-23 16 20	34,151	34,845	1	14,4
Set 18	20 01 23,7	-23 18 04	34,292	34,852	1	14,4
Set 28	20 01 02,6	-23 19 13	34,450	34,859	2	14,5
Oct 8	20 00 53,2	-23 19 45	34,620	34,865	2	14,5
Oct 18	20 00 55,9	-23 19 41	34,796	34,872	2	14,5
Oct 28	20 01 11,1	-23 19 02	34,975	34,879	2	14,5
Nov 7	20 01 38,4	-23 17 48	35,150	34,886	2	14,5
Nov 17	20 02 17,5	-23 16 04	35,316	34,892	1	14,5
Nov 27	20 03 07,5	-23 13 51	35,470	34,899	1	14,5
Dic 7	20 04 07,2	-23 11 14	35,606	34,906	1	14,5
Dic 17	20 05 15,2	-23 08 17	35,722	34,913	1	14,5
Dic 27	20 06 29,8	-23 05 06	35,813	34,919	1	14,5

La magnitud de Plutón incluye la de su satélite principal Caronte

HAUMEA 2023
(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha	ascen. recta α_{2000} (^h ^m ^s)	declinación δ_{2000} (^o ['] ["])	distancia (ua)		Ángulo de fase β (°)	mag. V
			a Tierra Δ	al Sol r		
Ene 1	14 32 53,0	+14 36 28	50,399	50,102	1	17,4
Ene 11	14 33 19,1	+14 39 52	50,249	50,100	1	17,4
Ene 21	14 33 37,8	+14 44 11	50,093	50,098	1	17,4
Ene 31	14 33 48,4	+14 49 17	49,938	50,095	1	17,4
Feb 10	14 33 50,9	+14 54 58	49,788	50,093	1	17,4
Feb 20	14 33 45,2	+15 01 05	49,646	50,090	1	17,4
Mar 2	14 33 31,7	+15 07 24	49,518	50,088	1	17,4
Mar 12	14 33 11,1	+15 13 43	49,408	50,085	1	17,3
Mar 22	14 32 44,0	+15 19 48	49,318	50,083	1	17,3
Abr 1	14 32 11,6	+15 25 27	49,251	50,080	1	17,3
Abr 11	14 31 35,0	+15 30 29	49,209	50,078	1	17,3
Abr 21	14 30 55,6	+15 34 43	49,192	50,075	1	17,3
May 1	14 30 14,8	+15 38 02	49,202	50,073	1	17,3
May 11	14 29 34,1	+15 40 18	49,237	50,070	1	17,3
May 21	14 28 54,8	+15 41 27	49,297	50,068	1	17,3
May 31	14 28 18,2	+15 41 27	49,379	50,066	1	17,3
Jun 10	14 27 45,7	+15 40 18	49,480	50,063	1	17,3
Jun 20	14 27 18,3	+15 38 02	49,598	50,060	1	17,4
Jun 30	14 26 56,9	+15 34 42	49,728	50,058	1	17,4
Jul 10	14 26 42,2	+15 30 25	49,868	50,056	1	17,4
Jul 20	14 26 34,8	+15 25 17	50,013	50,053	1	17,4
Jul 30	14 26 35,0	+15 19 26	50,159	50,051	1	17,4
Ago 9	14 26 42,8	+15 13 03	50,302	50,048	1	17,4
Ago 19	14 26 58,2	+15 06 16	50,438	50,046	1	17,4
Ago 29	14 27 21,0	+14 59 16	50,562	50,043	1	17,4
Set 8	14 27 50,5	+14 52 14	50,672	50,041	1	17,4
Set 18	14 28 26,1	+14 45 20	50,763	50,038	1	17,4
Set 28	14 29 07,1	+14 38 45	50,834	50,036	1	17,4
Oct 8	14 29 52,5	+14 32 39	50,883	50,033	1	17,4
Oct 18	14 30 41,1	+14 27 12	50,906	50,031	1	17,4
Oct 28	14 31 31,9	+14 22 32	50,904	50,028	1	17,4
Nov 7	14 32 23,5	+14 18 46	50,877	50,026	1	17,4
Nov 17	14 33 14,7	+14 16 00	50,824	50,023	1	17,4
Nov 27	14 34 04,2	+14 14 20	50,748	50,021	1	17,4
Dic 7	14 34 50,6	+14 13 47	50,649	50,018	1	17,4
Dic 17	14 35 32,8	+14 14 23	50,532	50,016	1	17,4
Dic 27	14 36 09,7	+14 16 07	50,398	50,013	1	17,4

MAKEMAKE 2023
(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha	ascen. recta α_{2000} (^h ^m ^s)	declinación δ_{2000} (^o ['] ["])	distancia (ua)		Ángulo de fase β (°)	mag. V
			a Tierra Δ	al Sol r		
Ene 1	13 20 09,7	+21 37 35	52,634	52,651	1	17,2
Ene 11	13 20 20,0	+21 42 03	52,481	52,652	1	17,2
Ene 21	13 20 22,4	+21 47 13	52,334	52,652	1	17,1
Ene 31	13 20 16,9	+21 52 54	52,196	52,653	1	17,1
Feb 10	13 20 03,7	+21 58 53	52,072	52,654	1	17,1
Feb 20	13 19 43,4	+22 04 59	51,966	52,654	1	17,1
Mar 2	13 19 16,8	+22 10 57	51,881	52,655	1	17,1
Mar 12	13 18 44,9	+22 16 34	51,820	52,656	1	17,1
Mar 22	13 18 08,9	+22 21 40	51,784	52,656	1	17,1
Abr 1	13 17 30,0	+22 26 01	51,775	52,657	1	17,1
Abr 11	13 16 49,7	+22 29 30	51,792	52,658	1	17,1
Abr 21	13 16 09,3	+22 31 59	51,835	52,658	1	17,1
May 1	13 15 30,3	+22 33 22	51,902	52,659	1	17,1
May 11	13 14 54,1	+22 33 36	51,992	52,660	1	17,1
May 21	13 14 21,7	+22 32 41	52,100	52,660	1	17,1
May 31	13 13 54,3	+22 30 38	52,225	52,661	1	17,1
Jun 10	13 13 32,8	+22 27 30	52,361	52,662	1	17,2
Jun 20	13 13 17,8	+22 23 21	52,507	52,662	1	17,2
Jun 30	13 13 09,9	+22 18 20	52,656	52,663	1	17,2
Jul 10	13 13 09,3	+22 12 33	52,806	52,664	1	17,2
Jul 20	13 13 16,1	+22 06 08	52,951	52,664	1	17,2
Jul 30	13 13 30,2	+21 59 16	53,088	52,665	1	17,2
Ago 9	13 13 51,3	+21 52 07	53,214	52,666	1	17,2
Ago 19	13 14 18,9	+21 44 51	53,324	52,666	1	17,2
Ago 29	13 14 52,4	+21 37 38	53,415	52,667	1	17,2
Set 8	13 15 31,0	+21 30 39	53,486	52,668	1	17,2
Set 18	13 16 13,8	+21 24 03	53,533	52,668	1	17,1
Set 28	13 16 59,7	+21 18 01	53,556	52,669	1	17,1
Oct 8	13 17 47,7	+21 12 41	53,554	52,670	1	17,1
Oct 18	13 18 36,6	+21 08 11	53,526	52,670	1	17,1
Oct 28	13 19 25,1	+21 04 38	53,473	52,671	1	17,2
Nov 7	13 20 12,1	+21 02 07	53,397	52,672	1	17,2
Nov 17	13 20 56,3	+21 00 42	53,298	52,672	1	17,2
Nov 27	13 21 36,5	+21 00 25	53,181	52,673	1	17,2
Dic 7	13 22 11,7	+21 01 16	53,049	52,674	1	17,2
Dic 17	13 22 40,9	+21 03 13	52,905	52,674	1	17,2
Dic 27	13 23 03,3	+21 06 13	52,754	52,675	1	17,2

ERIS 2023
(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha	ascen. recta α_{2000} (^h ^m ^s)	declinación δ_{2000} (^o ['] ["])	distancia (ua)		Ángulo de fase β (°)	mag. V
			a Tierra Δ	al Sol r		
Ene 1	01 43 49,7	-01 14 13	95,549	95,781	1	18,7
Ene 11	01 43 45,3	-01 13 00	95,716	95,779	1	18,7
Ene 21	01 43 45,0	-01 11 23	95,885	95,777	1	18,7
Ene 31	01 43 48,7	-01 09 24	96,050	95,775	1	18,7
Feb 10	01 43 56,4	-01 07 06	96,207	95,772	1	18,7
Feb 20	01 44 07,8	-01 04 33	96,351	95,770	0	18,7
Mar 2	01 44 22,6	-01 01 48	96,477	95,768	0	18,7
Mar 12	01 44 40,2	+00 58 57	96,581	95,766	0	18,7
Mar 22	01 45 00,2	+00 56 02	96,661	95,763	0	18,7
Abr 1	01 45 22,1	+00 53 09	96,715	95,761	0	18,7
Abr 11	01 45 45,0	+00 50 21	96,740	95,759	0	18,7
Abr 21	01 46 08,6	+00 47 44	96,737	95,757	0	18,7
May 1	01 46 32,0	+00 45 19	96,706	95,754	0	18,7
May 11	01 46 54,7	+00 43 11	96,648	95,752	0	18,7
May 21	01 47 16,0	+00 41 23	96,564	95,750	0	18,7
May 31	01 47 35,4	+00 39 55	96,457	95,748	0	18,7
Jun 10	01 47 52,4	+00 38 51	96,331	95,746	0	18,7
Jun 20	01 48 06,6	+00 38 11	96,188	95,743	1	18,7
Jun 30	01 48 17,4	+00 37 56	96,032	95,741	1	18,7
Jul 10	01 48 24,8	+00 38 05	95,868	95,739	1	18,7
Jul 20	01 48 28,4	+00 38 38	95,700	95,737	1	18,7
Jul 30	01 48 28,2	+00 39 33	95,533	95,734	1	18,7
Ago 9	01 48 24,2	+00 40 47	95,371	95,732	1	18,7
Ago 19	01 48 16,4	+00 42 19	95,220	95,730	1	18,7
Ago 29	01 48 05,2	+00 44 05	95,083	95,728	0	18,7
Set 8	01 47 50,7	+00 46 01	94,965	95,725	0	18,7
Set 18	01 47 33,4	+00 48 03	94,869	95,723	0	18,7
Set 28	01 47 13,9	+00 50 07	94,797	95,721	0	18,6
Oct 8	01 46 52,7	+00 52 08	94,753	95,719	0	18,6
Oct 18	01 46 30,4	+00 54 03	94,738	95,716	0	18,6
Oct 28	01 46 07,9	+00 55 46	94,752	95,714	0	18,6
Nov 7	01 45 45,7	+00 57 13	94,796	95,712	0	18,6
Nov 17	01 45 24,7	+00 58 21	94,867	95,710	0	18,7
Nov 27	01 45 05,5	+00 59 07	94,965	95,707	0	18,7
Dic 7	01 44 48,6	+00 59 29	95,085	95,705	0	18,7
Dic 17	01 44 34,9	+00 59 24	95,224	95,703	1	18,7
Dic 27	01 44 24,5	+00 58 53	95,378	95,700	1	18,7

5.3. Asteroides

En mayo de 2022 se llevan descubiertos unos 1 207 000 asteroides, de los cuales unos 614 000 han sido numerados y unos 23 200 han recibido un nombre. Por su órbita y su tamaño, unos 2282 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	2018,42	2,7663	0,0785	73,596	80,268	10,587
2 Palas	2018,59	2,7700	0,2300	310,796	172,918	34,927
3 Juno	2018,92	2,6696	0,2568	247,878	169,846	12,992
4 Vesta	2022,01	2,3615	0,0883	151,145	103,804	7,141
5 Astrea	2020,25	2,5763	0,1896	358,777	141,572	5,367
6 Hebe	2022,25	2,4251	0,2029	239,494	138,638	14,738
7 Iris	2021,59	2,3868	0,2295	145,358	259,522	5,518
8 Flora	2020,84	2,2016	0,1561	285,551	110,870	5,889
9 Metis	2020,25	2,3854	0,1235	6,134	68,900	5,577
10 Hygiea	2017,00	3,1415	0,1115	312,512	283,181	3,831
11 Partenope	2020,25	2,4533	0,0995	195,623	125,528	4,631
12 Victoria	2021,59	2,3334	0,2207	69,629	235,366	8,374
13 Egeria	2021,34	2,5764	0,0854	80,090	43,207	16,535
14 Irene	2021,59	2,5858	0,1658	97,712	86,116	9,121
15 Eunomia	2020,26	2,6439	0,1867	98,637	292,923	11,752
16 Psyche	2020,34	2,9245	0,1340	229,235	150,033	3,097
18 Melpomene	2020,25	2,2956	0,2180	228,128	150,362	10,132
19 Fortuna	2021,09	2,4429	0,1571	182,487	211,038	1,573
20 Masalia	2021,92	2,4089	0,1431	257,560	205,968	0,709
27 Euterpe	2019,59	2,3483	0,1718	356,236	94,777	1,583
29 Amphitrite	2020,25	2,5540	0,0735	63,066	356,329	6,083
39 Laetitia	2020,09	2,7700	0,1118	209,563	156,940	10,371
40 Harmonia	2021,75	2,2668	0,0464	268,643	94,167	4,256
44 Nysa	2022,26	2,4229	0,1489	344,186	131,503	3,712
51 Nemausa	2022,01	2,3655	0,0675	1,876	175,955	9,979
89 Julia	2021,84	2,5498	0,1846	45,031	311,544	16,128
192 Nausikaa	2019,42	2,4023	0,2459	30,680	343,101	6,800
230 Atamantis	2019,09	2,3829	0,0622	139,447	239,814	9,449
349 Dembowska	2022,34	2,9249	0,0901	344,413	32,193	8,250
354 Eleonora	2019,67	2,8042	0,1116	6,640	140,335	18,384

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: $n = 0,98561 / P$ (° día).

Datos físicos y fotométricos

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

Los diez mayores asteroides de tamaño conocido, ordenados de mayor a menor de acuerdo con el diámetro de una esfera de volumen equivalente, son: 1 Ceres, 2 Palas (Pallas), 4 Vesta, 10 Hygiea, 704 Interamnia, 52 Europa, 511 Davida, 87 Silvia (Sylvia), 65 Cibeles (Cybele) y 15 Eunomia, todos ellos mayores de 260 km.

Se ha podido determinar la masa de muy pocos asteroides. Los cinco de mayor masa conocida, ordenados de mayor a menor, son: 1 Ceres, 4 Vesta, 2 Palas (Pallas), 10 Hygiea y 31 Eufrosine (Euphrosyne), todos ellos con una masa superior a $5 \cdot 10^{19}$ kg.

El tipo espectral se refiere a la composición del asteroide o a algún parámetro relacionado con su reflectividad. En la tabla figuran los siguientes casos:

- C** = tipo carbonáceo, con albedo bajo ($\sim 0,07$),
- B** = tipo carbonáceo, con espectro azulado y albedo bajo ($\sim 0,07$),
- M** = tipo metálico, con albedo medio ($\sim 0,15$),
- S** = tipo pétreo, con albedo medio ($\sim 0,15$),
- V** = tipo Vesta, con albedo alto ($\sim 0,25$) y
- E** = con albedo muy alto ($\sim 0,33$).

La columna indicada por $V(a,0)$ da la magnitud media del asteroide cuando se halla en oposición (distancia al Sol igual al semieje de la órbita, distancia a la Tierra igual al semieje menos una ua) y con fase nula.

El cálculo de la magnitud para cualquier instante se puede efectuar mediante los coeficientes H y G dados en las dos últimas columnas de la tabla. Para ello es necesario conocer la distancia del asteroide al Sol, r , y a la Tierra, 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 152 o, en primera aproximación, $R = 1$).

Fechas de oposición en 2023 de los primeros asteroides

	nombre	oposición en longitud	magnitud V	oposición en asc.recta
1	Ceres	Mar 21,7 ^h	6,9	Mar 27,10 ^h
2	Palas	Ene 08,18 ^h	7,6	Ene 03,7 ^h
4	Vesta	Dic 21,22 ^h	6,6	Dic 21,22 ^h
5	Astrea	Dic 28,9 ^h	9,4	Dic 28,3 ^h
6	Hebe	Ene 26,8 ^h	8,7	Ene 25,6 ^h
7	Iris	Abr 30,16 ^h	9,6	Abr 29,3 ^h
8	Flora	Ago 27,7 ^h	8,5	Ago 29,23 ^h
9	Metis	Dic 23,1 ^h	8,4	Dic 23,1 ^h
10	Hygiea	Ago 10,10 ^h	9,7	Ago 09,13 ^h
11	Partenope	Jun 06,9 ^h	9,5	Jun 06,23 ^h
12	Victoria	Ene 02,21 ^h	11,2	Ene 02,6 ^h
13	Egeria	Ago 16,10 ^h	11,1	Ago 24,20 ^h
14	Irene	Oct 04,15 ^h	10,9	Oct 09,5 ^h
15	Eunomia	Jul 07,20 ^h	8,8	Jul 08,2 ^h
16	Psyche	May 10,17 ^h	10,6	May 11,17 ^h
18	Melpomene	Nov 06,0 ^h	8,3	Nov 11,2 ^h
19	Fortuna	May 26,16 ^h	10,9	May 26,21 ^h
20	Masalia	Jun 16,10 ^h	10	Jun 16,11 ^h
29	Amphitrite	Oct 02,5 ^h	8,9	Oct 01,11 ^h
39	Laetitia	Jun 08,4 ^h	10,3	Jun 09,10 ^h
40	Harmonia	Feb 27,19 ^h	10,1	Mar 01,23 ^h
433	Eros	Ago 12,21 ^h	11,3	Ago 11,9 ^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 90° . No se han considerado las perturbaciones planetarias. Las coordenadas ecuatoriales se refieren al equinoccio y ecuador medios de la época J2000. Se trata de coordenadas *astrométricas*, es decir, coordenadas geocéntricas corregidas únicamente de tiempo-luz pero no de aberración ánuu.

(coordenadas J2000 a 0^{h} de TU)

Fecha	ascen. recta α_{2000} (^h ^m ^s)	declinación δ_{2000} ([°] ['] ["])	distancia (ua)		Ángulo mag. de fase V β ($^{\circ}$)
			a Tierra Δ	al Sol r	
1 CERES 2023					
Consultar efemérides en el apartado de planetas enanos					
2 PALAS 2023					
Ene 1	06 55 32,0	-32 00 44	1,446	2,164	22 7,6
Ene 11	06 46 57,7	-30 58 16	1,423	2,155	22 7,6
Ene 21	06 39 16,7	-28 59 29	1,414	2,148	22 7,6
Ene 31	06 33 43,6	-26 11 05	1,421	2,142	22 7,6
Feb 10	06 31 08,0	-22 45 24	1,444	2,138	23 7,7
Feb 20	06 31 49,6	-18 56 44	1,483	2,135	24 7,7
Mar 2	06 35 49,7	-14 59 18	1,537	2,133	25 7,8
Mar 12	06 42 52,5	-11 05 41	1,605	2,133	26 8,0
Mar 22	06 52 35,6	-07 24 59	1,687	2,135	27 8,1
Abr 1	07 04 36,6	-04 03 39	1,779	2,138	28 8,2
Abr 11	07 18 30,8	-01 05 30	1,879	2,142	28 8,4
4 VESTA 2023					
Set 28	06 13 13,2	+19 02 43	2,345	2,569	23 8,4
Oct 8	06 21 13,1	+19 00 33	2,215	2,570	23 8,3
Oct 18	06 27 00,8	+18 59 15	2,087	2,570	22 8,1
Oct 28	06 30 15,3	+19 00 36	1,965	2,570	20 7,9
Nov 7	06 30 38,8	+19 06 11	1,852	2,569	18 7,7
Nov 17	06 27 56,6	+19 17 08	1,753	2,568	15 7,5

(coordenadas J2000 a 0 ^h de TU)							
Fecha	ascen. recta	declinación	distancia (ua)		Ángulo de fase	mag. V	
			a Tierra Δ	al Sol r			
	α_{2000} (^h ^m ^s)	δ_{2000} ([°] ['] ["])			β (°)		
Nov 27	06 22 09,5	+19 33 45	1,672	2,567	12	7,3	
Dic 7	06 13 38,7	+19 55 17	1,615	2,565	7	7,0	
Dic 17	06 03 09,9	+20 20 08	1,584	2,563	3	6,7	
Dic 27	05 51 56,0	+20 46 20	1,582	2,561	3	6,7	
5 ASTREA 2023							
Set 28	06 15 04,2	+17 40 05	2,111	2,348	25	11,6	
Oct 8	06 26 30,1	+17 18 53	1,972	2,328	25	11,4	
Oct 18	06 36 04,0	+16 55 19	1,837	2,309	25	11,3	
Oct 28	06 43 23,4	+16 31 34	1,707	2,290	23	11,0	
Nov 7	06 48 05,9	+16 10 03	1,584	2,272	22	10,8	
Nov 17	06 49 47,8	+15 53 27	1,473	2,254	19	10,6	
Nov 27	06 48 14,4	+15 44 23	1,376	2,237	16	10,3	
Dic 7	06 43 26,8	+15 44 50	1,298	2,220	12	10,0	
Dic 17	06 35 48,2	+15 55 55	1,242	2,205	7	9,7	
Dic 27	06 26 17,8	+16 17 19	1,211	2,190	3	9,4	
6 HEBE 2023							
Ene 1	08 49 48,3	+09 41 58	1,533	2,418	13	9,3	
Ene 11	08 41 59,3	+11 00 09	1,496	2,440	8	9,0	
Ene 21	08 32 29,8	+12 32 59	1,486	2,462	4	8,8	
Ene 31	08 22 31,4	+14 12 39	1,505	2,484	3	8,8	
Feb 10	08 13 22,9	+15 50 26	1,552	2,506	7	9,1	
Feb 20	08 06 09,3	+17 19 26	1,627	2,527	12	9,4	
Mar 2	08 01 35,1	+18 35 15	1,725	2,548	15	9,7	
Mar 12	07 59 58,5	+19 36 06	1,842	2,568	18	10,0	
Mar 22	08 01 16,0	+20 22 01	1,973	2,588	20	10,2	
Abr 1	08 05 14,4	+20 53 44	2,115	2,608	21	10,4	
Abr 11	08 11 32,2	+21 12 22	2,263	2,627	22	10,6	
Abr 21	08 19 47,1	+21 19 02	2,414	2,646	22	10,7	
7 IRIS 2023							
Feb 10	14 47 16,9	-21 14 12	2,631	2,887	20	11,0	
Feb 20	14 52 08,3	-21 44 59	2,497	2,895	19	10,9	
Mar 2	14 54 45,5	-22 06 00	2,368	2,903	18	10,7	
Mar 12	14 54 55,3	-22 16 03	2,248	2,909	17	10,6	
Mar 22	14 52 29,1	-22 13 43	2,140	2,915	14	10,4	
Abr 1	14 47 29,3	-21 57 37	2,051	2,920	12	10,2	
Abr 11	14 40 16,1	-21 27 11	1,983	2,925	8	10,0	

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha	ascen. recta α_{2000} (^h ^m ^s)	declinación δ_{2000} ([°] ['] ["])	distancia (ua)		Ángulo de fase β (°)	mag. V
			a Tierra Δ	al Sol r		
Abr 21	14 31 25,4	-20 43 07	1,940	2,928	4	9,8
May 1	14 21 50,1	-19 48 10	1,927	2,931	2	9,6
May 11	14 12 30,3	-18 47 10	1,942	2,933	5	9,8
May 21	14 04 19,8	-17 45 53	1,985	2,934	8	10,0
May 31	13 58 01,4	-16 50 08	2,053	2,935	12	10,2
Jun 10	13 53 58,7	-16 04 20	2,142	2,934	15	10,4
Jun 20	13 52 19,4	-15 31 02	2,249	2,933	17	10,6
Jun 30	13 53 01,3	-15 11 16	2,368	2,931	18	10,7
Jul 10	13 55 53,8	-15 04 37	2,495	2,928	20	10,9
Jul 20	14 00 44,1	-15 09 56	2,628	2,925	20	11,0
Jul 30	14 07 19,4	-15 25 44	2,762	2,921	20	11,1

8 FLORA 2023

May 21	22 04 59,6	-13 02 30	1,918	2,180	28	10,9
May 31	22 17 37,6	-12 21 24	1,786	2,161	28	10,7
Jun 10	22 28 48 5	-11 50 30	1,657	2,143	27	10,6
Jun 20	22 38 15,6	-11 32 55	1,533	2,125	26	10,3
Jun 30	22 45 38,1	-11 31 51	1,415	2,107	25	10,1
Jul 10	22 50 35,5	-11 50 09	1,307	2,088	23	9,8
Jul 20	22 52 43,9	-12 30 07	1,209	2,071	20	9,6
Jul 30	22 51 46,5	-13 31 59	1,127	2,053	16	9,3
Ago 9	22 47 41,8	-14 52 38	1,062	2,036	11	8,9
Ago 19	22 40 49,8	-16 25 01	1,019	2,019	6	8,6
Ago 29	22 32 07,5	-17 57 39	0,997	2,002	4	8,5
Set 8	22 23 00,4	-19 17 56	1,000	1,986	8	8,6
Set 18	22 15 02,6	-20 15 41	1,024	1,971	14	8,9
Set 28	22 09 38,5	-20 45 15	1,068	1,956	18	9,1
Oct 8	22 07 36,3	-20 46 17	1,128	1,942	23	9,4
Oct 18	22 09 11,4	-20 21 04	1,200	1,929	26	9,6
Oct 28	22 14 15,8	-19 32 53	1,282	1,917	28	9,8
Nov 7	22 22 24,0	-18 25 15	1,370	1,906	30	10,0
Nov 17	22 33 08,3	-17 00 50	1,463	1,896	31	10,1
Nov 27	22 46 01,6	-15 21 59	1,558	1,887	31	10,3

9 METIS 2023

Set 18	05 43 38,5	+22 09 33	1,875	2,101	29	10,6
Set 28	05 57 48,5	+22 31 34	1,761	2,098	28	10,5
Oct 8	06 10 05,2	+22 52 06	1,648	2,095	28	10,3

(coordenadas J2000 a 0 ^h de TU)							
Fecha		ascen. recta	declinación	distancia (ua)		Ángulo	mag.
		α_{2000}	δ_{2000}	a Tierra	al Sol	de fase	V
		(^h ^m ^s)	([°] ['] ^{''})	Δ	r	β (°)	
Oct	18	06 20 01,6	+23 13 34	1,538	2,092	27	10,1
Oct	28	06 27 08,7	+23 38 23	1,434	2,091	25	9,9
Nov	7	06 30 58,3	+24 08 39	1,339	2,091	22	9,7
Nov	17	06 31 03,5	+24 45 28	1,256	2,091	19	9,4
Nov	27	06 27 13,8	+25 28 05	1,189	2,092	15	9,2
Dic	7	06 19 45,7	+26 13 28	1,142	2,094	9	8,9
Dic	17	06 09 31,8	+26 56 40	1,119	2,097	4	8,6
Dic	27	05 58 08,8	+27 32 37	1,121	2,101	3	8,5
10 HYGIEA 2023							
May	11	21 26 43,4	-13 49 30	2,778	2,958	20	11,2
May	21	21 33 17,1	-13 05 01	2,653	2,968	20	11,1
May	31	21 38 02,1	-12 27 42	2,530	2,978	19	11,0
Jun	10	21 40 49,0	-11 58 56	2,413	2,988	18	10,8
Jun	20	21 41 28,8	-11 39 58	2,305	2,998	16	10,7
Jun	30	21 39 56,8	-11 31 39	2,210	3,009	14	10,5
Jul	10	21 36 17,3	-11 34 01	2,133	3,019	11	10,3
Jul	20	21 30 43,2	-11 46 20	2,076	3,030	8	10,2
Jul	30	21 23 42,1	-12 06 41	2,044	3,040	4	10,0
Ago	9	21 15 54,2	-12 32 10	2,039	3,051	1	9,7
Ago	19	21 08 05,8	-12 59 30	2,061	3,062	3	9,9
Ago	29	21 01 06,0	-13 25 18	2,111	3,073	7	10,2
Set	8	20 55 34,8	-13 46 51	2,186	3,084	10	10,4
Set	18	20 51 59,3	-14 02 18	2,284	3,095	13	10,6
Set	28	20 50 34,8	-14 10 27	2,400	3,105	15	10,8
Oct	8	20 51 22,4	-14 10 46	2,531	3,116	17	11,0
Oct	18	20 54 15,8	-14 03 05	2,672	3,127	18	11,1
Oct	28	20 59 04,3	-13 47 21	2,821	3,138	18	11,3
Nov	7	21 05 33,0	-13 23 48	2,974	3,149	18	11,4
11 PARTENOPE 2023							
Mar	12	17 00 33,2	-17 37 57	2,129	2,427	24	11,4
Mar	22	17 10 07,5	-17 36 11	1,994	2,416	24	11,2
Abr	1	17 17 34,4	-17 29 22	1,862	2,405	23	11,1
Abr	11	17 22 34,1	-17 18 54	1,738	2,394	21	10,9
Abr	21	17 24 46,5	-17 06 10	1,624	2,383	19	10,6
May	1	17 23 57,0	-16 52 42	1,524	2,373	16	10,4
May	11	17 20 04,5	-16 40 01	1,440	2,362	13	10,1

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha	ascen. recta α_{2000} (^h ^m ^s)	declinación δ_{2000} ([°] ['] ["])	distancia (ua)		Ángulo de fase β (°)	mag. V
			a Tierra Δ	al Sol r		
May 21	17 13 23,8	-16 29 26	1,377	2,352	9	9,9
May 31	17 04 35,9	-16 22 21	1,336	2,341	4	9,6
Jun 10	16 54 46,3	-16 20 07	1,321	2,331	3	9,5
Jun 20	16 45 10,7	-16 24 01	1,331	2,321	7	9,7
Jun 30	16 37 05,9	-16 35 15	1,365	2,312	12	9,9
Jul 10	16 31 28,5	-16 54 19	1,419	2,303	16	10,2
Jul 20	16 28 49,9	-17 21 02	1,492	2,294	19	10,4
Jul 30	16 29 22,5	-17 54 29	1,578	2,285	22	10,6
Ago 9	16 32 59,4	-18 32 59	1,674	2,277	24	10,8
Ago 19	16 39 27,0	-19 14 40	1,777	2,269	25	10,9
Ago 29	16 48 28,9	-19 57 26	1,886	2,261	26	11,1
Set 8	16 59 45,6	-20 39 09	1,996	2,254	27	11,2

12 VICTORIA 2023

Ene 1	06 50 27,6	+13 32 40	1,811	2,785	3	11,2
Ene 11	06 39 43,4	+13 31 56	1,830	2,795	5	11,3
Ene 21	06 30 03,7	+13 37 43	1,879	2,803	8	11,6
Ene 31	06 22 24,5	+13 48 53	1,955	2,811	12	11,8
Feb 10	06 17 20,0	+14 03 58	2,053	2,819	15	12,0
Feb 20	06 15 02,3	+14 21 28	2,169	2,825	17	12,2
Mar 2	06 15 29,7	+14 39 49	2,297	2,831	19	12,4
Mar 12	06 18 29,3	+14 57 28	2,434	2,836	20	12,6
Mar 22	06 23 43,6	+15 13 03	2,575	2,840	20	12,7

13 EGERIA 2023

May 21	22 23 10,8	-29 20 32	2,562	2,796	21	12,3
May 31	22 32 12,3	-29 38 58	2,436	2,796	21	12,2
Jun 10	22 39 22,4	-30 10 39	2,315	2,795	20	12,0
Jun 20	22 44 23,5	-30 56 20	2,200	2,794	19	11,9
Jun 30	22 46 57,0	-31 55 26	2,095	2,793	18	11,7
Jul 10	22 46 47,2	-33 05 36	2,004	2,791	16	11,6
Jul 20	22 43 42,3	-34 22 30	1,928	2,789	13	11,4
Jul 30	22 37 43,9	-35 39 07	1,873	2,787	11	11,2
Ago 9	22 29 14,4	-36 46 46	1,841	2,784	9	11,1
Ago 19	22 18 58,4	-37 36 41	1,832	2,781	9	11,1
Ago 29	22 08 04,6	-38 01 44	1,849	2,778	10	11,2
Set 8	21 57 49,5	-37 58 52	1,890	2,774	12	11,3
Set 18	21 49 20,1	-37 28 52	1,953	2,770	14	11,4

		(coordenadas J2000 a 0 ^h de TU)						
Fecha		ascen. recta	declinación	distancia (ua)		Ángulo	mag.	
		α_{2000}	δ_{2000}	a Tierra	al Sol	de fase	V	
		(^h ^m ^s)	([°] ['] ^{''})	Δ	r	β (°)		
Set	28	21 43 25,1	-36 35 25	2,035	2,766	17	11,6	
Oct	8	21 40 24,9	-35 23 40	2,133	2,762	18	11,8	
Oct	18	21 40 19,9	-33 58 18	2,243	2,757	20	11,9	
Oct	28	21 42 58,2	-32 23 09	2,361	2,752	21	12,0	
Nov	7	21 47 58,8	-30 41 05	2,484	2,747	21	12,2	
14 IRENE 2023								
Jul	10	01 12 58,9	-02 50 57	2,806	3,009	20	12,2	
Jul	20	01 18 59,5	-02 46 04	2,673	3,011	19	12,0	
Jul	30	01 23 19,7	-02 53 33	2,543	3,013	19	11,9	
Ago	9	01 25 46,4	-03 13 40	2,419	3,014	17	11,8	
Ago	19	01 26 06,5	-03 46 16	2,305	3,014	16	11,6	
Ago	29	01 24 12,2	-04 30 06	2,206	3,015	13	11,4	
Set	8	01 20 04,2	-05 22 34	2,125	3,014	11	11,2	
Set	18	01 13 53,7	-06 19 44	2,066	3,013	8	11,1	
Set	28	01 06 09,0	-07 16 01	2,034	3,012	5	10,9	
Oct	8	00 57 32,2	-08 05 26	2,029	3,010	5	10,9	
Oct	18	00 48 53,4	-08 42 29	2,054	3,007	7	11,0	
Oct	28	00 41 05,1	-09 03 07	2,105	3,004	10	11,2	
Nov	7	00 34 49,4	-09 05 38	2,181	3,000	13	11,4	
Nov	17	00 30 34,1	-08 50 13	2,278	2,996	15	11,5	
Nov	27	00 28 33,6	-08 18 19	2,391	2,991	17	11,7	
Dic	7	00 28 47,7	-07 32 14	2,516	2,986	18	11,8	
Dic	17	00 31 09,4	-06 34 15	2,648	2,980	19	12,0	
Dic	27	00 35 27,2	-05 26 34	2,784	2,974	19	12,1	
15 EUNOMIA 2023								
Abr	11	19 21 49,4	-27 41 58	2,630	2,854	21	10,7	
Abr	21	19 29 32,5	-27 20 25	2,478	2,837	20	10,6	
May	1	19 35 11,1	-27 00 16	2,329	2,820	20	10,4	
May	11	19 38 29,6	-26 42 08	2,187	2,802	19	10,2	
May	21	19 39 12,1	-26 26 20	2,055	2,785	17	10,0	
May	31	19 37 07,0	-26 12 28	1,937	2,767	14	9,8	
Jun	10	19 32 13,9	-25 59 15	1,836	2,748	11	9,6	
Jun	20	19 24 45,1	-25 44 50	1,757	2,729	8	9,3	
Jun	30	19 15 15,4	-25 26 54	1,703	2,710	4	9,0	
Jul	10	19 04 41,2	-25 03 39	1,676	2,691	1	8,8	
Jul	20	18 54 10,0	-24 34 37	1,676	2,672	5	9,1	

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha	ascen. recta α_{2000} (^h ^m ^s)	declinación δ_{2000} ([°] ['] ["])	distancia (ua)		Ángulo de fase β (°)	mag. V
			a Tierra Δ	al Sol r		
Jul 30	18 44 53,1	-24 00 46	1,702	2,652	10	9,3
Ago 9	18 37 46,5	-23 24 10	1,752	2,632	13	9,4
Ago 19	18 33 24,6	-22 47 00	1,822	2,613	17	9,6
Ago 29	18 32 03,3	-22 10 47	1,908	2,593	19	9,8
Set 8	18 33 39,1	-21 36 05	2,005	2,572	21	9,9
Set 18	18 38 00,2	-21 02 36	2,110	2,552	22	10,1
Set 28	18 44 50,5	-20 29 18	2,220	2,532	23	10,2
Oct 8	18 53 50,3	-19 54 55	2,331	2,512	23	10,3
16 PSYCHE 2023						
Feb 20	15 31 16,4	-15 51 53	3,032	3,292	17	12,1
Mar 2	15 35 48,1	-15 56 03	2,884	3,288	17	11,9
Mar 12	15 38 25,6	-15 52 41	2,741	3,283	16	11,8
Mar 22	15 38 57,9	-15 41 48	2,609	3,278	15	11,6
Abr 1	15 37 18,9	-15 23 38	2,490	3,273	13	11,4
Abr 11	15 33 32,2	-14 58 51	2,391	3,267	10	11,2
Abr 21	15 27 50,8	-14 28 30	2,314	3,261	7	11,0
May 1	15 20 41,4	-13 54 28	2,263	3,255	4	10,8
May 11	15 12 43,3	-13 19 24	2,240	3,248	1	10,6
May 21	15 04 40,8	-12 46 21	2,246	3,241	4	10,8
May 31	14 57 19,9	-12 18 32	2,280	3,233	7	11,0
Jun 10	14 51 18,7	-11 58 38	2,340	3,226	10	11,2
Jun 20	14 47 03,1	-11 48 20	2,421	3,218	13	11,4
Jun 30	14 44 48,8	-11 48 28	2,521	3,210	15	11,5
Jul 10	14 44 39,0	-11 58 47	2,633	3,201	17	11,7
Jul 20	14 46 30,5	-12 18 27	2,756	3,192	18	11,8
Jul 30	14 50 16,3	-12 46 19	2,884	3,183	18	11,9
Ago 9	14 55 46,0	-13 20 53	3,015	3,174	19	12,0
18 MELPOMENE 2023						
Jul 20	01 51 26,6	+06 13 40	1,538	1,823	34	10,2
Jul 30	02 10 00,2	+06 39 30	1,440	1,814	34	10,0
Ago 9	02 27 27,2	+06 46 35	1,344	1,806	34	9,9
Ago 19	02 43 23,5	+06 33 04	1,253	1,801	33	9,7
Ago 29	02 57 20,6	+05 57 46	1,167	1,797	32	9,5
Set 8	03 08 48,8	+05 00 31	1,087	1,795	30	9,3
Set 18	03 17 13,0	+03 42 11	1,016	1,796	27	9,1
Set 28	03 22 03,0	+02 06 15	0,955	1,798	24	8,8

		(coordenadas J2000 a 0 ^h de TU)						
Fecha		ascen. recta	declinación	distancia (ua)		Ángulo	mag.	
		α_{2000}	δ_{2000}	a Tierra	al Sol	de fase	V	
		(^h ^m ^s)	([°] ['] ^{''})	Δ	r	β (°)		
Oct	8	03 23 01,3	+00 19 12	0,907	1,802	20	8,6	
Oct	18	03 20 08,6	-01 28 56	0,874	1,808	16	8,4	
Oct	28	03 14 04,6	-03 04 30	0,860	1,816	12	8,3	
Nov	7	03 06 04,9	-04 13 53	0,866	1,826	11	8,2	
Nov	17	02 57 47,6	-04 46 51	0,892	1,838	13	8,4	
Nov	27	02 50 54,6	-04 39 33	0,939	1,851	16	8,6	
Dic	7	02 46 37,3	-03 55 20	1,003	1,866	20	8,9	
Dic	17	02 45 32,0	-02 41 06	1,083	1,882	23	9,2	
Dic	27	02 47 47,3	-01 05 09	1,177	1,900	26	9,5	
19 FORTUNA 2023								
Mar	2	16 28 09,5	-21 15 15	2,593	2,810	21	12,8	
Mar	12	16 35 19,6	-21 25 10	2,449	2,805	20	12,6	
Mar	22	16 40 25,6	-21 29 28	2,309	2,800	20	12,5	
Abr	1	16 43 08,8	-21 28 18	2,176	2,794	18	12,3	
Abr	11	16 43 15,9	-21 21 47	2,053	2,788	16	12,1	
Abr	21	16 40 38,1	-21 09 48	1,945	2,781	14	11,9	
May	1	16 35 19,0	-20 52 14	1,856	2,773	11	11,7	
May	11	16 27 40,9	-20 29 15	1,790	2,765	7	11,4	
May	21	16 18 23,0	-20 01 37	1,750	2,757	3	11,1	
May	31	16 08 23,6	-19 31 18	1,737	2,748	2	11,1	
Jun	10	15 58 48,3	-19 01 15	1,752	2,738	6	11,3	
Jun	20	15 50 35,4	-18 34 51	1,793	2,728	10	11,5	
Jun	30	15 44 30,9	-18 15 12	1,856	2,717	14	11,7	
Jul	10	15 40 59,6	-18 04 19	1,939	2,706	17	11,9	
Jul	20	15 40 09,3	-18 02 55	2,036	2,695	19	12,1	
Jul	30	15 41 57,6	-18 10 45	2,144	2,683	21	12,3	
Ago	9	15 46 12,7	-18 26 37	2,259	2,670	22	12,4	
Ago	19	15 52 41,2	-18 48 57	2,377	2,657	22	12,5	
20 MASALIA 2023								
Mar	22	17 54 27,4	-22 55 24	2,436	2,665	22	11,7	
Abr	1	18 02 05,4	-22 52 36	2,310	2,675	22	11,6	
Abr	11	18 07 27,5	-22 48 37	2,187	2,683	21	11,4	
Abr	21	18 10 16,6	-22 44 25	2,070	2,692	19	11,3	
May	1	18 10 18,4	-22 40 41	1,963	2,700	17	11,1	
May	11	18 07 27,3	-22 37 34	1,871	2,707	14	10,9	
May	21	18 01 47,8	-22 34 40	1,796	2,714	11	10,7	

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha	ascen. recta α_{2000} (^h ^m ^s)	declinación δ_{2000} ([°] ['] ["])	distancia (ua)		Ángulo de fase β (°)	mag. V
			a Tierra Δ	al Sol r		
May 31	17 53 43,2	-22 31 11	1,744	2,720	7	10,5
Jun 10	17 43 58,4	-22 26 16	1,717	2,726	3	10,2
Jun 20	17 33 32,6	-22 19 35	1,717	2,731	2	10,1
Jun 30	17 23 35,1	-22 11 43	1,745	2,736	6	10,4
Jul 10	17 15 07,8	-22 04 03	1,798	2,740	10	10,7
Jul 20	17 08 54,5	-21 58 14	1,875	2,744	13	10,9
Jul 30	17 05 21,5	-21 55 35	1,971	2,747	16	11,1
Ago 9	17 04 34,7	-21 56 43	2,082	2,749	18	11,3
Ago 19	17 06 28,4	-22 01 28	2,205	2,751	20	11,5
Ago 29	17 10 51,1	-22 09 07	2,335	2,752	21	11,6
Set 8	17 17 26,0	-22 18 31	2,470	2,753	21	11,8

29 AMPHITRITE 2023

Jun 30	00 32 16,3	+01 56 51	2,286	2,494	24	11,0
Jul 10	00 40 51,8	+03 06 23	2,155	2,486	24	10,8
Jul 20	00 47 49,0	+04 07 09	2,026	2,479	23	10,7
Jul 30	00 52 49,4	+04 57 47	1,902	2,471	22	10,5
Ago 9	00 55 35,5	+05 37 03	1,785	2,464	21	10,3
Ago 19	00 55 49,1	+06 03 29	1,678	2,457	18	10,1
Ago 29	00 53 19,8	+06 16 02	1,586	2,450	15	9,8
Set 8	00 48 10,7	+06 14 27	1,511	2,443	11	9,6
Set 18	00 40 41,9	+05 59 32	1,458	2,437	7	9,3
Set 28	00 31 40,1	+05 34 18	1,431	2,430	2	9,0
Oct 8	00 22 10,3	+05 03 39	1,430	2,424	3	9,1
Oct 18	00 13 23,9	+04 33 35	1,455	2,418	8	9,3
Oct 28	00 06 26,6	+04 10 18	1,506	2,413	12	9,6
Nov 7	00 02 00,5	+03 58 23	1,578	2,407	16	9,8
Nov 17	00 00 25,7	+04 00 29	1,668	2,402	19	10,0
Nov 27	00 01 44,0	+04 17 41	1,771	2,397	21	10,2
Dic 7	00 05 42,5	+04 49 28	1,884	2,393	23	10,4
Dic 17	00 12 04,6	+05 34 41	2,004	2,389	24	10,6
Dic 27	00 20 31,8	+06 31 52	2,127	2,385	24	10,7

39 LAETITIA 2023

Mar 12	17 17 40,2	-12 01 14	2,736	2,933	20	11,8
Mar 22	17 24 56,1	-11 30 30	2,591	2,924	20	11,6
Abr 1	17 30 19,4	-10 54 30	2,450	2,914	19	11,5
Abr 11	17 33 36,9	-10 14 40	2,316	2,904	18	11,3

		(coordenadas J2000 a 0 ^h de TU)				
Fecha	ascen. recta α_{2000} (^h ^m ^s)	declinación δ_{2000} ([°] ['] ["])	distancia (ua)		Ángulo de fase β (°)	mag. V
			a Tierra Δ	al Sol r		
Abr 21	17 34 36,5	-09 32 45	2,192	2,894	16	11,1
May 1	17 33 10,9	-08 51 01	2,082	2,884	14	11,0
May 11	17 29 23,2	-08 12 09	1,990	2,873	12	10,8
May 21	17 23 26,9	-07 39 04	1,919	2,863	9	10,6
May 31	17 15 51,8	-07 14 55	1,872	2,852	6	10,4
Jun 10	17 07 22,7	-07 02 14	1,851	2,841	6	10,3
Jun 20	16 58 51,3	-07 02 43	1,857	2,830	7	10,4
Jun 30	16 51 12,0	-07 16 53	1,888	2,819	10	10,5
Jul 10	16 45 09,5	-07 43 46	1,942	2,808	13	10,7
Jul 20	16 41 13,7	-08 21 37	2,016	2,796	16	10,9
Jul 30	16 39 42,1	-09 08 06	2,105	2,785	18	11,0
Ago 9	16 40 37,4	-10 00 36	2,207	2,773	20	11,2
Ago 19	16 43 54,9	-10 56 47	2,318	2,762	21	11,3
Ago 29	16 49 25,6	-11 54 24	2,434	2,750	21	11,4
Set 8	16 56 56,8	-12 51 30	2,553	2,739	22	11,5
40 HARMONIA 2023						
Ene 1	11 13 52,1	+09 35 58	1,764	2,346	22	11,4
Ene 11	11 16 40,1	+09 48 57	1,655	2,349	20	11,2
Ene 21	11 16 32,7	+10 21 15	1,558	2,352	17	11,0
Ene 31	11 13 20,8	+11 11 58	1,478	2,355	14	10,8
Feb 10	11 07 15,3	+12 17 13	1,419	2,358	10	10,5
Feb 20	10 58 48,9	+13 30 16	1,384	2,360	5	10,3
Mar 2	10 49 02,7	+14 41 53	1,376	2,362	3	10,1
Mar 12	10 39 16,6	+15 42 43	1,396	2,364	7	10,4
Mar 22	10 30 47,3	+16 26 04	1,441	2,366	11	10,6
Abr 1	10 24 36,4	+16 48 31	1,509	2,368	16	10,9
Abr 11	10 21 17,1	+16 50 05	1,595	2,369	19	11,1
Abr 21	10 20 56,4	+16 32 39	1,696	2,370	21	11,3
May 1	10 23 26,1	+15 58 37	1,807	2,371	23	11,5
May 11	10 28 26,5	+15 10 33	1,924	2,372	24	11,7
May 21	10 35 35,2	+14 10 33	2,045	2,372	25	11,9
May 31	10 44 32,1	+13 00 18	2,168	2,372	25	12,0
433 EROS 2023						
May 11	21 38 09,2	-18 35 39	1,457	1,758	35	13,8
May 21	21 50 43,0	-16 58 09	1,359	1,767	35	13,6
May 31	22 00 49,7	-15 23 56	1,260	1,774	34	13,5

(coordenadas J2000 a 0^h de TU)

Fecha	ascen. recta α_{2000} (^h ^m ^s)	declinación δ_{2000} ([°] ['] ["])	distancia (ua)		Ángulo de fase β (°)	mag. V
			a Tierra Δ	al Sol r		
Jun 10	22 08 07,4	-13 54 50	1,162	1,779	33	13,3
Jun 20	22 12 04,5	-12 33 01	1,067	1,782	30	13,0
Jun 30	22 12 04,4	-11 20 38	0,977	1,783	27	12,7
Jul 10	22 07 34,3	-10 19 29	0,898	1,782	23	12,4
Jul 20	21 58 10,3	-09 31 22	0,831	1,778	17	12,1
Jul 30	21 44 08,0	-08 56 49	0,783	1,773	11	11,7
Ago 9	21 26 43,6	-08 34 40	0,756	1,765	5	11,3
Ago 19	21 08 12,0	-08 22 29	0,752	1,756	7	11,4
Ago 29	20 51 21,5	-08 16 16	0,772	1,744	14	11,7
Set 8	20 38 26,6	-08 12 01	0,812	1,731	20	12,0
Set 18	20 30 36,7	-08 06 22	0,867	1,715	26	12,3
Set 28	20 28 05,1	-07 56 09	0,934	1,698	30	12,6
Oct 8	20 30 22,8	-07 38 58	1,008	1,678	33	12,8
Oct 18	20 36 50,1	-07 12 53	1,086	1,657	35	13,0
Oct 28	20 46 47,0	-06 36 08	1,164	1,634	37	13,2
Nov 7	20 59 35,0	-05 47 40	1,240	1,609	38	13,3

5.4. 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 2022 el número de cometas de corto periodo numerados ascendió a 443. 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 443P/PANSTARRS-Christensen y su primera aparición tuvo lugar en el año 2005.

Cometas periódicos que pasan por su perihelio

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

Cometas periódicos que pasan por su perihelio en 2023

Nombre del cometa	mes	día	distancia a		elongación (°)
			Sol (ua)	Tierra (ua)	
71P/Clark	Ene	19	1,59	2,48	20
39P/Oterma	Abr	3	5,70	6,65	17
72P/Denning-Fujikawa	Jul	22	0,78	1,11	43
2P/Encke	Oct	13	0,34	1,28	9

ua = unidad astronómica = 149 597 870 700 m

Cometas de largo periodo

Son aquellos cometas cuyo periodo de revolución alrededor del Sol es mayor que 400 años. La siguiente tabla contiene una lista de cometas de largo periodo que han resultado relevantes por su brillo u otras circunstancias. Por ejemplo, el de 1680 fue observado por Newton. Los últimos cometas incluidos en la lista tienen órbitas hiperbólicas, al ser la excentricidad de su órbita mayor que la unidad. En la tabla figuran los siguientes elementos: el periodo en años (**P**), las distancias mínima y máxima al Sol (**q** y **Q**, respectivamente) y la excentricidad e inclinación de la órbita (**e** y **i**, respectivamente). Obsérvese que la mayoría de estas órbitas están muy inclinadas respecto del plano del sistema solar y que su excentricidad es muy próxima a la unidad (**e** = 1 indica que la órbita es parabólica). El código indica el año de su aparición y su orden de aparición en tal año.

Cometas de largo periodo relevantes

Nombre	Código	P (años)	q (ua)	Q (ua)	e	i (°)
Gran cometa de 1861 (Tebbutt)	C/1861 J1	409	0,822	109	0,9851	85
Gran cometa de marzo de 1843	C/1843 D1	515	0,006	129	0,9999	144
Gran cometa de setiembre 1882	C/1882 R1	672	0,008	153	0,9999	142
Ikeya-Seki	C/1965 S1	877	0,008	183	0,9999	142
Bennett	C/1969 Y1	1680	0,538	282	0,9962	90

Cometas de largo periodo relevantes

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

75 primeros cometas de corto periodo

Nombre	P (años)	T	q (ua)	e	ω ($^{\circ}$)	Ω ($^{\circ}$)	i ($^{\circ}$)	Prim. apar.
39P/Oterma	19,5	2002,97	5,471	0,246	56,3	331,6	1,9	1943
40P/Vaisala 1	10,8	2004,06	1,796	0,633	47,2	134,7	11,5	1939
41P/Tuttle-Giacobini-Kresak	5,42	2006,45	1,048	0,660	62,2	141,1	9,2	1858
42P/Neujmin 3	10,7	2004,54	2,015	0,585	147,2	150,4	4,0	1929
43P/Wolf-Harrington	6,13	2010,50	1,358	0,595	191,5	249,9	16,0	1924
44P/Reinmuth 2	7,08	2008,14	2,107	0,428	58,1	286,6	5,9	1947
45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova	5,25	2011,74	0,530	0,825	326,2	89,0	4,3	1948
46P/Wirtanen	5,44	2008,09	1,057	0,658	356,3	82,2	11,7	1948
47P/Ashbrook-Jackson	8,34	2009,09	2,799	0,319	357,7	357,0	13,1	1948
48P/Johnson	6,94	2011,75	2,301	0,368	207,9	117,3	13,7	1949
49P/Arend-Rigaux	6,72	2011,80	1,421	0,601	332,9	118,9	19,1	1951
50P/Arend	8,27	2007,84	1,924	0,529	49,0	355,3	19,2	1951
51P/Harrington	7,13	2008,47	1,688	0,544	269,2	83,8	5,4	1953
52P/Harrington-Abell	7,54	2006,62	1,757	0,543	139,1	337,2	10,2	1955
53P/VanBiesbroeck	12,5	2003,77	2,415	0,552	134,1	149,0	6,6	1954
54P/deVico-Swift-NEAT	7,38	2009,91	2,172	0,427	1,9	358,9	6,1	1844
55P/Tempel-Tuttle	33,2	1998,16	0,976	0,906	172,5	235,3	162,5	1366
56P/Slaughter-Burnham	11,5	2005,04	2,535	0,504	44,1	346,3	8,2	1959
57P/duToit-Neujmin-Delporte	6,40	2008,99	1,725	0,500	115,3	188,8	2,8	1941
58P/Jackson-Neujmin	8,24	1995,77	1,381	0,662	200,4	160,7	13,5	1936
59P/Kearns-Kwee	9,51	2009,18	2,355	0,475	127,5	313,0	9,3	1963
60P/Tsuchinshan 2	6,78	2005,98	1,766	0,507	203,4	288,1	6,7	1965
61P/Shajn-Schaldach	7,06	2008,69	2,108	0,427	221,7	163,1	6,0	1949
62P/Tsuchinshan 1	6,63	2004,94	1,489	0,578	22,9	96,7	10,5	1965
63P/Wild 1	13,3	1999,99	1,961	0,650	168,0	358,5	19,9	1960
64P/Swift-Gehrels	9,35	2009,45	1,377	0,690	96,3	300,7	8,9	1889
65P/Gunn	6,83	2010,17	2,444	0,321	197,2	68,2	10,4	1954
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:

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

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

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

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

75 primeros cometas de corto periodo ordenados alfabéticamente

con indicación de su periodo en años

P	Nombre	P	Nombre
8,27	50P/Arend	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		

5.5. 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 cenit y las condiciones de visibilidad fuesen óptimas. En la tabla, cuando el ritmo máximo es variable de un año a otro, se indican tanto el valor habitual como los valores extremos.

Las lluvias de meteoros diurnas (como las Ariétidas y las 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		velocidad (km s ⁻¹)	ritmo cenital (h ⁻¹)	
			α	δ			
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 6

Estrellas y galaxias



Vista obtenida por el telescopio espacial James Webb de Los Pilares de la Creación.
| NASA, ESA, CSA, STScI; Joseph DePasquale (STScI), Anton M. Koekemoer (STScI),
Alyssa Pagan (STScI).

6.1. 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.

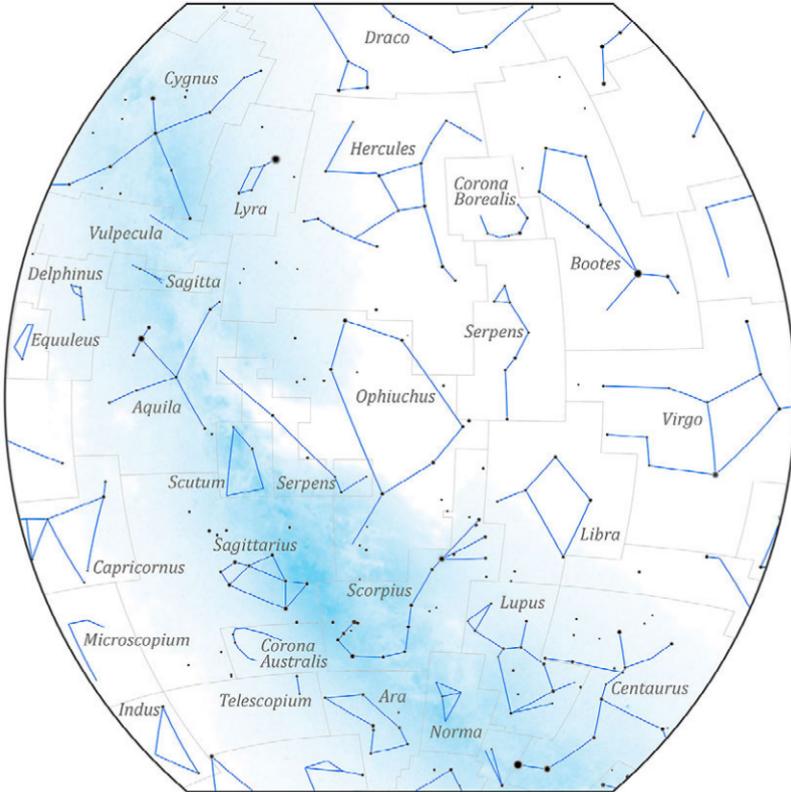
Constelaciones						
nombre latino	abr.	α (h)	δ ($^{\circ}$)	área ($^{\circ}2$)	N^*	traducción
Andromeda	And	1	40	722	100	Andrómeda
Antlia	Ant	10	-35	239	20	Máquina Neumática
Apus	Aps	16	-75	206	20	Ave del Paraíso
Aquarius	Aqr	23	-15	980	90	Acuario
Aquila	Aql	20	5	652	70	Águila
Ara	Ara	17	-55	237	30	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	Centaurio
Cepheus	Cep	22	70	588	60	Cefeo

Constelaciones

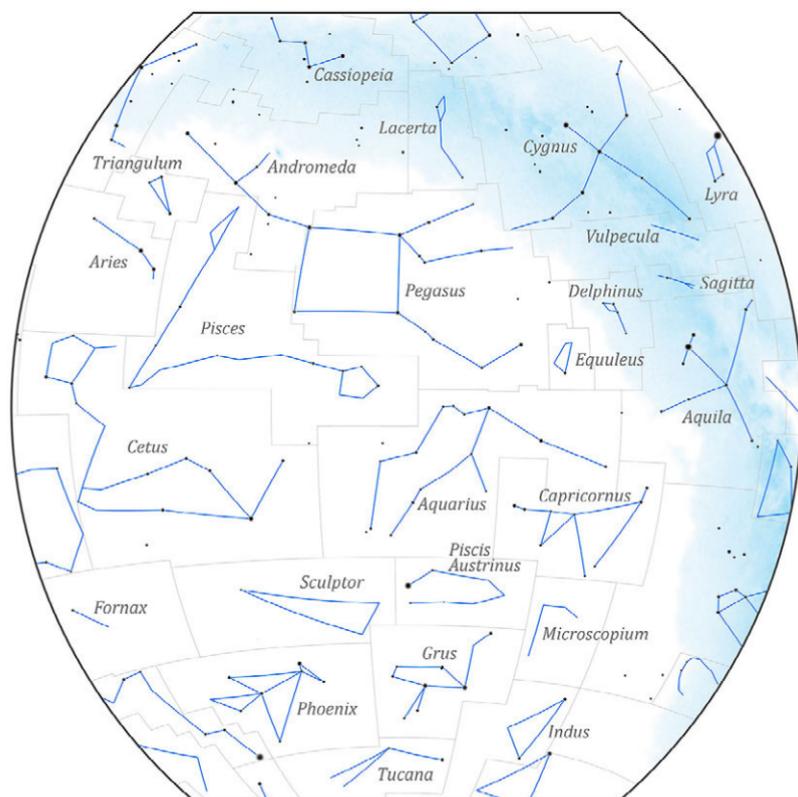
nombre latino	abr.	α (h)	δ (o)	área (o ²)	N*	traducción
Cetus	Cet	2	-10	1231	100	Ballena
Chamaeleon	Cha	11	-80	132	20	Camaleón
Circinus	Cir	15	-60	93	20	Compás
Columba	Col	6	-35	270	40	Paloma
Coma Berenices	Com	13	20	386	50	Cabellera de Berenice
Corona Australis	CrA	19	-40	128	25	Corona Austral
Corona 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

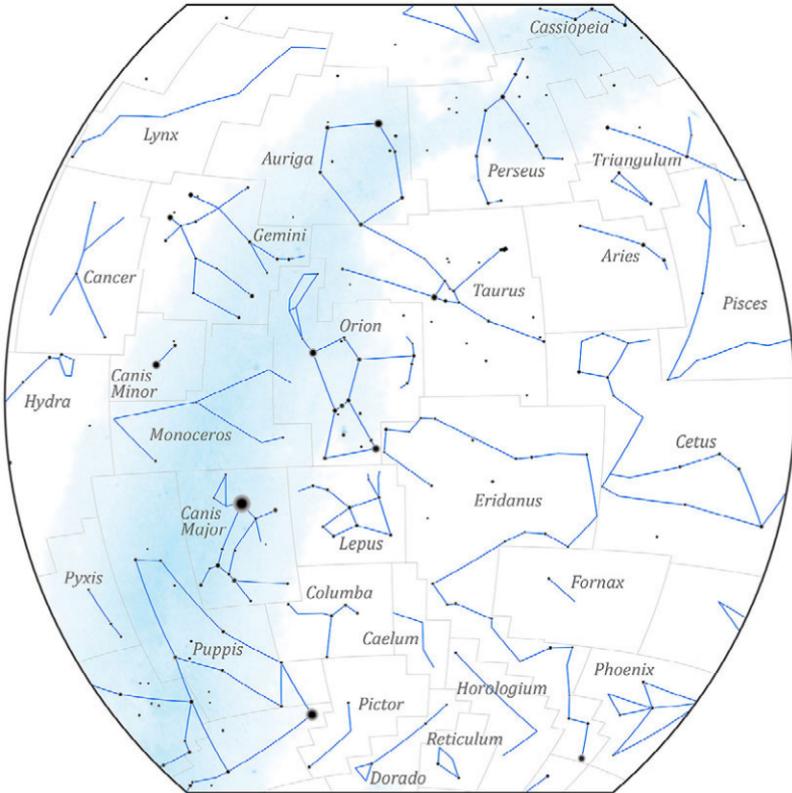
nombre latino	abr.	α (h)	δ ($^{\circ}$)	área ($^{\circ}2$)	N*	traducción
Monoceros	Mon	7	-5	482	85	Unicornio
Musca	Mus	12	-70	138	30	Mosca
Norma	Nor	16	-50	165	20	Escuadra
Octans	Oct	22	-85	291	35	Octante
Ophiuchus	Oph	17	0	948	100	Ofiuco
Orion	Ori	5	5	594	120	Orión
Pavo	Pav	20	-65	378	45	Pavo
Pegasus	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	Caballote del Pintor
Pisces	Psc	1	15	889	75	Peces
Piscis Austrinus	PsA	22	-30	245	25	Pez Austral
Puppis	Pup	8	-40	673	140	Popa
Pyxis	Pyx	9	-30	221	25	Brújula
Reticulum	Ret	4	-60	114	15	Retículo
Sagitta	Sge	20	10	80	20	Flecha
Sagittarius	Sgr	19	-25	867	115	Sagitario
Scorpius	Sco	17	-40	497	100	Escorpión
Sculptor	Scl	0	-30	475	30	[Taller del] Escultor
Scutum	Sct	19	-10	109	20	Escudo
Serpens	Ser	17	0	637	60	Serpiente
Sextans	Sex	10	0	314	25	Sextante
Taurus	Tau	4	15	797	125	Toro
Telescopium	Tel	19	-50	252	30	Telescopio
Triangulum	Tri	2	30	132	15	Triángulo
Triangulum Australe	TrA	16	-65	110	20	Triángulo Austral
Tucana	Tuc	0	-65	295	25	Tucán
Ursa Major	UMa	11	50	1280	125	Osa Mayor
Ursa Minor	UMi	15	70	256	20	Osa Menor
Vela	Vel	9	-50	500	110	Vela
Virgo	Vir	13	0	1294	95	Virgen
Volans	Vol	8	-70	141	20	Pez Volador
Vulpecula	Vul	20	25	268	45	Raposilla



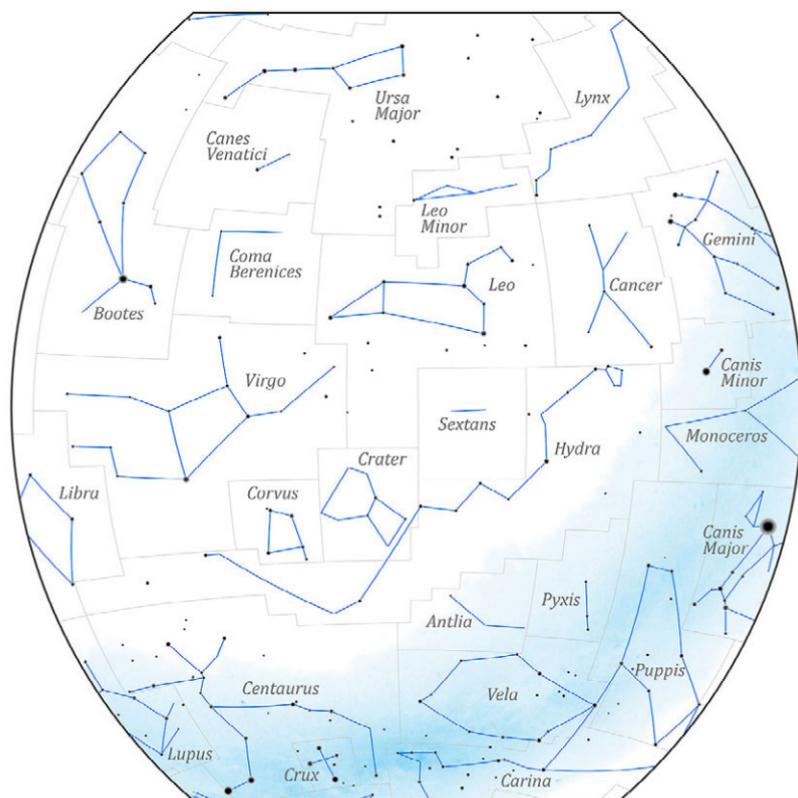
Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de -65° y $+65^\circ$, y con ascensiones rectas desde 13 a 21 horas, que corresponden a los bordes derecho e izquierdo de la figura, respectivamente.



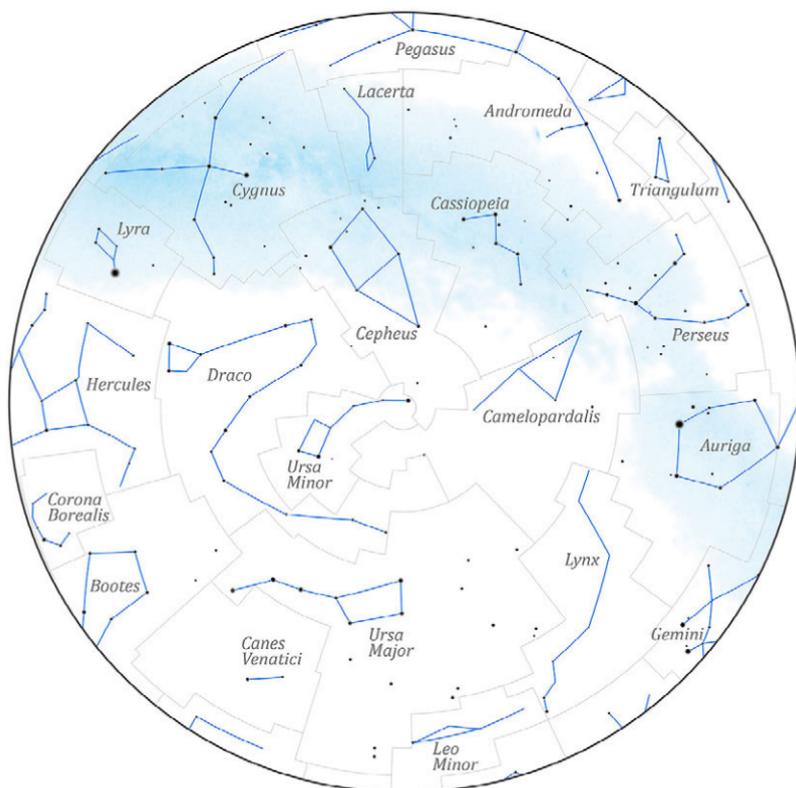
Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de -65° y $+65^{\circ}$, y con ascensiones rectas desde 19 a 3 horas, que corresponden a los bordes derecho e izquierdo de la figura, respectivamente.



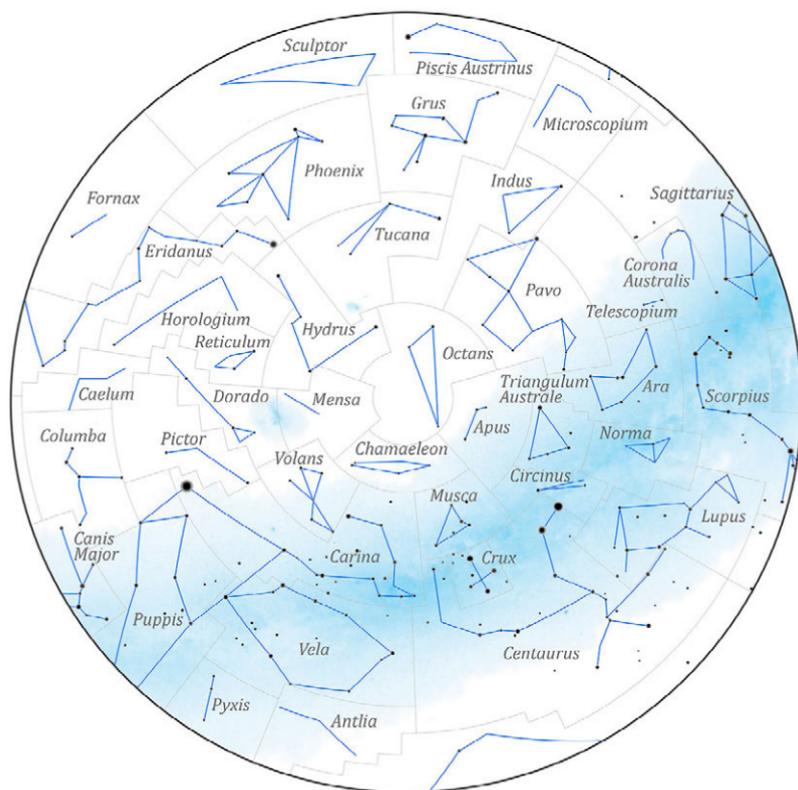
Esta proyección cubre las constelaciones que se encuentran entre las declinaciones de -65° y $+65^\circ$, y con ascensiones rectas desde 1 a 9 horas, que corresponden a los bordes derecho e izquierdo de la figura, respectivamente.



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



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



Esta proyección cubre las constelaciones con declinación inferior a -25° , que corresponde al borde externo de la figura. El origen de ascensión recta se encuentra en la parte superior de la figura.

6.2. 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, Flamsteed o un número de catálogo.

En esta tabla indicamos, para algo más de cien estrellas, la equivalencia entre el nombre propio y la estrella a que se suele referir (dada en notación de Bayer o Flamsteed), las coordenadas ecuatoriales (ascensión recta α y declinación δ) y brillo (magn. V).

Estrellas con nombre propio

nombre	en constelación (Bayer)	α_{2000}			δ_{2000}		magn. V
		^h	^m	^s	^o	[']	
Acamar	θ^1 Eridani	02	58	16	-40	18	3,24
Achernar	α Eridani	01	37	43	-57	14	0,45
Acrux	α^1 Crucis	12	26	36	-63	06	1,33
Adara	ϵ Canis Majoris	06	58	38	-28	58	1,50
AlNa'ir	α Gruis	22	08	14	-46	58	1,73
Albireo	β^1 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
Alción	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	α^2 Capricorni	20	18	03	-12	33	3,58
Algenib	γ Pegasi	00	13	14	+15	11	2,83
Algieba	γ^1 Leonis	10	19	58	+19	50	2,28

Estrellas con nombre propio

nombre	en constelación (Bayer)	α_{2000} (^h ^m ^s)	δ_{2000} ([°] ['])	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	\omicron 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
Rígil 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
Sadalsud	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} ([°] ['] ^{''})	magn. V
Alción	25 η Tauri	3 47 29	24 06 18	2,87
Estéropo	21 Tauri	3 45 54	24 33 16	5,76
Atlas	27 Tauri	3 49 10	24 03 12	3,62
Celeno	16 Tauri	3 44 48	24 17 22	5,45
Electra	17 Tauri	3 44 53	24 06 48	3,70
Maya	20 Tauri	3 45 50	24 22 04	3,87
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 *Agna*.

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, Agna θ Menkent

- Cepheus: α Alderamín β Alfirc γ Errai
- Cetus: α Menkar β Difda, Deneb Kaitos δ 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 Altai
- Eridanus: α Achernar β Cursa γ Zaurak η Azha θ^1 Acamar
- Gemini: α Cástor β Pólux γ Alhena δ Wasat ϵ Mabsuta
- 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 Anca
- 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

6.3. 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), Proci3n (α CMi) y Altair (α Aql), que se encuentra a 5,1 pc. Tambi3n 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 (ascensi3n recta α y declinaci3n δ), su brillo (magn. V), su magnitud absoluta, el tipo espectral y su distancia en parsecs.

Estrellas m3s 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 (Proci3n)	07 39,3	+05 14	0,40	2,66	F5IV-V	3,5
BD+43 ^o 44	00 18,4	+44 01	8,08	10,30	M1.3Ve	3,6
BD+59 ^o 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 ^o 15693	23 05,9	-35 51	7,35	9,53	M1.3Ve	3,7

Estrellas más cercanas

nombre	α_{2000}		δ_{2000}		magn.	magn.	tipo	dist.
	(^h	^m)	(^o	['])	V	absol.	espec.	(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

6.4. Estrellas con mayor movimiento propio

Algunas estrellas cercanas presentan un movimiento apreciable respecto del sistema de referencia que definen aquellas tan alejadas que podemos suponer “fijas” en largos intervalos de tiempo. En la tabla figuran todas las estrellas conocidas cuyo movimiento propio anual supera los 3" y cuya magnitud es $V < 10$. Como excepción, se ha incluido Próxima Centauri por tratarse de la estrella más cercana conocida.

Estrellas con mayor movimiento propio

nombre	const.	α_{2000} (^h ^m ^s)	δ_{2000} ([°] ['] ^{''})	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
σ^2 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

6.5. 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 , indicándose con un asterisco aquellas estrellas que son variables. En el caso de tratarse de una estrella doble, la letra A tras su nombre indica que se refiere a la componente más brillante, mientras que A+B indica que se refiere a la luminosidad conjunta. En la siguiente columna de la tabla figura la *magnitud absoluta*, lo que da idea del brillo intrínseco de la estrella independientemente de su cercanía o lejanía al observador. La magnitud absoluta se define como la magnitud aparente de la estrella si se encontrara a una distancia de 10 pc (32,6 años luz). Comparando las dos columnas vemos que la estrella que nos parece la más brillante (Sirio) tiene un brillo intrínseco unas 12 000 veces menor que una estrella aparentemente menos brillante, como es Deneb.

Para pasar de diferencia de magnitudes a razón de brillos se puede utilizar la tabla que figura en la página 347.

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
Rigel (β Ori)	05 14 32	-08 12	0,18 *	-6,7	B8p	237
Proción (α CMi)	07 39 18	+05 14	0,40	2,7	F5	3,5
Achernar (α Eri)	01 37 43	-57 14	0,45	-2,8	B5	44
Betelgeuse (α Ori)	05 55 10	+07 24	0,45 *	-5,1	M0	131
Hadar (β Cen)	14 03 49	-60 22	0,61 *	-5,4	B1	161
Altair (α Aql)	19 50 47	+08 52	0,76	2,2	A5	5,1
α Cru A+B	12 26 36	-63 06	0,77	-4,2	B1,B3	98
Aldebarán (α Tau)	04 35 55	+16 31	0,87 *	-0,6	K5	20
Espiga (α Vir)	13 25 12	-11 10	0,98 *	-3,5	B2	80
Antares (α Sco A+B)	16 29 24	-26 26	1,06 *	-5,3	M1,B3	185
Pólux (β Gem)	07 45 19	+28 02	1,16	1,1	K0	10
Fomalhaut (α PsA)	22 57 39	-29 37	1,17	1,7	A3	7,7
Deneb (α Cyg)	20 41 26	+45 17	1,25 *	-8,7	A2p	990
Mimosa (β Cru)	12 47 43	-59 41	1,25 *	-3,9	B1	108

La siguiente tabla contiene las 172 estrellas conocidas más brillantes que $V = 3$, extraídas del Catálogo de Estrellas Hipparcos, ordenadas por ascensión recta creciente. En la primera columna figura el nombre según Bayer seguido de la abreviatura del nombre de la constelación. A continuación figuran las coordenadas ecuatoriales (ascensión recta y declinación) para la época J2000, seguidos de los movimientos propios expresados en segundos de arco por milenio. El movimiento propio en ascensión recta viene multiplicado por el coseno de la declinación pues ello facilita el cálculo riguroso; el producto ($\mu_{\alpha} \cos \delta$) da la corrección en arco de cielo y no en la coordenada.

En primera aproximación, la corrección por movimiento propio viene dada por

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

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

siendo $t = (\text{día juliano} - 2\,451\,545)/365\,250$.

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, extraído del catálogo FK5, se halla en la última columna.

Estrellas brillantes

nombre	α_{2000}			δ_{2000}			$\mu_{\alpha} \cos \delta, \mu_{\delta}$		π	V	$B-V$	tipo esp.
	(^h)	(^m)	(^s)	([°])	(['])	(["])	(["] /milenio)	(["])	(["])			
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
γ^1 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
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

Estrellas brillantes

nombre	α_{2000} (^h ^m ^s)	δ_{2000} (^o ['] ["])	$\mu_{\alpha} \cos \delta, \mu_{\delta}$ ("/milenio)	π (")	V	B-V	tipo esp.
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
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

Estrellas brillantes

nombre	α_{2000}			δ_{2000}			$\mu_{\alpha} \cos \delta, \mu_{\delta}$ (""/milenio)	π (")	V	B-V	tipo esp.
	(^h ^m ^s)	(^o ' ")	(^o ' ")								
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				
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				

Estrellas brillantes

nombre	α_{2000} (^h ^m ^s)	δ_{2000} (^o ['] ["])	$\mu_{\alpha} \cos \delta$, μ_{δ} ("/milenio)	π (")	V	B-V	tipo esp.
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
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

Estrellas brillantes

nombre	α_{2000}			δ_{2000}			$\mu_{\alpha} \cos \delta$	μ_{δ}	π	V	B-V	tipo esp.
	(^h	^m	^s)	(^o	[']	["])	(""/milenio)	("")	("")			
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

6.6. 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 -48° . 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)	([°])	(['])		prim.	sec.		
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.					
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)	([°])	(['])		prim.	sec.		
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
σ Cyg	20	13,6	46	44	AC	3,93	6,97	108,6	173
σ 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

6.7. 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.

Variabes 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 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 distinguen tres tipos de estrellas variables eclipsantes: Algol, β Lyrae y W Ursae Majoris.

Variables emisoras de rayos X

Están constituidas por estrellas variables con intensa emisión de rayos X no incluidas en los tipos anteriores. En general se trata de sistemas binarios en los que una estrella, que es muy compacta (una enana blanca o incluso un agujero negro), atrapa el material que la estrella compañera pierde. En su caída sobre la estrella compacta, este material emite rayos X. Los que son capturados por la otra estrella dan lugar a la emisión de radiación de muy alta temperatura de forma más o menos episódica. Entre las variables de rayos X se encuentra Vela X-1, cuya contrapartida óptica es HD 77581.

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

Efemérides β Lyrae, β Persei y estrellas Mira

La observación de estrellas variables se puede iniciar con las más brillantes de los distintos tipos. Entre las de corto periodo: Algol (β Per), β Lyr y RR Lyr. Los instantes de mínimo de las variables eclipsantes prototipo β Lyr y β Per pueden encontrarse en las siguientes tablas.

Mínimos de β Lyrae (Sheliak) en 2023

fecha y hora	fecha y hora	fecha y hora	fecha y hora
Ene 7 06 ^h 19 ^m	Abr 7 20 ^h 35 ^m	Jul 7 10 ^h 52 ^m	Oct 6 01 ^h 08 ^m
Ene 20 04 ^h 56 ^m	Abr 20 19 ^h 12 ^m	Jul 20 09 ^h 28 ^m	Oct 18 23 ^h 45 ^m
Feb 2 03 ^h 32 ^m	May 3 17 ^h 49 ^m	Ago 2 08 ^h 05 ^m	Oct 31 22 ^h 21 ^m
Feb 15 02 ^h 09 ^m	May 16 16 ^h 25 ^m	Ago 15 06 ^h 42 ^m	Nov 13 20 ^h 58 ^m
Feb 28 00 ^h 45 ^m	May 29 15 ^h 02 ^m	Ago 28 05 ^h 18 ^m	Nov 26 19 ^h 35 ^m
Mar 12 23 ^h 22 ^m	Jun 11 13 ^h 38 ^m	Set 10 03 ^h 55 ^m	Dic 9 18 ^h 11 ^m
Mar 25 21 ^h 59 ^m	Jun 24 12 ^h 15 ^m	Set 23 02 ^h 31 ^m	Dic 22 16 ^h 48 ^m

Mínimos de β Persei (Algol) en 2023

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

Entre las de largo periodo se puede empezar por algunas de las estrellas Mira más brillantes, como son Mira (α 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}		δ_{2000}		magnitud		periodo (días)	fecha del máximo
	(^h ^m)	([°] ['])	máx.	mín.				
V Mon	06 23	-02 12	6,0	13,7	333	Ene 02		
R Hya	13 30	-23 17	3,0	11,0	389	Ene 02		
V Oph	16 27	-12 26	7,3	11,6	297	Ene 05		
T Her	18 09	+31 01	6,8	13,9	165	Ene 12		
R Boo	14 37	+26 44	6,2	12,1	223	Ene 15		
U Her	16 26	+18 54	6,5	13,4	406	Ene 19		
SS Vir	12 25	+00 48	6,0	9,6	354	Ene 25		
T UMa	12 36	+59 29	6,6	13,4	256	Ene 27		
U Cet	02 34	-13 09	6,8	13,4	234	Feb 01		
RT Cyg	19 44	+48 47	6,4	12,7	190	Feb 12		
R Vir	12 38	+06 59	6,0	12,1	145	Feb 26		
R Cas	23 58	+51 24	4,7	13,5	430	Mar 01		
R Cyg	19 37	+50 12	6,1	14,2	426	Mar 01		
R Sgr	19 17	-19 18	6,7	12,8	268	Mar 01		
R Gem	07 07	+22 42	6,0	14,0	369	Mar 19		
S UMa	12 44	+61 06	7,0	12,4	226	Mar 19		
R Aur	05 17	+53 35	6,7	13,9	457	Mar 23		
R UMa	10 45	+68 47	6,7	13,4	301	Mar 29		
R Aql	19 06	+08 14	5,5	12,0	284	Abr 01		
R Lep	05 00	-14 48	5,5	11,7	432	Abr 17		
S Her	16 52	+14 56	6,4	13,8	307	Abr 24		
R Ser	15 51	+15 08	5,2	14,4	356	May 01		
T Cas	00 23	+55 48	6,9	13,0	444	May 05		
R Vul	21 04	+23 49	7,0	14,3	136	May 07		
R Dra	16 33	+66 45	6,7	13,0	245	May 08		
R Leo	09 48	+11 26	4,4	11,3	312	May 12		
χ Cyg	19 51	+32 55	3,3	14,2	406	May 23		
U Ori	05 56	+20 10	4,8	12,6	372	May 27		
R LMi	09 46	+34 31	6,3	13,2	371	Jun 04		
T Hya	08 56	-09 08	6,7	13,2	289	Jun 21		
R Tri	02 37	+34 16	5,4	12,6	266	Jun 21		
o Cet	02 19	-02 59	2,0	10,0	331	Jun 27		
S Vir	13 33	-07 12	6,3	13,2	377	Jun 29		
R Cnc	08 17	+11 44	6,1	11,8	361	Jul 03		
R Peg	23 07	+10 33	6,9	13,8	378	Jul 13		
S CrB	15 21	+31 22	5,8	14,1	360	Jul 23		
V Cas	23 12	+59 42	6,9	13,4	228	Ago 12		
V CrB	15 50	+39 34	6,9	12,6	357	Set 01		
X Oph	18 38	+08 50	5,9	9,2	334	Set 04		
S CMi	07 33	+08 19	6,6	13,2	332	Set 15		
R Aqr	23 44	-15 17	5,8	12,4	386	Set 25		
T Cep	21 10	+68 29	5,2	11,3	388	Set 29		

Estrellas variables de otros tipos

nombre	α_{2000}	δ_{2000}	magnitud		periodo (días)	tipo
	(^h ^m)	(^o ['])	máx.	mín.		
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}		δ_{2000}		magnitud		periodo (días)	tipo
	(^h ^m)	(^o ['])	máx.	mín.				
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	

6.8. Estrella Polar

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

α UMi	
α_{2000}	$2^{\text{h}} 31^{\text{m}} 48^{\text{s}}.704$
δ_{2000}	$89^\circ 15' 50''.72$
$\mu_\alpha \cos \delta$	$0,03829''$ 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:

$$\begin{aligned} \text{tiempo sidéreo local} &= \text{tiempo sidéreo en Greenwich a } 0^{\text{h}} \text{ TU} \\ & \quad (\text{ver } \textit{Tablas de tiempos} \text{ en la página 104}) \\ & \quad + 1,0027379 * \text{Tiempo Universal} \\ & \quad + \text{longitud } \lambda \text{ del lugar (positiva al Este)} \end{aligned}$$

ángulo horario de la Polar:

$$H = \text{tiempo sidéreo local} - \text{asc. recta de la Polar } (\alpha)$$

distancia polar de la Polar: p

(ver tabla de *posición aparente de la Polar* en la página 316)

$$\text{declinación de la Polar: } \delta = 90^\circ - p$$

El instante de culminación superior de la Polar por el meridiano de Greenwich en una fecha dada puede calcularse a partir del valor de la ascensión recta 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:
$$h = \phi + p \cos H - 0,00873 (p \sen H)^2 \tan \phi$$

acimut:
$$a = - p \sen H / \cos h$$

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:

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

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 predcimos mediante la fórmula dada anteriormente.

El acimut de la Polar vendrá dado por:

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

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

α UMi	
α_{2000}	$2^{\text{h}}31^{\text{m}}49^{\text{s}}.09456$ ICRS
δ_{2000}	$89^\circ15'50''.7923$ ICRS
$\mu_\alpha \cos \delta$	$0,04448''$ por año
μ_δ	$-0,01185''$ por año
Velocidad radial	$-17,4 \text{ km s}^{-1}$
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	$\sim 4,5 M_\odot$
	α UMi, SAO 308
Nombres alternativos	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: $p = 90^\circ - \delta$, 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 2023
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 ^h 01 ^m	38'	3 ^h 00 ^m	38'	2 ^h 59 ^m	38'	2 ^h 59 ^m	38'	2 ^h 59 ^m	38'	2 ^h 59 ^m	38'
1	51 ^s 86	5 ^o 9	59 ^s 75	1 ^o 0	66 ^s 74	1 ^o 9	22 ^s 54	7 ^o 9	8 ^s 23	16 ^o 6	27 ^s 29	25 ^o 4
2	50 ^s 66	5 ^o 7	57 ^s 97	1 ^o 0	65 ^s 06	2 ^o 0	21 ^s 32	8 ^o 1	8 ^s 11	16 ^o 9	28 ^s 63	25 ^o 6
3	49 ^s 48	5 ^o 5	56 ^s 09	0 ^o 9	63 ^s 29	2 ^o 1	20 ^s 11	8 ^o 4	8 ^s 11	17 ^o 2	30 ^s 11	25 ^o 9
4	48 ^s 27	5 ^o 3	54 ^s 10	0 ^o 8	61 ^s 44	2 ^o 2	18 ^s 95	8 ^o 7	8 ^s 27	17 ^o 6	31 ^s 66	26 ^o 1
5	46 ^s 98	5 ^o 0	52 ^s 01	0 ^o 7	59 ^s 51	2 ^o 3	17 ^s 88	9 ^o 0	8 ^s 61	17 ^o 9	33 ^s 21	26 ^o 3
6	45 ^s 60	4 ^o 8	49 ^s 84	0 ^o 7	57 ^s 55	2 ^o 4	16 ^s 95	9 ^o 3	9 ^s 11	18 ^o 3	34 ^s 65	26 ^o 5
7	44 ^s 08	4 ^o 5	47 ^s 62	0 ^o 7	55 ^s 60	2 ^o 6	16 ^s 20	9 ^o 6	9 ^s 73	18 ^o 6	35 ^s 95	26 ^o 7
8	42 ^s 44	4 ^o 3	45 ^s 41	0 ^o 6	53 ^s 70	2 ^o 7	15 ^s 61	10 ^o 0	10 ^s 40	18 ^o 9	37 ^s 10	26 ^o 8
9	40 ^s 68	4 ^o 0	43 ^s 24	0 ^o 7	51 ^s 90	2 ^o 9	15 ^s 16	10 ^o 3	11 ^s 02	19 ^o 1	38 ^s 15	27 ^o 0
10	38 ^s 83	3 ^o 8	41 ^s 16	0 ^o 7	50 ^s 23	3 ^o 2	14 ^s 80	10 ^o 5	11 ^s 54	19 ^o 3	39 ^s 17	27 ^o 2
11	36 ^s 94	3 ^o 6	39 ^s 20	0 ^o 7	48 ^s 72	3 ^o 4	14 ^s 45	10 ^o 8	11 ^s 92	19 ^o 6	40 ^s 25	27 ^o 4
12	35 ^s 03	3 ^o 4	37 ^s 38	0 ^o 8	47 ^s 36	3 ^o 6	14 ^s 05	11 ^o 0	12 ^s 18	19 ^o 8	41 ^s 45	27 ^o 7
13	33 ^s 17	3 ^o 3	35 ^s 69	0 ^o 8	46 ^s 11	3 ^o 8	13 ^s 54	11 ^o 3	12 ^s 37	20 ^o 1	42 ^s 82	27 ^o 9
14	31 ^s 38	3 ^o 2	34 ^s 08	0 ^o 9	44 ^s 93	4 ^o 0	12 ^s 89	11 ^o 5	12 ^s 57	20 ^o 4	44 ^s 36	28 ^o 1
15	29 ^s 71	3 ^o 0	32 ^s 50	0 ^o 9	43 ^s 73	4 ^o 1	12 ^s 14	11 ^o 8	12 ^s 86	20 ^o 7	46 ^s 04	28 ^o 4
16	28 ^s 17	2 ^o 9	30 ^s 87	0 ^o 9	42 ^s 45	4 ^o 3	11 ^s 33	12 ^o 0	13 ^s 30	21 ^o 0	47 ^s 81	28 ^o 6
17	26 ^s 73	2 ^o 8	29 ^s 10	0 ^o 9	41 ^s 03	4 ^o 4	10 ^s 56	12 ^o 3	13 ^s 93	21 ^o 3	49 ^s 61	28 ^o 8
18	25 ^s 35	2 ^o 6	27 ^s 14	0 ^o 8	39 ^s 46	4 ^o 6	9 ^s 91	12 ^o 7	14 ^s 73	21 ^o 7	51 ^s 40	29 ^o 0
19	23 ^s 93	2 ^o 4	25 ^s 02	0 ^o 8	37 ^s 78	4 ^o 7	9 ^s 44	13 ^o 0	15 ^s 67	22 ^o 0	53 ^s 12	29 ^o 1
20	22 ^s 39	2 ^o 2	22 ^s 79	0 ^o 9	36 ^s 07	4 ^o 9	9 ^s 17	13 ^o 3	16 ^s 70	22 ^o 3	54 ^s 76	29 ^o 2
21	20 ^s 65	2 ^o 0	20 ^s 56	0 ^o 9	34 ^s 43	5 ^o 2	9 ^s 07	13 ^o 7	17 ^s 74	22 ^o 5	56 ^s 30	29 ^o 4
22	18 ^s 68	1 ^o 8	18 ^s 44	1 ^o 0	32 ^s 94	5 ^o 4	9 ^s 08	14 ^o 0	18 ^s 76	22 ^o 8	57 ^s 77	29 ^o 5
23	16 ^s 56	1 ^o 7	16 ^s 47	1 ^o 2	31 ^s 64	5 ^o 7	9 ^s 16	14 ^o 3	19 ^s 70	23 ^o 0	59 ^s 19	29 ^o 6
24	14 ^s 37	1 ^o 5	14 ^s 67	1 ^o 3	30 ^s 52	6 ^o 0	9 ^s 23	14 ^o 6	20 ^s 57	23 ^o 3	60 ^s 59	29 ^o 8
25	12 ^s 22	1 ^o 4	13 ^s 01	1 ^o 4	29 ^s 54	6 ^o 3	9 ^s 26	14 ^o 9	21 ^s 36	23 ^o 5	62 ^s 01	29 ^o 9
26	10 ^s 16	1 ^o 4	11 ^s 44	1 ^o 6	28 ^s 64	6 ^o 5	9 ^s 21	15 ^o 2	22 ^s 09	23 ^o 7	63 ^s 51	30 ^o 1
27	8 ^s 25	1 ^o 3	9 ^s 90	1 ^o 7	27 ^s 76	6 ^o 8	9 ^s 09	15 ^o 4	22 ^s 79	24 ^o 0	65 ^s 11	30 ^o 3
28	6 ^s 45	1 ^o 3	8 ^s 35	1 ^o 8	26 ^s 85	7 ^o 0	8 ^s 91	15 ^o 7	23 ^s 50	24 ^o 2	66 ^s 86	30 ^o 5
29	4 ^s 75	1 ^o 2			25 ^s 89	7 ^o 2	8 ^s 68	16 ^o 0	24 ^s 26	24 ^o 5	68 ^s 76	30 ^o 6
30	3 ^s 10	1 ^o 2			24 ^s 84	7 ^o 4	8 ^s 44	16 ^o 3	25 ^s 12	24 ^o 8	70 ^s 80	30 ^o 8
31	1 ^s 45	1 ^o 1			23 ^s 72	7 ^o 7			26 ^s 13	25 ^o 1		

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^o1 (3 m), siendo el error máximo posible menor de 0^o4 (12 m).

**Posición aparente de la Polar en 2023
en su culminación superior en Greenwich**

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

El día 7 de noviembre la Polar culmina dos veces en Greenwich, siendo las coordenadas en su segundo paso: $\alpha = 3^{\text{h}}3^{\text{m}}51^{\text{s}}22$ y $p = 38^{\circ}7'18$.

6.9. La Vía Láctea

Características de la Vía Láctea

Unidades:

1 M_{\odot}	$1,989 \cdot 10^{30}$ kg
1 L_{\odot}	$3,826 \cdot 10^{26}$ W
1 pc	$3,0857 \cdot 10^{16}$ m
1 kpc	$3,0857 \cdot 10^{19}$ m

Características globales de la galaxia:

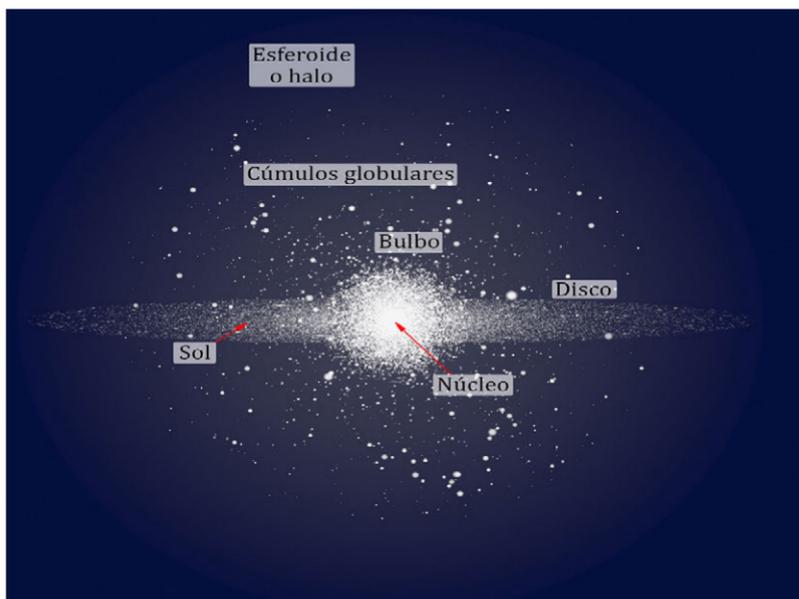
tipo morfológico	SBbc
masa incluyendo el halo invisible	$\sim 10^{12} M_{\odot}$
masa excluyendo el halo invisible	$\sim 10^{11} M_{\odot}$
diámetro del halo gaseoso	100 kpc
dirección del polo norte galáctico	$\alpha = 12^{\text{h}}51^{\text{m}}26^{\text{s}}$, $\delta = +27^{\circ}07'42''$
velocidad respecto del fondo de microondas	$\sim 600 \text{ km s}^{-1}$
luminosidad en banda V	$1,4 \cdot 10^{10} L_{\odot}$
luminosidad en banda B	$2,3 \cdot 10^{10} L_{\odot}$
luminosidad infrarroja (4 – 100 μm)	$1,2 \cdot 10^{10} L_{\odot}$
luminosidad bolométrica	$3,6 \cdot 10^{10} L_{\odot}$
magnitud absoluta	-20,9
módulo de distancia	14,51
número de estrellas	$> 2 \cdot 10^{11}$
Núcleo:	
masa interior a 1 pc (3,26 años luz)	$3 \cdot 10^6 M_{\odot}$
Bulbo:	
masa	$10^{10} M_{\odot}$
diámetro	2 kpc
luminosidad en banda B	$0,2 \cdot 10^{10} L_{\odot}$
Disco:	
masa	$6 \cdot 10^{10} M_{\odot}$
diámetro	23–30 kpc
longitud de escala	3,5 kpc
luminosidad en banda V	$1,2 \cdot 10^{10} L_{\odot}$
ritmo de formación de estrellas	$\sim 3 M_{\odot}$ por año
masa de gas molecular	$2,5 \cdot 10^9 M_{\odot}$
masa de gas atómico	$3,0 \cdot 10^9 M_{\odot}$
periodo de rotación de la espiral	$\sim 50 \cdot 10^6$ años
periodo de rotación de la barra	$\sim 17 \cdot 10^6$ años

Esferoide o halo:

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

Características de la galaxia en las proximidades del Sol:

velocidad de traslación	220 km s^{-1}
tiempo necesario para dar una vuelta	240 millones de años
dirección del centro galáctico (J2000)	$\alpha=17^{\text{h}}45^{\text{m}}37^{\text{s}}, \delta=-28^{\circ}56'10''$
distancia del Sol al centro galáctico	8,5 kpc
distancia del Sol al plano galáctico	8-14 pc
periodo vertical	62 millones de años
densidad de materia estelar	$0,044 M_{\odot} \text{ pc}^{-3}$
densidad total de materia	$0,15-0,18 M_{\odot} \text{ pc}^{-3}$
brillo superficial	$15 L_{\odot} \text{ pc}^{-1}$
metalicidad, Z	0,02
velocidad de escape	$\sim 550 \text{ km s}^{-1}$



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

Cúmulos estelares

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

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

Propiedades medias de los cúmulos estelares

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

Cúmulos globulares

M	NGC	const.	α_{2000} (^h ^m)	δ_{2000} ([°] ['])	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}		δ_{2000}		magn. tamaño		comentarios
		(^h)	(^m)	(^o)	(['])	V_{total}	(['])	
	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	<i>El Trapecio</i> , 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. <i>Roseta</i> , 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, <i>El Joyero</i>
	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 Ophiuchus
25	IC4725	18	31,7	-19	15	4,6	32	cefeida U Sgr
	IC4756	18	39,3	+05	27	4,6	50	en Serpens
11	6705	18	51,1	-06	17	5,8	13	muy rico, en Scutum
	Steph 1	18	53,5	+36	55	3,8	20	en Lyra
	Col 399	19	25,4	+20	11	3,6	60	en Vulpecula
	6819	19	41,3	+40	11	7,3	5	en Cygnus
	IC1396	21	38,9	+57	30	3,5	50	en Cepheus

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

Nebulosas

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

En el medio interestelar destacan una serie de objetos, que se distinguen por representar diversas fases del intercambio de materia y energía que tiene lugar entre las estrellas y el medio circundante. Las estrellas nacen en nubes moleculares, objetos densos y fríos. Las estrellas de mayor masa producen nebulosas difusas, brillantes en óptico y en el continuo radio. Dependiendo del tipo de estrella de que se trate y de la etapa de su vida (inicial, final) puede dar lugar a varios tipos de nebulosas: nebulosas de 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, 2° 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 2,5° de ζ Ori, hacia Betelgeuse
	7023	en Cepheus	21 01	68 10	6° al NNO de α Cep
	7129	en Cepheus	21 41	66 06	4° 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 $H\alpha$ que domina la emisión en este rango. Además de otras líneas de recombinación del hidrógeno, se detectan líneas de emisión prohibidas de especies ionizadas, emisión de radio continuo del plasma de electrones y emisión de continuo en el infrarrojo debida a los granos de polvo calentados por la radiación ultravioleta de la estrella.

Nebulosas 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 <i>Trapezio</i>
	IC434		5 41	-2 24	débil neb., se extiende 1° al sur de θ Ori, incluye peq. neb. oscura de Cabeza de Caballo
	2237-9/46	<i>Roseta</i>	6 32	4 52	en Monoceros, débil pero extensa (use pocos aumentos)
20	6514	<i>Trífida</i>	18 03	-23 02	a $1,5^\circ$ de la nebulosa <i>Laguna</i> , pueden usarse bastantes aumentos
8	6523	<i>Laguna</i>	18 04	-24 23	visible con pequeños telescopios, cúm. ab. NGC 6530 al este
17	6618	<i>Omega</i>	18 21	-16 11	parcialmente visible con buenos prismáticos, úsense pocos aumentos
16	6611	<i>Águila</i>	18 19	-13 47	a unos 2° 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} ([°] ['])	situación, tamaño y magnitud visual total
76	650-1		1 42	51 34	en Perseus, 1,1', muy débil
	2392	<i>Cara de Payaso</i>	7 29	20 54	2° al E de δ Gem, 0,3', V=8,3
97	3587	<i>Buho, Esquimal</i>	11 15	55 01	2° al E de β UMa, 3,3', débil
	6543	<i>Ojos de Gato</i>	17 59	66 37	5° al E de δ Dra, 0,3', V=8,8
57	6720	<i>Anillo</i>	18 54	33 02	entre β y γ Lyra, 1,2', V=9,0
27	6853	<i>Pesas (Dumbbell)</i>	19 59	22 43	en Vulpecula, ~7', V=7,6, la mejor
	7009	<i>Saturno</i>	21 04	-11 23	en Aquarius, oval ~0,5', V=8,3
	7027		21 07	42 14	en Cygnus, 9° al SE de neb. Norteamérica, 0,2', débil
	7293	<i>Hélice</i>	22 30	-20 48	en Aquarius, entre 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} ([°] ['])	comentario
1952(M1)	neb. <i>Cangrejo</i> , 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 <i>Velo</i> , 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 nebulas moleculares. Estas son agregados más o menos amorfos (como lo son las nebulas 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 $10^6 M_{\odot}$, 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 ($\sim 10^4 M_{\odot}$) 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} ([°] ['])	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} ([°] ['])	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

6.10. 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 *super-cúmulos*. Se observa mediante la detección de la radiación electromagnética (luz visible, ondas de radio, etc) que los astros y la materia interestelar e intergaláctica emiten, absorben o dispersan. Las discrepancias encontradas a lo largo del siglo pasado entre la cantidad de materia medida de este modo (materia “luminosa”) y la deducida por los efectos gravitatorios a gran escala ha llevado a postular la existencia de una *materia oscura* adicional de naturaleza aún desconocida. El descubrimiento a finales del siglo XX de aceleración en la *expansión del universo* se trata de explicar mediante la presencia de una hipotética forma de energía, llamada *energía oscura*, que actuaría como una fuerza repulsiva. Su naturaleza es tema de especulación.

En la década de 1920 se demostró que objetos denominados comúnmente nebulosas, entre ellas la de Andrómeda, eran realmente galaxias independientes de la Vía Láctea. Denominamos *galaxia* a un gran conjunto de estrellas (más de diez millones) y materia interestelar (nubes de gas y polvo), además de otros cuerpos menores (restos de estrellas, planetas), unido gravitatoriamente y percibido como una entidad separada, aunque no siempre independiente, en el espacio. Su centro de masas o *núcleo galáctico* es una región pequeña y compacta que contiene una gran densidad de estrellas y otros objetos. En ocasiones en él se encuentra un agujero negro supermasivo (con una masa entre 10^6 y $10^{10} M_{\odot}$), pudiendo emitir una parte considerable de la energía total de la galaxia. En tal caso se habla de un *núcleo activo*, que puede manifestarse en ondas de radio (radiogalaxia) o en todo el espectro electromagnético (cuásar, blazar, galaxia de Seyfert). Se llama *galaxia activa* a aquella que contiene un núcleo activo.

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

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

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	sufixo 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 Upsala (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} ([°] ['])	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} ([°] ['])	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}		δ_{2000}	
		(^h)	(^m)	([°])	(['])
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}		δ_{2000}	
		(^h ^m)	(^o ['])	(^o ['])	(^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}		δ_{2000}	
		(^h)	(^m)	([°])	(['])
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
Reticulo, Enana del	Sersic 040.03	04	36,2	-58	50
Rueda de Carro	Rueda de Zwicky	00	37,4	-33	44
Sagitario, Enana de		19	30,0	-17	41
Serpens, Enana de	Palomar 5	15	16,1	-00	08
Sextante A		10	11,0	-04	41
Sextante B		10	00,0	05	19
Sextante C		10	05,6	00	04
Seyfert, Sexteto de	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} ([°] ['])	mag. B _r	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	8x4	SabII	7
4945	13 05 26	-49 28,0	9,6	12x2	Sc	7
5055, M63	13 15 50	42 01,7	9,3	8x3	SbcII-III	11
5128, CenA	13 25 29	-43 01,0	7,9	10x3	S0(p)	6,9
5194, M51	13 29 53	47 11,9	8,6	12x6	SbcI-II	11
5236, M83	13 37 00	-29 52,0	8,5	10x8	SBcII	6,9
5457, M101	14 03 13	54 21,0	8,2	22x22	ScI	7,6
6744	19 09 46	-63 51,3	9,2	9x9	SBcII	13
6822	19 44 57	-14 47,7	9,3	16x14	IB(s)m	0,6
6946	20 34 51	60 09,4	9,7	13x9	ScII	6,7
7793	23 57 49	-32 35,4	9,6	6x4	SdIV	4,2

1 Mpc = 10^6 pc = $3,26 \cdot 10^6$ años luz = $3,0857 \cdot 10^{19}$ km = $3,0857 \cdot 10^{22}$ m

Cuásares y otros objetos lejanos

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 ^h 30,8 ^m	12° 23'	asociada a la galaxia M87, la más brillante del cúmulo de Virgo, fue la primera radiofuente extragaláctica identificada.
Cygnus A	19 ^h 59,5 ^m	40° 44'	es la más intensa, considerada como prototipo.
3C236	10 ^h 06,0 ^m	34° 54'	la más extensa, con casi 5 Mpc de longitud.
Cent A	13 ^h 25,4 ^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 ^h 37,7 ^m	33°10'	históricamente ligado al descubrimiento de los cuásares.
3C273	12 ^h 29,1 ^m	2°03'	el más intenso en radio, históricamente ligado al descubrimiento de los cuásares.
0957+561	10 ^h 01,3 ^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 ^h 56,2 ^m	56°52'	una de las más luminosas en IR.
Arp 220	15 ^h 34,9 ^m	23°30'	prototipo de galaxia IR ultraluminosa.
NGC 6240	16 ^h 53,0 ^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 $10^{15} M_{\odot}$) 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:

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

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} ([°] ['])	diámetro ([°])	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
	Eridano	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 ricocúmulo 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 $68 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ cuando la distancia se expresa en megaparsecs y la velocidad V en km s^{-1} .

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

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

La distancia medida con una unidad que se expande con el universo se denomina *comóvil* y se representa mediante D_C o χ . En un universo plano se relaciona con las distancias anteriores según:

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

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

nombre (comentario)	distancia (Mpc)			z
	angular	comóvil	luminosa	
Nube Grande de Magallanes (<i>g. irregular, satélite de la Vía Láctea</i>)	0,048	=	=	
Galaxia de Andrómeda (<i>g. espiral más próxima a la Vía Láctea</i>)	0,78	=	=	
Borde del Grupo Local	~1,5	=	=	
Centauro A (<i>NGC 5128, radiogalaxia muy cercana</i>)	~ 4	=	=	
Galaxia de los Perros de Caza, M51 (<i>g. espiral, interacciona con NGC 5195</i>)	~ 7	=	=	
Cúmulo de Virgo (la Virgen) (<i>cúmulo de galaxias más cercano</i>)	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 (<i>cuásar muy intenso en radio</i>)	1080	1480	2020	0,367
J0313-1806 (<i>el cuásar más lejano conocido</i>)	1045	9030	78000	7,64
GN-z11 (<i>la galaxia más lejana conocida</i>)	818	9870	119500	11,09

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

Los objetos más lejanos

En julio de 2022 el programa de observación de imágenes CEERS utilizando la Cámara de Infrarrojo Cercano del Telescopio Espacial James Webb descubrió la galaxia CEERS-93316, con un corrimiento al rojo estimado de aproximadamente $z \approx 16$, podría convertirse en el objeto más lejano descubierto, con una distancia comóvil de unos 10700 Mpc y una edad cósmica de unos 230 millones de años después del Big Bang. Otra posible candidata es la galaxia GLASS-z13, descubierta, también en julio de 2022, por el programa de observación Grism Lens-Amplified Survey from Space (GLASS) utilizando el telescopio espacial James Webb. La galaxia tiene un corrimiento al rojo estimado de aproximadamente $z \approx 13$, que corresponde con una distancia comóvil de unos 10200 Mpc y una edad cósmica de unos 330 millones de años.

Además, en abril de 2022 un equipo internacional de astrónomos publicó el descubrimiento de dos candidatos a galaxias más lejanas con un corrimiento al rojo $z \approx 13$, se trata de HD1 y HD2. El equipo 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. Para verificar las distancias se planea utilizar el telescopio espacial James Webb de la NASA.

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

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

A una distancia algo menor estaría la galaxia EGSY8p7, fue descubierta en julio del 2015 y su corrimiento al rojo ha sido determinado espectroscópicamente mediante la inesperada detección de una línea espectral del hidrógeno, Ly α , a $z = 8,863$, correspondiente a cuando el universo que conocemos tenía solo 575 millones de años. Solo dos meses antes se había publicado la detección espectroscópica de un corrimiento al rojo de 7,730 para la galaxia EGS-zs8-1, que se convirtió de manera efímera en la galaxia más lejana conocida.

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
CEERS-93316	16,7	Galaxia	Sin confirmar
HD1	13,3	Galaxia	Sin confirmar
GLASS-z13	13,1	Galaxia	Sin confirmar
GN-z11	11,09	Galaxia	Confirmada
MACS1149-JD1	9,11	Galaxia	Confirmada
EGSY8p7	8,68	Galaxia	Confirmada



CAPÍTULO 7

Datos astronómicos





Observatorio de Yebes (Guadalajara). | OAN

7.1. Magnitud de un astro

El brillo de un astro (estrella, planeta, nebulosa, etc) produce una impresión más o menos intensa, sobre un ojo o un detector, que se mide mediante la *magnitud*. Esta se relaciona con el brillo de manera logarítmica, pues aproximadamente así responde el ojo humano. Por razones históricas, la magnitud es menor a mayor brillo. El origen de la escala de magnitudes se ha fijado a partir de unas estrellas de referencia situadas en la dirección del polo norte celeste. En esta escala, la brillante estrella α Lyr (Vega) tiene una magnitud (visual) de 0,03. Astros más brillantes (como Sirio, el Sol, la Luna o Júpiter) tienen magnitud negativa.

Relación entre diferencia de magnitud y razón de brillo

Una diferencia de magnitud aparente entre la luminosidad de dos astros (1 y 2) o entre la magnitud de un astro variable en dos instantes distintos (1 y 2), expresa una razón entre los brillos dada por las fórmulas:

$$\frac{B_1}{B_2} = 10^{0,4(m_2 - m_1)}$$

$$m_1 - m_2 = 2,5 \log \left(\frac{B_2}{B_1} \right)$$

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

Nótese la inversión en el orden de los subíndices a un lado y otro de las fórmulas, lo que refleja el hecho que, por definición, a una mayor magnitud le corresponde un menor brillo. Una diferencia de 1 magnitud corresponde a una razón de brillos de un factor 2,512 (o su inverso, 0,398). Una diferencia de 5 magnitudes corresponde a una razón de brillos de un factor 100 (o su inverso, 0,01).

7.2. Tablas astronómicas

Equivalencias de distancias

Tabla de equivalencias para distancias en la Vía Láctea

paralaje anual	tiempo luz (años)	distancia		
		en parsecs	en ua	en km
1",0	3,26	1,00	21 10 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	en \mathcal{R}_{\oplus}	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.

Equivalencias:

1 parsec (pc)	= 3,26156378 años luz	= 206265 ua
	= 3,085678 10^{13} km	= 3,085678 10^{16} m
1 año luz	= 0,30660139 parsecs	= 63241 ua
	= 9,46073047 10^{12} km	= 9,46073047 10^{15} m
1 ua	= 4,84813681 10^{-6} pc	= 1,58125074 10^{-5} años luz
	= 1,49597871 10^8 km	= 1,49597871 10^{11} m
1 km	= 3,24077929 10^{-14} pc	= 1,05700083 10^{-13} años luz
	= 6,68458712 10^{-9} ua	

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 π 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 atómica unificada	u	1,66053892 10^{-27} kg)

Constantes electromagnéticas y radiativas

cantidad	símbolo	valor
carga elemental	e	$1,60217656 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
constante de Faraday	F	$9,6485336 \cdot 10^4 \text{ C mol}^{-1}$
constante de Stefan-Boltzmann	σ	$5,67037 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$
primera constante de radiación	$2\pi hc^2$	$3,7417715 \cdot 10^{-16} \text{ W m}^2$
segunda constante de radiación	hc/k	$1,438777 \cdot 10^{-2} \text{ m K}$

Constantes cosmológicas

cantidad	símbolo	valor
constante de Hubble	H_0	$69 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$
distancia de Hubble	c/ H_0	4400 Mpc
edad del Universo	t_0	$1,38 \cdot 10^{10}$ años
edad del desacoplamiento	t_{dec}	380000 años
densidad crítica	ρ_c	$8,6 \cdot 10^{-27} \text{ kg m}^{-3}$
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 = $3,085678 \cdot 10^{16}$ m, 1 Mpc = 10^6 pc = $3,085678 \cdot 10^{22}$ m)

Constantes astronómicas

cantidad	símbolo	valor
unidad astronómica	ua	149597870700 m
masa de la Tierra	\mathcal{M}_\oplus	$5,972410^{24} \text{ kg}$
radio ecuatorial de la Tierra	\mathcal{R}_\oplus	$6,3781366 \cdot 10^6 \text{ m}$
masa solar	\mathcal{M}_\odot	$1,988547 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
radio solar	\mathcal{R}_\odot	$6,9566 \cdot 10^8 \text{ m}$
luminosidad solar absoluta	L_\odot	$3,828 \cdot 10^{26} \text{ W}$
temperatura solar efectiva	T_\odot	5772 K
constantes gravitacionales:		
Sol	$G\mathcal{M}_\odot$	$1,3271244 \cdot 10^{20} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$
Tierra	$G\mathcal{M}_\oplus$	$3,9860044 \cdot 10^{14} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$
Luna	$G\mathcal{M}_\text{L}$	$4,9028001 \cdot 10^{12} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$
de Gauss	k	0,01720209895
razón de masa lunar a terrestre	μ_L	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 $6,62606957 \cdot 10^{-34}$, con una incertidumbre de $0,00000029 \cdot 10^{-34}$, el valor que figurará en la tabla será $6,6260696 \cdot 10^{-34}$, siendo incierta la última cifra dada.

Factores de conversión de interés práctico

1 año luz	= 0,9461 10^{16} m $\approx 10^{16}$ m $\approx 0,3$ pc (parsec)
1 día luz	= 173,145 ua
1 hora luz	$\approx 7,21$ ua
c	= 300 MHz m = 300 GHz mm = 300 THz μ m
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}
M_{\odot}/L_{\odot}	$\approx 0,52$ s3 cm^{-2} (unidades cgs)
	≈ 5200 kg W^{-1} (unidades SI)
1 M_{\odot} pc^{-3}	≈ 40 átomos de H por cm^3
1 Jy (Jansky)	= 10^{-26} W m^{-2} Hz^{-1} = 10^{-23} erg cm^{-2}

Prefijos del Sistema Internacional de Unidades

Prefijos para la expresión de factores decimales

factor	prefijo	símbolo	factor	prefijo	símbolo
10^1	deca	da	10^{-1}	deci	d
10^2	hecto	h	10^{-2}	centi	c
10^3	kilo	k	10^{-3}	mili	m
10^6	mega	M	10^{-6}	micro	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.

7.3. Corrección de las coordenadas por precesión

La lenta precesión del eje de rotación de la Tierra hace que las coordenadas celestes que se dan para un astro (tal como las coordenadas ecuatoriales 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.

Cálculo aproximado de la precesión

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

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

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

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

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

$$\alpha_1 = \alpha_0 + (t_1 - t_0) P_{\alpha}$$

$$\delta_1 = \delta_0 + (t_1 - t_0) P_{\delta}$$

donde típicamente $t_0 = 2000$.

Precesión anual en declinación

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

Precesión anual en ascensión recta

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

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

- 3) Cálculo de los ángulos auxiliares para la fecha:

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

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

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

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

$$\begin{aligned} \text{sen}(\alpha - z) &= \text{sen}(\alpha_0 + \zeta) \cos \delta_0 / \cos \delta \\ \cos(\alpha - z) &= \frac{\cos(\alpha_0 + \zeta) \cos \theta \cos \delta_0 - \text{sen} \theta \text{sen} \delta_0}{\cos \delta} \end{aligned}$$

7.4. 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, Ω_q), podemos expresar la corrección por nutación a aplicar a las coordenadas ecuatoriales (α , δ) con las siguientes fórmulas:

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

$$\Delta\delta = 9''2 \text{ cos } \Omega_q \text{ sen } \alpha - 6''8 \text{ sen } \Omega_q \text{ cos } \alpha$$

donde *Ec.Eq.* es el valor de la ecuación de los equinoccios para la fecha (ver *Tablas de tiempos* en la página 104), y Ω_q viene dada para este año en el apartado de *Datos lunares* en la página 165 o bien se puede calcular a partir del día juliano *DJ* mediante:

$$\Omega_q = 125^{\circ}045 - 0^{\circ}05295376 (DJ - 2\ 451\ 545)$$

7.5. Corrección de las coordenadas por aberración ánu

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

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

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

donde la longitud media del Sol L_{\odot} viene dada para este año en el apartado de *Datos solares* en la página 133 o bien de modo general, en función del día juliano *DJ*, mediante:

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

7.6. Corrección de refracción atmosférica

El índice de refracción no unidad de la atmósfera combinado con su geometría no planoparalela hace que la altura sobre el horizonte a la que se observa un astro no coincida con su altura “verdadera” (que se deduce de las efemérides o que se observaría si no existiese atmósfera). El efecto de la refracción depende fuertemente de la altura observada y, en mucho menor grado, de la temperatura y presión ambientes y de la longitud de onda de la observación.

En 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, $\lambda_0 = 0,575 \mu\text{m}$

presión atmosférica, $P_0 = 1000 \text{ mbar}$

temperatura ambiente, $T_0 = 10^\circ\text{C}$

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

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

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

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:

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

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 20° y 90°

($\lambda = 0,575 \mu\text{m}$, $P=1000 \text{ mbar}$, $T=10^\circ\text{C}$)

alt. obs.	0° (")	1° (")	2° (")	3° (")	4° (")	5° (")	6° (")	7° (")	8° (")	9° (")
80°	10,1	9,1	8,1	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0
70°	20,9	19,8	18,6	17,5	16,5	15,4	14,3	13,3	12,2	11,2
60°	33,1	31,8	30,5	29,2	28,0	26,8	25,5	24,4	23,2	22,0
50°	48,1	46,4	44,8	43,2	41,7	40,2	38,7	37,3	35,8	34,5
40°	68,3	65,9	63,7	61,5	59,4	57,3	55,4	53,5	51,6	49,9
30°	99,1	95,2	91,6	88,1	84,9	81,8	78,8	76,0	73,3	70,8
20°	156,3	148,4	141,1	134,4	128,2	122,4	117,1	112,2	107,5	103,2

Corrección de la refracción atmosférica media, R_0

con entradas cada 10' para alturas entre 0° y 20°

($\lambda = 0,575 \mu\text{m}$, $P=1000 \text{ mbar}$, $T=10^\circ\text{C}$)

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

Las lentes de los telescopios refractores suelen ser acromáticas a la longitud de onda de $0,575 \mu\text{m}$. La banda *visual* de magnitudes está centrada a una longitud de onda muy próxima, $0,55 \mu\text{m}$.

7.7. 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:

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

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 (1^{er} 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 (3º 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 3h TU del día 25 de enero de 2023. De la tabla correspondiente al mes obtenemos los valores:

T_{-2} :	23 de enero	$V_{-2} = 21^h,52886$
T_{-1} :	24 de enero	$V_{-2} = 22^h,50661$
T_0 :	25 de enero	$V_{-2} = 23^h,41294$
T_1 :	26 de enero	$V_{-2} = 24^h,26497$
T_2 :	27 de enero	$V_{-2} = 25^h,08361$

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 ascensión recta añadiendo 24^h cuando ha sido necesario.

En este ejemplo: $p = 6^h 0^m / 24^h = 0,12500$. Siguiendo los pasos anteriores, obtenemos los siguientes valores:

$$V = V_0 + \frac{p}{2} (V_1 - V_{-1}) = 23,52284$$

Dado que $|V_1 - 2V_0 + V_{-1}| = 0,05430 \geq 0,00003$, añadimos otro término:

$$V = 23,52284 + \frac{p^2}{2} (V_1 - 2V_0 + V_{-1}) = 23,52242$$

Dado que $|V_2 - 2V_1 + 2V_{-1} - V_{-2}|/30 = 0,00127 \geq 0,00003$, añadimos otro término:

$$V = 23,52242 + \frac{p(p^2-1)}{12} (V_2 - 2V_1 + 2V_{-1} - V_{-2}) = 23,52203$$

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

$$V = 23^h 31^m 19^s,3$$

El valor que se obtiene a partir de las efemérides del JPL es: $23^h 31^m 19^s,0$, 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 25 de enero de 2023 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:

$$p = 2 \frac{V - V_0}{V_1 - V_{-1}} = 0,6677$$

instante al que le corresponde un valor calculado:

$$V_{calc} = 23,98669.$$

La corrección a aplicar a p es:

$$\Delta p = 2 \frac{V - V_{calc}}{V_1 - V_{-1}} = 0,0151$$

Al nuevo valor $p = 0,6828$ le corresponde $V_{calc} = 23,99943$, para una nueva iteración la corrección a aplicar a p es $\Delta p = -0,0006$, obtenemos $p = 0,6834$ y $V_{calc} = 23,99998$, 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:

$$T = T_0 + p (T_1 - T_0) = 0^h + 0,6834 \times 24^h = 16^h,402$$

o sea, las $16^h24^m,1$ del día 25 de enero de 2023. El instante calculado a partir de las efemérides es: $16^h24^m24^s$.

7.8. Moléculas en el medio interestelar y circunestelar

La siguiente tabla está actualizada a setiembre de 2022, 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 281 moléculas, incluidas 6 detectadas tentativamente (se indica con un interrogante). De las numerosas variedades isotópicas detectadas solo se muestran los isotopólogos deuterados de las moléculas que solo contienen hidrógeno. Las moléculas entre corchetes son cíclicas.

Moléculas detectadas en el medio interestelar y el circunestelar

Moléculas con hidrógeno			
H ₂	HD	H ₃ ⁺	H ₂ D ⁺
Moléculas con solo hidrógeno y carbono			
C ₂	C ₄ H	C ₆ H	CH ₂ CHCH ₃
CH	C ₄ H ⁻	C ₆ H ⁻	H ₂ CCCHCCH
CH ⁺	C ₃ H ₂	CH ₃ C ₂ H	[C ₆ H ₄]
C ₃	[C ₃ H ₂]	[C ₃ HCCH]	CH ₃ C ₆ H
C ₂ H	CH ₄	H ₂ C ₅	[C ₅ H ₆]
CH ₂	C ₅ H	C ₇ H	H ₂ CCCHC ₄ H
[C ₃ H]	C ₅ H ⁺	C ₆ H ₂	[C ₆ H ₆]
C ₃ H ⁺	H ₂ C ₄	HC ₆ H	[C ₅ H ₄ CCH ₂]
C ₃ H	C ₂ H ₄	CH ₂ CHCCH	[C ₉ H ₈]
C ₂ H ₂	HC ₄ H	CH ₃ C ₄ H	[1-C ₅ H ₅ CCH]
CH ₃	CH ₂ CCH	C ₈ H	[2-C ₅ H ₅ CCH]
C ₅	[C ₃ C ₂ H]	C ₈ H ⁻	
Moléculas con oxígeno, hidrógeno y/o carbono			
CO	HOCO ⁺	CH ₃ CO ⁺	HC ₇ O
CO ⁺	H ₂ CO	C ₅ O	HOCHCHCHO ?
OH	H ₃ O ⁺	CH ₃ CHO	(CH ₃) ₂ CO
OH ⁺	HOOH	[C ₂ H ₄ O]	(CH ₂ OH) ₂
O ₂	HCCO	H ₂ CCHOH	CH ₃ CH ₂ CHO
C ₂ O	HCOOH	HC ₅ O	CH ₃ CHCH ₂ O
HCO	H ₂ C ₂ O	HCOOCH ₃	CH ₃ OCH ₂ OH
HCO ⁺	H ₂ COH ⁺	CH ₃ COOH	C ₂ H ₅ OCHO
HOC ⁺	CH ₃ O	CH ₂ OHCHO	CH ₃ OCOCH ₃
H ₂ O	HC ₃ O ⁺	CH ₂ CHCHO	CH ₃ COCH ₂ OH
H ₂ O ⁺	HCCCO	(CHOH) ₂	C ₂ H ₅ OCH ₃
CO ₂	CH ₃ OH	(CH ₃) ₂ O	n-C ₃ H ₇ OH
HO ₂	HCCCHO	CH ₃ CH ₂ OH	i-C ₃ H ₇ OH
C ₃ O	[H ₂ C ₃ O]		

Moléculas con nitrógeno, hidrógeno y/o carbono

CN	H ₂ CCN	CH ₂ CHCN	CH ₃ C ₅ N
CN ⁻	HC ₃ N	HC ₅ N	H ₂ CCCHC ₃ N
NH	HCCNC	CH ₃ NH ₂	C ₂ H ₅ NH ₂ ?
N ₂	H ₂ CNH	HCCCHNH	HC ₇ NH ⁺
HCN	H ₂ CN	HC ₄ NC	CH ₃ CHCHCN
HNC	HNC ₃	CH ₂ C ₃ N	CH ₃ C(CN)CH ₂
N ₂ H ⁺	HNCNH	CH ₂ CCHCN	CH ₂ CHCH ₂ CN
NH ₂	NH ₄ ⁺	H ₂ NCH ₂ CN	HC ₉ N
C ₂ N	NCCNH ⁺	CH ₃ CHNH	n-C ₃ H ₇ CN
C ₃ N	CH ₃ CN	HCCCH ₂ CN	i-C ₃ H ₇ CN
NH ₃	CH ₃ NC	HC ₅ NH ⁺	[n-C ₅ H ₅ CN]
HCCN	HC ₃ NH ⁺	C ₂ H ₃ NH ₂	[i-C ₅ H ₅ CN]
HCNH ⁺	C ₅ N	CH ₃ CH ₂ CN	C ₃ H ₇ N ?
H ₂ CN	HC ₄ N	HC ₇ N	[C ₆ H ₅ CN]
C ₃ N ⁻	H ₂ CCNH	CH ₃ C ₃ N	HC ₁₁ N
CNCN	C ₅ N ⁻	HCCCHCHCN	n-C ₁₀ H ₇ CN
HNCN	HNCHCN	H ₂ CCHC ₃ N	i-C ₁₀ H ₇ CN
H ₂ NC	HCCNCH ⁺		

Moléculas con nitrógeno y oxígeno

NO	HNCO	H ₂ NCO ⁺	H ₂ NCONH ₂
NO ⁺ ?	HCNO	NH ₂ OH	CH ₃ CONH ₂
HNO	HOCN	NH ₂ CHO	CH ₃ NHCHO
N ₂ O	HONO	CH ₃ NCO	C ₂ H ₅ NCO
NCO	HCOCN	HOCH ₂ CN	HOCH ₂ CH ₂ NH ₂

Moléculas con azufre, silicio o fósforo

CP	SH ⁺	HS ₂	HC ₃ S ⁺
SiC	PO ⁺	HSC	H ₂ C ₂ S
NS	C ₂ S	NCS	C ₄ S
NS ⁺	HCS ⁺	Si ₂ C	HCOSH
PN	HCS	HNCS	HCSCN
SO ⁺	H ₂ S	H ₂ CS	C ₄ Si
SO	OCS	HSCN	SiH ₃ CN
SiN	SO ₂	[SiC ₃]	C ₅ S
SiO	[SiC ₂]	PH ₃	H ₂ C ₃ S
SiS	SiCN	HCCS	CH ₃ SH
CS	SiNC	HCCS ⁺	HCCCHS
SiH ?	HCP	C ₃ S	CH ₃ SiH ₃
PO	CCP	SiH ₄	CH ₃ CH ₂ SH
SH			

Fulerenos

C ₆₀	C ₇₀	C ₆₀ ⁺	
-----------------	-----------------	------------------------------	--

Moléculas “metálicas”

AlF	AlO	AlNC	HMgNC
AlCl	HCl ⁺	AlOH	MgC ₂ H
HCl	TiO	H ₂ Cl ⁺	CH ₃ Cl
KCl	VO	KCN	MgC ₃ N
NaCl	NaCN	FeCN	MgC ₄ H
HF	MgCN	TiO ₂	MgC ₅ N
FeO ?	MgNC	CaNC	MgC ₆ H
CF ⁺			

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 ₅ H ⁺	H ₂ C ₅	[C ₅ H ₆]	[C ₉ H ₈]
CH ₂ CCH	CH ₂ CHCCH	H ₂ CCCHC ₄ H	[1-C ₅ H ₅ CCH]
[C ₃ C ₂ H]	H ₂ CCCHCCH	[C ₅ H ₄ CCH ₂]	[2-C ₅ H ₅ CCH]
[C ₃ HCCH]	[C ₆ H ₄]		

Moléculas con oxígeno, hidrógeno y/o carbono

HC ₃ O ⁺	CH ₃ CO ⁺	C ₅ O	(CHOH) ₂
HCCCO			

Moléculas con nitrógeno, hidrógeno y/o carbono

HNCN	CH ₂ C ₃ N	C ₂ H ₃ NH ₂	CH ₃ CHCHCN
NCCNH ⁺	HCCCH ₂ CN	C ₂ H ₅ NH ₂ ?	CH ₃ C(CN)CH ₂
HCCNCH ⁺	HC ₅ NH ⁺	HC ₇ NH ⁺	CH ₂ CHCH ₂ CN
HC ₄ NC			

Moléculas con nitrógeno y oxígeno

C ₂ H ₅ NCO	HOCH ₂ CH ₂ NH ₂
-----------------------------------	---

Moléculas con azufre, silicio o fósforo

PO ⁺	HCCS ⁺	C ₄ S	H ₂ C ₃ S
NCS	HC ₃ S ⁺	HCOSH	HCCCHS
HCCS	H ₂ C ₂ S	HCSCN	

Moléculas “metálicas”

MgC ₃ N	MgC ₄ H	MgC ₅ N	MgC ₆ H
--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

7.9. Datos físicos, geodésicos y cartográficos de la Tierra

Tamaño (IERS 2010)

Radio ecuatorial	$\mathcal{R}_{\oplus} = 6378,1366 \text{ km}$
Radio polar	$(1-f)\mathcal{R}_{\oplus} = 6356,7519 \text{ km}$
Radio medio	6371,0004 km
Achatamiento	$f = 1/298,25642 = 0,00335282$
Excentricidad del elipsoide	$e = 0,08181930$
	$e^2 = 0,00669440$
Superficie	$510 \cdot 10^6 \text{ km}^2$
cubierta por agua	$361 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ (71%)
cubierta por tierra	$134 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ (26%)
cubierta por hielo	$15 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ (3%)
Volumen	$1,0832 \cdot 10^{12} \text{ km}^3$
Distancia al centro de la Tierra a una latitud ϕ y una altura $h = 0$:	
	$r = (0,9983271 + 0,0016764 \cos(2\phi) - 0,0000035 \cos(4\phi)) \mathcal{R}_{\oplus}$

Masa

Masa	$\mathcal{M}_{\oplus} = 5,9726 \cdot 10^{24} \text{ kg} = M_{\odot}/332946$
	masa de los océanos: $\sim 2 \cdot 10^{-4} \mathcal{M}_{\oplus}$
	masa del hielo: entre ~ 4 y $\sim 5 \cdot 10^{-6} \mathcal{M}_{\oplus}$
	masa de la atmósfera: $\sim 10^{-6} \mathcal{M}_{\oplus}$
Densidad media	$5,514 \text{ g cm}^{-3}$
Momento de inercia	$0,3299765 \mathcal{M}_{\oplus} \mathcal{R}_{\oplus}^2$
Constante gravitatoria	$G \mathcal{M}_{\oplus} = 398\,600,4418 \text{ km}^3 \text{ s}^{-2}$
Velocidad de escape	$11,18 \text{ km s}^{-1}$
Gravedad superficial ($\phi = 45^\circ$)	$9,8062 \text{ m s}^{-2}$
Gravedad en Madrid	$9,8000 \text{ m s}^{-2}$
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):	
	$g = g_{(h=0)} - 3,086 \cdot 10^{-6} h$
Momentos del campo gravitatorio:	
	$J_1 = 0$
	$J_2 = 0,0010826359$
	$J_3 = -2,54 \cdot 10^{-6}$
	$J_4 = -1,61 \cdot 10^{-6}$
	$J_5 = -0,21 \cdot 10^{-6}$
	$J_6 = 0,65 \cdot 10^{-6}$

Atmósfera

Presión en la superficie	1013,25 mbar
Temperatura efectiva	255 K
Temperatura en la superficie	288 K
Altura de escala	8,5 km
Contenido de la atmósfera seca:	
Gases más abundantes (%):	N_2 (78,084), O_2 (20,946), Ar (0,934)
Gases menos abundantes (en ppm, solo aquellos con ppm > 1):	CO_2 (419, <i>variable</i>), Ne (18), He (5), CH_4 (2), Kr (1)
Contenido en agua:	H_2O (<i>variable</i> < 3%)

Rotación

Periodo sidéreo	$86164,098904 \text{ s} = 23^{\text{h}} 56^{\text{m}} 4^{\text{s}} 098 904$
Velocidad angular	$7,29211510 \cdot 10^{-5} \text{ rad s}^{-1} = 15,0410672 \text{ ''/s}$
Velocidad de rotación en el ecuador	$465,12 \text{ m s}^{-1} = 674 \text{ km h}^{-1}$
Aceleración centrífuga en el ecuador	$-0,034 \text{ m s}^{-2}$
Parámetro de rotación	$q_r = 0,00345$

Otros parámetros

Información sobre la traslación de la Tierra en su órbita, parámetros fotométricos, etc, puede encontrarse en los apartados de *Datos solares* en la página 133 y de *Datos planetarios* en la página 193.

7.10. Elipsoide de referencia

Para muchos efectos prácticos, muy especialmente en la Geodesia, la forma de la Tierra se ha aproximado por un elipsoide. Esta figura geométrica viene definida por dos valores (aparte de su orientación): el radio ecuatorial, R_e , y el achatamiento, f , calculándose el radio polar mediante: $R_p = (1 - f) R_e$. En la tabla siguiente se indican los parámetros de una serie de elipsoides que han sido propuestos y que, en algunos casos, su uso ha sido recomendado por distintas autoridades: Unión Astronómica Internacional (UAI/IAU), Sistema Geodésico de Referencia (GRS), Sistema Geodésico Mundial (WGS), Servicio Internacional de la Rotación Terrestre (IERS) y otros.

año	nombre	radio ecuat. R_e (m)	radio polar R_p (m)	inverso del achat., $1/f$
1738	Maupertuis	6397300	6363806,283	191
1830	Airy	6377563,396	6356256,909	299,3249646
1841	Bessel	6377397,155	6356078,963	299,1528128
1860	Struve	6378298,3	6357018,2	299,73
1866	Clarke (Norteamérica)	6378206,4	6356583,8	294,9787
1880	Clarke (Africa)	6378249,145	6356514,966	293,4663
1906	Helmert	6378200	6356818	298,3
1909	Internacional (Hayford)	6378388	6356912	297
1942	Krassovsky	6378245	6356863	298,3
1964	IAU	6378160	6356775	298,25
1967	Internacional nuevo	6378157,5	6356772,2	298,2496
1967	GRS	6378160	6356774,516	298,247167427
1969	Sudamericano	6378160	6356775,719	298,25
1972	WGS	6378135	6356750,52	298,26
1976	IAU	6378140	6356755,29	298,257
1980	GRS	6378137	6356752,3141	298,257222101
1983	MERIT	6378137	6356752	298,257
1984	WGS	6378137	6356752,3	298,257223563
1989	IERS	6378136	6356751	298,257
2010	IERS	6378136,6	6356751,9	298,25642

La excentricidad del elipsoide viene dada por:

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

El radio R de una esfera de igual volumen que un elipsoide definido por su radio ecuatorial R_e y un achatamiento f viene dado por:

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

La relación entre la latitud geodésica 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 en cada lugar) pueden diferir en algunos segundos de arco.

Tomando como referencia el elipsoide GRS 1980 se deduce:

circunferencia ecuatorial	40 075 016 m
circunferencia polar	40 007 834 m
valor medio del grado de meridiano	111 133 m
radio de la esfera equivolumen	6 371 001 m

Longitud en metros de 1° de paralelo

para las latitudes de España considerando el elipsoide IERS 2000

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

Longitud en metros de arcos de meridiano y de paralelo

para las latitudes de España considerando el elipsoide IERS 2000

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

Se obtienen los siguientes valores a la latitud de Madrid:

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

7.11. Posiciones geográficas

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

ciudad	latitud ϕ (° ' ")	longitud (+E, -O) (° ' ")	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
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

**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)
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
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

Las coordenadas geográficas que figuran en esta tabla están referidas al sistema de referencia geodésico ETRS89 para la península y las Islas Baleares, y el REGCAN95 en 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 de él. 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, en que se refiere al observatorio astronómico. Las posiciones dadas son representativas de toda la ciudad a efectos de cálculos de efemérides, como son los ortos, los ocasos y las circunstancias locales de eclipses u otros fenómenos.

Observatorios profesionales situados en España

Observatorio	latitud	longitud	altura
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
Yebes, OAN/IGN (Guadalajara)	+40° 31/5	-00 ^h 12 ^m 21 ^s	931

La anterior lista de observatorios incluye aquellos que están dotados de telescopios profesionales nacionales o extranjeros situados en el país. Para mayor información, se puede consultar: <https://www.sea-astronomia.es/glosario/observatorios-astronomicos-en-espana>.

El número de observatorios en el mundo crece constantemente, por lo que una lista con pretensiones de completitud necesita una actualización continua, que es más fácil de mantener por medios electrónicos. Al generalizarse el acceso a internet, la consulta de listas actualizadas y ordenadas por distintos criterios es cada vez más fácil. A continuación indicamos enlaces a listas especialmente útiles y completas, que incluyen más de 2000 observatorios situados en más de 50 países.

Búsqueda de las coordenadas de observatorios:

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>

En esta última página web, la latitud geodésica ϕ_{gd} de los observatorios se obtiene a partir de los valores tabulados del seno y coseno de la latitud geocéntrica ϕ_{gc} y del achatamiento f del elipsoide:

$$\tan\phi_{gd} = \frac{\tan\phi_{gc}}{(1-f)^2} = 1,0067395 \frac{\sin\phi_{gc}}{\cos\phi_{gc}}$$

La siguiente tabla contiene algunos de los más importantes observatorios profesionales activos dotados 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



CAPÍTULO 8

Artículos de divulgación





Réplica del gran telescopio de Herschel. Observatorio Astronómico Nacional. | OAN

William Herschel: su legado científico y sus grandes telescopios

Rafael Bachiller

Astrónomo y director del Observatorio Astronómico Nacional (IGN)

Resumen.- El mejor astrónomo observador de todos los tiempos, y un gran estudioso de la ‘construcción de los cielos’, William Herschel, es una figura poco conocida por el gran público. Sin embargo, su biografía es apasionante y su legado científico, junto con las aportaciones de su hermana Caroline y su hijo John, uno de los más importantes de la historia de la astronomía.

Además de ser el descubridor de Urano, William Herschel fue el mayor constructor de telescopios de la historia, el descubridor de la radiación infrarroja de los astros, y un auténtico pionero de la astronomía estelar, del estudio de la Galaxia y de la exploración del cielo profundo.

Para conmemorar el bicentenario del fallecimiento de William Herschel (25 de agosto de 1822) se han programado numerosas actividades, a las que viene a sumarse este artículo que perfila la figura del astrónomo, subraya su inmenso legado científico y rememora la historia del gran telescopio de 25 pies que construyó para nuestro Real Observatorio Astronómico de Madrid. Este telescopio, posiblemente el mejor de todos los que había construido Herschel, apenas se utilizó, pero fue clave en la historia del Observatorio.

Summary.- The best observational astronomer of all times, and a great expert on the ‘construction of the heavens’, William Herschel, is a figure not well known by the general public. However, his biography is fascinating, and his scientific legacy -along with the contributions of his sister Caroline and his son John-, one of the most important in the history of astronomy.

In addition to being the discoverer of Uranus, William Herschel was the greatest telescope builder in history, the discoverer of the infrared radiation of the stars, and a true pioneer of stellar astronomy, the study of the Galaxy, and the exploration of the deep sky.

To commemorate the bicentennial of the death of William Herschel (August 25, 1822), numerous activities have been organised, including this article that outlines the figure of the astronomer, underlines his immense scientific legacy and recalls the history of the great telescope of 25 feet that he built for our Royal Astronomical Observatory of Madrid. This telescope, possibly the best of all those that Herschel built, was used for a very short time, but it was key in the history of the Observatory.

El músico astrónomo

Friedrich Wilhelm Herschel nació en Hannover (Alemania) en 1738. Su padre transmitió su oficio de músico tanto a Friedrich Wilhelm como a sus 5 hermanos y 4 hermanas. En torno a los 20 años de edad, para evitar ser reclutado en el ejército, emigró a Gran Bretaña, donde (primero en Leeds y a continuación en Bath) ejerció su oficio de músico para ganarse la vida. Debido a que vivió el resto de su vida en Inglaterra, pasó a la historia con el nombre de William Herschel.



William Herschel hacia 1785, retrato de Lemuel Francis Abbott

¿Cómo llegó un músico a interesarse por la astronomía? Las claves las da el propio Herschel en las notas autobiográficas que escribió en 1783 (traducción de esta y otras citas por R. Bachiller):

“La teoría de la música, que está conectada con las matemáticas, me introdujo muy pronto a leer todo lo que se había escrito sobre el tema de la armonía... Entre otros temas matemáticos, llegué sucesivamente a la óptica y la astronomía, y cuando leí sobre los numerosos descubrimientos fascinantes que se habían hecho por medio del telescopio, me sentí tan seducido que deseé ver

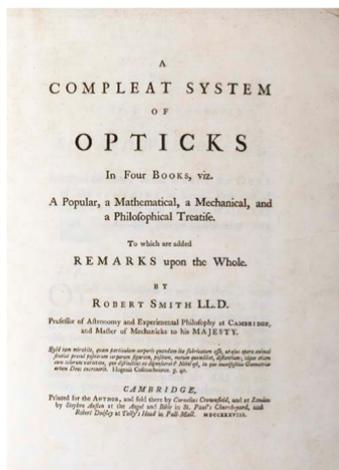
los cielos y los planetas con mis propios ojos a través de uno de estos instrumentos...”

Es decir, fue la música lo que le hizo interesarse primero por la acústica y luego por las matemáticas; y de las matemáticas pasó al estudio de la óptica. Concretamente, estudió los libros de Robert Smith (1689-1768) *“Harmonics or The Philosophy of Musical Sounds”* y *“A Compleat Study of Opticks”*. A la edad de 35 años, Herschel leyó su primer libro de astronomía y se sintió tan atraído por esta disciplina que decidió dedicarse al estudio de las estrellas, un tema difícil en aquel entonces en que prácticamente todo el esfuerzo de los astrónomos estaba consagrado al estudio del sistema solar.

Pronto adquirió un reflector gregoriano de 2 pies de focal (unos 61 cm), lo mejor que podía pagar con su sueldo de músico. Las observaciones realizadas con este telescopio despertaron su apetito, y le abrieron ganas de comprar uno de 5 pies (1,5 m), pero el precio le pareció “extravagante”. Fue entonces cuando Herschel, como hábil artesano que era, se lanzó a la tarea de construirse un telescopio propio para poder realizar mejores observaciones. Para ello, la única ayuda con la que contaba era el libro de óptica de Robert Smith.

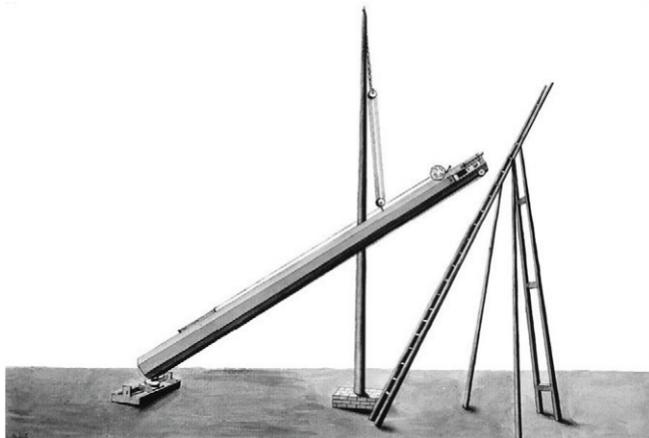
Persistió en sus intentos de construcción durante años, hasta que consiguió realizar un 5 pies con el que pudo observar los anillos de Saturno en 1774. Músico de día y astrónomo de noche, Herschel se había dado ya cuenta de que el estudio de las débiles estrellas requería una alta sensibilidad en las observaciones, lo que a su vez exigía trabajar con telescopios grandes. Pero en lugar de poner el énfasis en utilizar lentes con grandes focales (como habían hecho antes Hevelius y Huygens construyendo grandes refractores), decidió insistir en mejorar la calidad de los espejos para fabricar telescopios reflectores siguiendo el modelo del que Newton había presentado a la Royal Society un siglo antes (en 1672).

Un óptico aficionado de Bath le inició en el pulido de espejos metálicos y, con su ayuda, instaló una pequeña fundición en el sótano de su casa. Comenzó experimentando con diferentes aleaciones metálicas y, finalmente, se decidió por pulir un espejo esférico de bronce 23 cm de diámetro que iría montado sobre un tubo de unos



El libro de óptica de Robert Smith

3 metros de focal (10 pies). Para obtener el primer espejo válido, Herschel necesitó hacer pruebas con más de 200 espejos, lo que mantuvo ocupado su tiempo libre a lo largo de más de tres años.



Telescopio pequeño de 20 pies

Construyó después (hacia 1776) un telescopio mayor (el “20-pies pequeño”) con un tubo de 6,1 metros y un espejo de 30,5 centímetros instalado sobre una montura que no era muy manejable. El primer telescopio que construyó Herschel, ya en 1778, de gran calidad fue el 7-pies: un reflector de tipo newtoniano que tenía 15,7 cm de diámetro y 2,2 m de longitud focal. Es con este telescopio con el que realizó sus primeras observaciones de cierto interés: estudios sobre la altura de las montañas de la Luna (publicado en 1780), sobre las manchas solares, sobre la inclinación del eje de Marte, etc.

El descubrimiento de Urano

El 13 de marzo de 1781 Herschel, tras observar con uno de sus telescopios, el de 7 pies, escribió en su cuaderno que había observado en Géminis “una curiosa estrella difusa” que era “*visiblemente más grande que el resto [de las estrellas en el mismo campo de visión]*”. De hecho, este astro no podía ser una estrella pues tenía forma de “disco” y además se desplazaba respecto del fondo de estrellas fijas. Con esta forma y desplazamiento, el nuevo astro tan solo podía ser un objeto del sistema solar: un cometa, un satélite o un planeta. Como las posiciones de los planetas, rodeados de sus satélites, eran bien conocidas, Herschel concluyó que se trataba de un nuevo cometa y así lo anunció.



Uno de los telescopios de 7 pies del Real Observatorio, similar al utilizado por Herschel para descubrir Urano | OAN

Pero las observaciones que siguieron mostraron que el nuevo astro no tenía los bordes difusos de los cometas, sino que su contorno era bien nítido y definido. Además, su movimiento no era el acostumbrado de las órbitas fuertemente alargadas de los cometas, sino que seguía una órbita lenta y casi circular. La lentitud de su movimiento claramente indicaba que se trataba de un objeto más lejano del Sol que el propio Saturno.

La realidad acabó pronto por imponerse: Herschel había descubierto un nuevo planeta que estaba situado, respecto del Sol, al doble de distancia que Saturno. Súbitamente, había que revisar la concepción que se había tenido hasta entonces del sistema solar. Nuestro sistema planetario era mucho más grande de lo que se

había pensado antes, ahora nada impedía que incluso pudiese haber planetas aún más lejanos.

Resulta curioso que, antes de Herschel, al menos una veintena de astrónomos profesionales habían observado Urano, pero debido a su poco brillo y a su lento movimiento, todos habían pensado que se trataba de una estrella. Por ejemplo, el primer Astrónomo Real de Gran Bretaña, John Flamsteed (1646-1719), lo catalogó como una estrella denominada 34 Tauri.

Herschel recibió el reconocimiento inmediato de los astrónomos profesionales y algunos de ellos sugirieron que el nuevo planeta se denominase 'Herschel'; pero el descubridor sugirió bautizarlo "Georgium sidus" en honor del rey Jorge III de Inglaterra y este curioso nombre (planeta "Jorge") se utilizó hasta principios del siglo XIX. La propuesta de denominarlo



Urano en su color verdadero, fotografía del Voyager 2 | NASA

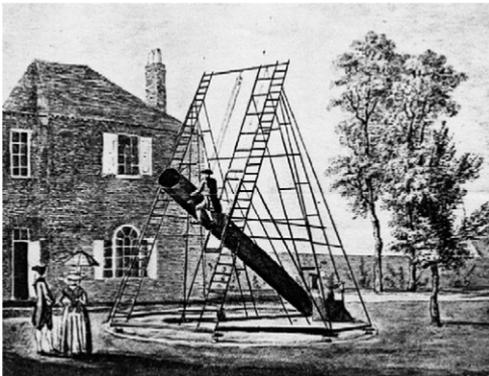
Urano provino del astrónomo alemán Johann Elert Bode (1747-1826) quien argumentó que, puesto que en la mitología clásica, Urano era el padre de Saturno, se podía mantener una secuencia generacional según nos alejamos desde la Tierra: Marte es el hijo de Júpiter, Júpiter es el hijo de Saturno, y Saturno es el hijo de Urano.

En diciembre del mismo año del descubrimiento de Urano (1781) William Herschel fue elegido miembro de la Royal Society y fue nombrado astrónomo del rey con un salario anual de 300 guineas. Este salario le permitió abandonar su oficio de músico para consagrarse completamente a la astronomía. Utilizando telescopios progresivamente mayores, redondeó sus descubrimientos en el sistema solar cuando en 1787 descubrió los dos satélites mayores de Urano: Titania y Oberón, y en 1789, dos nuevos satélites de Saturno: Encelado y Mimas.

La construcción de telescopios

Tras el descubrimiento de Urano, el rey de Inglaterra, Jorge III, comprendió que un científico tan perseverante como Herschel podría dar gran prestigio al país. Además de la pensión vitalicia, el rey proporcionó a Herschel una residencia con jardín en Slough, cerca del castillo de Windsor. El monarca se aseguraba así la proximidad del astrónomo y la de sus telescopios, lo que le permitiría a él mismo echar una mirada al cielo de vez en cuando, e incluso hacerlo con sus invitados. Ese jardín, en el que Herschel instalaría su observatorio, es sin duda uno de los lugares donde se han realizado más descubrimientos sobre el cielo.

Así pues, a partir de 1781 Herschel se lanzó a construir telescopios reflectores progresivamente mayores. Sucesivamente pulió espejos

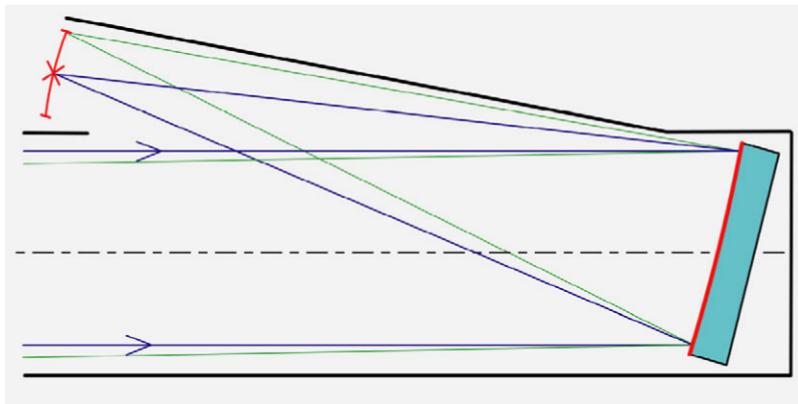


de 22,5 cm, de 48 cm, y de 60 cm de diámetro, para culminar en un telescopio verdaderamente gigante para la época: un espejo de 1,22 m montado en un tubo de 12 m de longitud. Y cada vez que Herschel empleaba un telescopio mayor para sus observaciones, realizaba nuevos y espectaculares descubrimientos.

El telescopio de 20 pies en Slough | RAS

La habilidad artesanal de William y de su hermano Alexander, que tenía un gran talento natural para la mecánica, dejaba perplejos a los obreros que trabajan con ellos en la construcción de los grandes telescopios. Cuando los carpinteros, viendo trabajar a William de manera experta tanto en el torno como en la forja, le preguntaban qué formación había recibido en su juventud, él respondía rotundamente: “el violín”.

No cabe duda de que Herschel era un gran artesano, y en varias ocasiones reconoció la existencia de un paralelismo entre la práctica de la música y la observación astronómica. Dice, por ejemplo: *“La observación es, en muchos aspectos, un arte que debe aprenderse. Enseñar a una persona a que observe con toda la potencia de la observación es parecido a enseñarle a interpretar una fuga de Händel al órgano. Me he entrenado en la observación durante muchas noches, sería extraño que esta práctica constante no me hubiese hecho adquirir cierta destreza.”*



Configuración óptica en un telescopio con foco herscheliano

Al construir sus telescopios mayores (con focales de 20 pies en adelante), Herschel abandonó el modelo newtoniano y decidió inclinar el espejo primario de manera que la imagen no se formase en el eje del tubo, sino en un punto del borde delantero. En estos “reflectores herschelianos”, el observador se situaba en un balcón delante del tubo y se inclinaba con el ocular en la mano buscando el punto focal. Esta configuración tenía la ventaja de no necesitar espejo secundario, lo que significa menos trabajo de pulido y, además, al suprimirse una reflexión, se suprimían pérdidas en la reflectividad del sistema óptico. Pero, a cambio, la observación con un telescopio herscheliano requería de una gran habilidad, de un auténtico “arte de mirar”, como decía Herschel.

Tabla 1. Los reflectores contruidos y utilizados por los Herschel.

Telescopio	(1) Uso	(2)		(3)		(4)		(5) Foco	(6) Obs.	(7) Potencia	(8) Ubicac.
		Tubo (focal) pies	metros	Espejo (diámetro) Pulg.	cm						
10-pies	1776 - 1818	10	3,0	9,0	22,8	New.	W.H.	28,7	B,D,C,S		
20-pies pequeño	1776 - 1783	20	6,1	12,0	30,5	New	W.H.	39,0	B,D,C,S		
7-pies	1778 - 1818	7,1	2,2	6,2	15,7	New	W.H.	20,3	B,D,C,S		
Small sweeper	1783 - 1817	2,3	0,7	4,5	11,4	New	C.H.	12,8	D,C,S		
20-pies Newtoniano	1783 - 1786	20	6,1	18,7	47,5	New	W.H.	61,2	D,C,S		
20-pies Herscheliano	1786 - 1813	20	6,1	18,7	47,5	Hers	W.H.	75,1	S		
40-pies	1787 - 1814	40	12,2	48,0	121,9	Hers	W.H.	191,7	S		
Large sweeper	1790 - 1817	5,25	1,6	9,6	24,4	New	C.H.	28,6	S		
25-ft (Madrid)	1797 - 1804	25	7,6	24,0	61,0	Hers	W.H.	95,9	S, M		
Gran 10-ft, X foot	1799 - 1811	10	3,0	24,0	61,0	New	W.H.	78,1	S		
Nuevo 20-ft	1820 - 1832	20	6,1	18,25	46,35	Hers	J.H.	75,0	S		

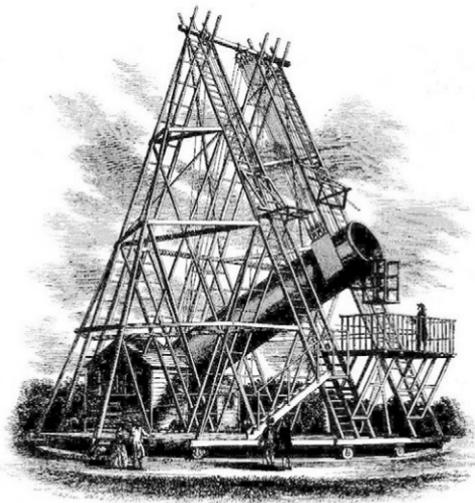
(1) Nombre del telescopio, (2) Período de utilización, (3) Focal en pies y en metros, (4) Apertura o diámetro del espejo en pulgadas y en centímetros, (5) Tipo de foco, newtoniano o herscheliano, (6) Utilizador principal: William (W.H.), Caroline (C.H.) o John (J. H.) Herschel, (7) Potencia instrumental (ver texto), (8) Ubicaciones: Bath (B), Datchet (D), Clay Hall (C), Slough (S) y Madrid (M). Adaptado de Steinicke (2022).

En la Tabla 1 se recogen las características de los principales telescopios construidos y utilizados por los Herschel (según Steinicke, 2022). El parámetro “Potencia”, listado en la columna (7), da una idea de la capacidad del telescopio para obtener imágenes precisas con respecto al ojo humano, tiene en cuenta tanto la apertura del espejo como su reflectividad y, si se trata de un telescopio newtoniano, también considera los mismos parámetros del espejo secundario. Vemos que, con una potencia de 191,7, el 40-pies fue el telescopio más potente de todos, seguido por el de 25-pies construido para Madrid.

El gran telescopio de 40 pies

En 1786 Herschel decidió construir un telescopio con un espejo de 1,22 m de diámetro que debía ir instalado en un tubo de unos 12 m de largo (40 pies). Jorge III se entusiasmó con el proyecto y contribuyó a su financiación de manera generosa. En la construcción de este telescopio trabajaron unos cuarenta obreros y para el pulido del espejo Herschel ideó un sistema mecánico. En el jardín de la mansión de Herschel en Slough, el espejo fue colocado en su tubo hacia 1787, y el tubo apuntando al cielo entre dos escalas parecía un enorme cañón.

Existe una fotografía histórica de este telescopio de 40 pies realizada en septiembre de 1839 por John Herschel, el hijo de William,

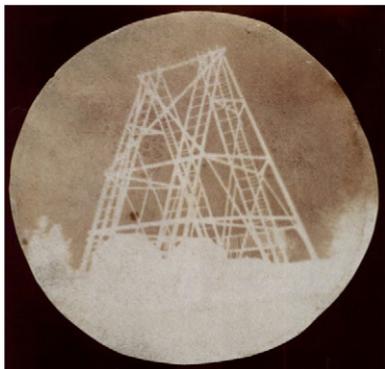


El telescopio de 40 pies en Slough, hacia 1789 | RAS

que además de ser un gran astrónomo fue un auténtico pionero de la fotografía. En esa imagen la estructura del telescopio aparece en mal estado y el tubo depositado en el suelo. El telescopio fue completamente desmantelado durante el invierno de 1839-1840.

Como hemos visto, observar con los grandes telescopios de Herschel, debido a su configuración óptica, era muy difícil y el astrónomo insistía en que se requería, ocular en mano, practicar durante

mucho tiempo. *“No se le exige a nadie que toque una fuga de Händel sin haber practicado antes”,* decía Herschel.



La montura del telescopio de 40 pies en Slough fotografiada por John Herschel en 1839 | Science Museum, Londres

Naturalmente los telescopios de Herschel de montura altacimutal no tenían método para compensar el movimiento de la Tierra. Con el telescopio apuntando a un punto (generalmente en el meridiano), Herschel, subido en el balcón, miraba con el ocular cómo desfilaba el cielo por delante de su campo de visión. William describía lo que veía, en esa estrecha franja este-oeste, a Caroline, que permanecía sentada al pie de la escala realizando anotaciones. La siguiente noche despejada observaban otra franja situando el tubo con una elevación ligeramente diferente. Y, con esta téc-

nica de barridos, los Herschel fueron explorando todo el cielo visible desde Inglaterra.

Caroline y John Herschel

Además de con su hermano Alexander, con gran talento para la mecánica, William Herschel contaba con una excelente colaboradora: su hermana Caroline Lucretia Herschel (1750-1848).

Caroline fue una mujer excepcional. Vivió casi 98 años y dejó un diario muy detallado que es la fuente histórica principal sobre la familia Herschel. En este diario explica cómo no siendo ni rica ni demasiado agraciada (a causa de haber padecido el tifus que atrofió su crecimiento y le causó pérdida de visión en el ojo izquierdo) no tenía posibilidad de acceder a un matrimonio satisfactorio y estaba

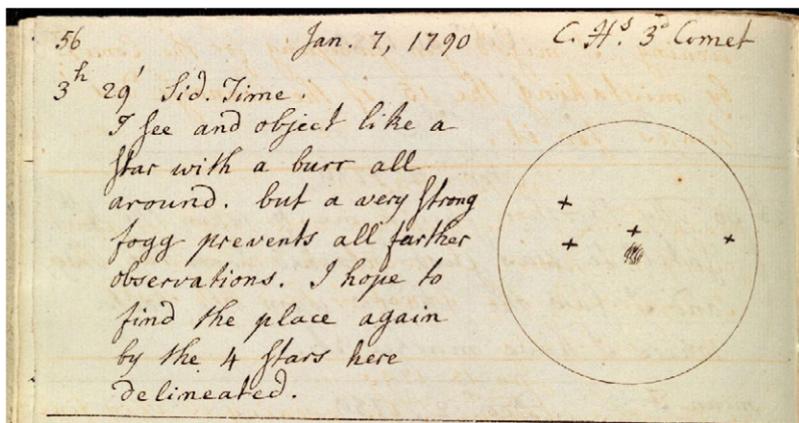


Caroline Herschel, hacia 1829 por M. G. Tieleman | Royal Society

destinada, en gran medida por su madre, a ser la criada de la familia en Hannover. No es de extrañar que aceptase gustosa la invitación que, en 1772, le hizo su hermano William (12 años mayor que ella) para que viniese a trabajar con él en Inglaterra.

Desde que llegó a Inglaterra, Caroline dedicó su vida a contribuir a la carrera de William. Durante la época en la que este fue simplemente músico, ella fue una buena soprano que solo cantaba bajo la dirección de su hermano, al que veneraba. Y cuando William abandonó la música, ella también se consagró a la astronomía y estuvo ayudándole durante medio siglo hasta que este murió en 1822. Abnegada y metódica asistente en las observaciones, ordenaba y clasificaba datos, realizaba cálculos, etc.

Caroline sacrificaba las noches de sueño para realizar las anotaciones de las observaciones astronómicas que realizaba su hermano. William le construyó, en 1783, un telescopio con el que ella pudo dedicarse a buscar cometas. Entre 1786 y 1797, por sí misma descubrió, en el poco tiempo que tenía libre, ocho cometas, de los que seis llevan su nombre. Entre estos, es particularmente interesante el cometa periódico 35P/Herschel-Rigollet que fue descubierto por la astrónoma el 21 de diciembre de 1788 y reobservado por otros astrónomos en 1939-1940. Se trata de un cometa de tipo Halley con un periodo de 152 años, aproximadamente.



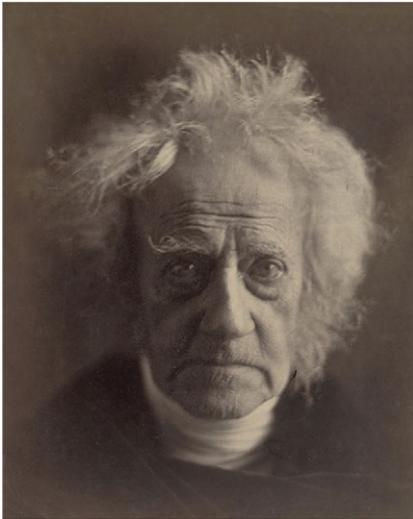
Anotación en el cuaderno de Caroline Herschel con el descubrimiento de su tercer cometa en 1790 | Royal Astronomical Society

En 1787, el rey Jorge III asignó a Caroline un salario anual de 50 libras como astrónoma, por ello es considerada la primera astrónoma profesional de la historia. También fue la primera mujer

que desempeñó un trabajo remunerado para el gobierno inglés y la primera mujer que publicó artículos científicos en las *Philosophical Transactions* de la Royal Society.

William contrajo matrimonio, en 1788, con la acaudalada viuda Mary Baldwin Pitt. De este matrimonio nacería John, quien también sería un gran astrónomo, un pionero de las técnicas fotográficas y uno de los científicos más influyentes de su época.

John Herschel (1792-1871) comenzó a interesarse por la astronomía en 1816, cuando regresó a Slough después de estudiar matemáticas en Cambridge. Construyó un reflector de 20 pies equipado con espejo de 46 cm que le sirvió para reexaminar el catálogo de estrellas dobles elaborado por su padre.



John Herschel en 1867 retratado por Julia M. Cameron | Metropolitan Museum

John fue uno de los fundadores de la Royal Astronomical Society en 1820, entidad que presidió durante tres periodos de tres años y que le otorgaría medallas de oro en 1826 y 1836.

En 1834 llegó a Ciudad del Cabo para instalar, en el suburbio de Claremont, su telescopio de 20 pies. Desde allí observó el paso del cometa Halley de 1835 y, sobre todo, completó el catálogo de nebulosas de William y Caroline añadiendo los objetos del hemisferio sur. Regresó a Inglaterra en 1838 y, en 1847, publicó sus *Results of Astronomical Observations made at the Cape of Good Hope*. En esta publicación propuso los nombres para siete de los satélites de Saturno

(Mimas, Encelado, Tetis, Dione, Rea, Titán y Júpetero) y, más tarde, en 1852, nombró a cuatro de los satélites de Urano (Ariel, Umbriel, Titania y Oberón). Todos estos nombres se siguen utilizando en la actualidad.

John Herschel tuvo doce hijos. El cuarto de ellos, Alexander Stewart Herschel (1836-1907), nacido durante la estancia de John en Sudáfrica, fue también astrónomo, realizó un trabajo pionero en la espectroscopía de meteoritos y contribuyó a la identificación de cometas como causantes de las lluvias de estrellas fugaces. Como su

tía-abuela Caroline, Alexander murió soltero y no tuvo hijos, por lo que aquí acabó la cadena de los Herschel astrónomos. Alexander está enterrado en la iglesia de St. Lawrence, en Upton, en cuyo presbiterio se encuentran sus abuelos William y Mary.

Con el matrimonio de William, Caroline sufrió una dolorosa separación de su hermano, se vio obligada a cambiar de domicilio, pero, no obstante, siguió trabajando con su hermano, regresando cada noche al observatorio. Sin embargo, esta separación de William hizo, a la larga, que Caroline se hiciese más independiente y que consiguiese mostrar su valía por derecho propio. Siguió trabajando en varios proyectos propios e hizo varios descubrimientos por sí misma. En agosto de 1799, respondiendo a una invitación de la familia real, pasó una semana en Greenwich.

Caroline trabajó con su hermano hasta la muerte de este en 1822. Pero cuando William falleció, Caroline abandonó Inglaterra y regresó a Hannover. Allí continuó con el trabajo en astronomía, ayudando también en el catálogo de nebulosas que su sobrino, John Herschel, estaba continuando. En 1828, la Royal Astronomical Society le otorgó su medalla de oro (un galardón que no volvería a recibir otra mujer hasta 1966, cuando fue asignado a Vera Rubin) y en 1835 fue elegida miembro honorario de la misma sociedad. En 1846 recibió la medalla de oro para la ciencia de Prusia.

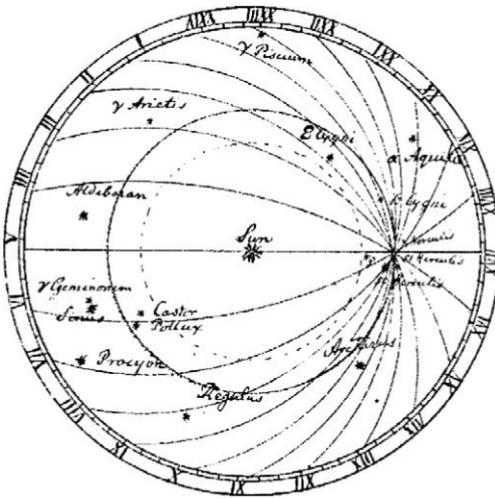
Aunque era 12 años menor que William, Caroline sobrevivió a su hermano durante 24 años: murió en Hannover el 9 de enero de 1848, y fue enterrada junto a sus padres y a un mecón de su querido hermano en el cementerio de Gateenfemeinde de esa misma localidad. En su lápida puede leerse: "Los ojos de la que es glorificada aquí abajo se volvieron hacia el cielo estrellado".

Un fabuloso legado científico

Como ya hemos señalado más arriba, William Herschel se hizo mundialmente famoso en 1781 al descubrir la existencia de un nuevo planeta del sistema solar: Urano. Pero, por si esto fuera poco, también descubrió los dos satélites principales de ese planeta, así como dos nuevos satélites de Saturno.

Animado por una visión del universo que no tenía nada de estática, William Herschel realizó la primera medida concluyente del movimiento del Sol respecto a las estrellas que lo rodean. En efecto, la cuidadosa observación del movimiento propio de estrellas en diferentes direcciones del cielo le permitió concluir correctamente que el Sol se desplaza hacia un punto situado en la constelación de Hércules.

Es lo que hoy conocemos como ápex solar y la medida de Herschel difiere tan solo en diez grados respecto al valor aceptado actualmente.



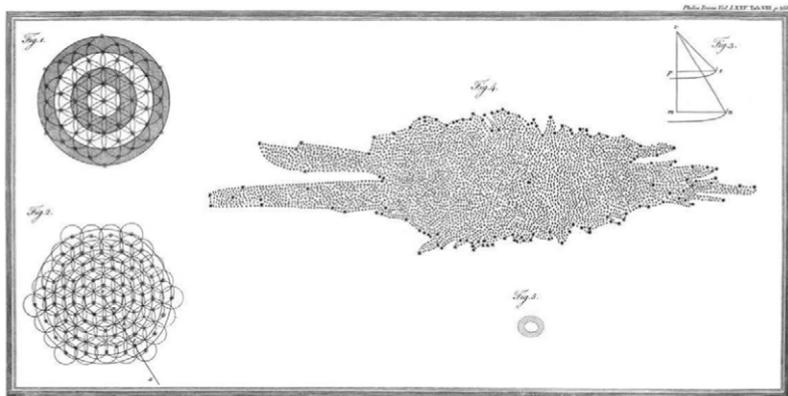
Esquema trazado por Herschel en su cálculo del apex solar en 1783 | "On the proper motion of the Sun and solar system". Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 73

Pero los hallazgos científicos de William Herschel no se limitaron al sistema solar: dedicó grandes esfuerzos a analizar estrellas binarias, nebulosas e incluso la estructura de la Vía Láctea. En particular, con ayuda de Caroline, William Herschel confeccionó un detallado censo de estrellas binarias. La gran mayoría de las estrellas binarias catalogadas por los hermanos eran binarias físicas, es decir, pares de estrellas vecinas que se mantienen unidas por la fuerza de la gravedad. William Herschel demostró la naturaleza física de

estas uniones, lejos de un mero efecto de proyección, registrando el cambio relativo de sus posiciones en una serie de observaciones a lo largo del tiempo.

Es extremadamente difícil desvelar la forma de nuestra galaxia precisamente porque estamos situados en su interior: los árboles no nos permiten ver el bosque. Al estar situados en el disco de la Vía Láctea, resulta complicado averiguar su tamaño y su forma globales, pues nuestra visión está dominada por los cuerpos de nuestro entorno más inmediato. Gracias a sus incansables observaciones, William Herschel fue uno de los primeros astrónomos que realizó un intento serio de cartografiar nuestra propia galaxia. Para ello, apuntó su telescopio a diferentes direcciones del cielo, muestreando hasta 600 regiones, y en cada una de ellas contó cuántas estrellas podía ver. Asumiendo que las estrellas se distribuyen de forma aproximadamente homogénea, William Herschel supuso que las direcciones en las que veía un mayor número de estrellas debían de ser aquellas en las que la Galaxia era más extensa.

De esta manera, pudo estimar la forma y tamaño de la Vía Láctea, dibujando un primer mapa que mostraba una sección transversal de la misma, con la galaxia aplanada en la dirección vertical y el Sol aproximadamente en el centro.



Mapa de la Galaxia realizado por William Herschel en 1785 | "On the Construction of the Heavens". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Vol. 75

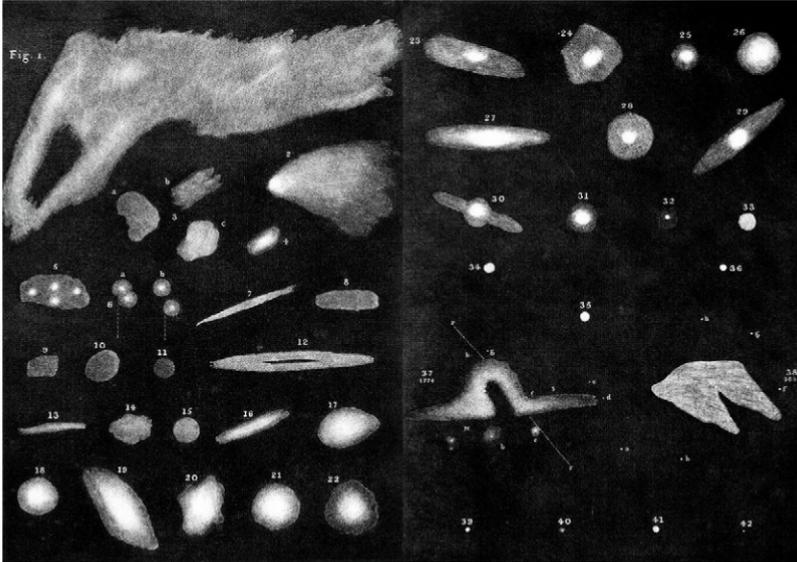
El método de William Herschel no podía arrojar una visión completa de la Galaxia, ya que el polvo interestelar absorbe la luz de las estrellas más lejanas, de forma que el cartografiado se limitaba a las inmediaciones del Sol. A pesar de sus limitaciones, el mapa de William Herschel supone un primer paso importante hacia el conocimiento que tenemos hoy sobre nuestra galaxia.

Sabemos que la Vía Láctea es más grande de lo que Herschel pensaba y que el Sol no está tan cerca del centro. Han sido necesarios más de dos siglos de estudio para concluir que la Vía Láctea es una galaxia plana como un disco, que cuenta con varios brazos espirales, y que el Sol está situado a unos 27.000 años-luz de distancia del núcleo central.

En cuanto a las nebulosas, además de catalogarlas, William llevó a cabo una clasificación atendiendo a su morfología. Sin saberlo, muchas de las nebulosas que él observó, dibujó y clasificó eran, en realidad, galaxias externas que constituyen auténticos "universos isla" formados por miles de millones de estrellas.

A lo largo de su carrera, William y Caroline descubrieron más de 2400 objetos de cielo profundo, lo que supuso un salto gigantesco comparado con el catálogo de 110 objetos difusos de Charles Messier. Estos resultados fueron publicados en sucesivos catálogos

de nebulosas y cúmulos estelares: los dos primeros contenían 1000 objetos cada uno (1786 y 1789), mientras que el tercero los completaba con 500 objetos adicionales (1802).



Nebulosas dibujadas por William Herschel hacia 1811 | Philosophical Transactions of the Royal Society of London

Cuando John Herschel viajó a Sudáfrica, cubrió con sus observaciones el cielo desde el hemisferio sur, añadiendo más de 1700 nuevos objetos al censo de nebulosas, completando así la magnífica labor iniciada por su padre. Estos extensos catálogos de los Herschel desembocaron en el New General Catalogue (NGC), publicado por John Dreyer en 1888, que aún hoy es el más utilizado en la astronomía profesional para designar los objetos de cielo profundo.

William Herschel también se interesó por la naturaleza del Sol y, para comprenderlo mejor, llevó a cabo observaciones con filtros que solamente dejaban pasar ciertas longitudes de onda o colores. De esta forma, el astrónomo se percató de que el Sol proporcionaba más o menos calor en función de la longitud de onda del filtro que se utilizara. Movido por su afán científico, cuantificó esta respuesta calorífica mediante un prisma que descomponía la luz solar en los colores del arcoíris y un termómetro. Sorprendentemente, detectó una temperatura mayor en el exterior del arcoíris, inmediatamente al lado de su extremo rojo, donde aparentemente no había luz alguna.

Así, dedujo que debían de existir rayos más allá del rojo (lo que hoy conocemos como radiación infrarroja), que, a pesar de no ser visibles a nuestros ojos, sí que transportan energía. Estos rayos caloríficos descubiertos por Herschel supusieron un trampolín fundamental para la astrofísica moderna, abriendo la puerta al estudio de la radiación en rangos no visibles del espectro electromagnético. Doscientos años después de este descubrimiento, el lanzamiento del telescopio James Webb (el 25 de diciembre de 2021) nos ha abierto una nueva ventana al



William Herschel descubrió la radiación infrarroja utilizando un prisma y un termómetro | NASA/IPAC

universo, permitiéndonos observar la radiación infrarroja de exoplanetas y galaxias lejanas con un nivel de detalle sin precedentes.

El telescopio de 25 pies del Real Observatorio de Madrid

La adquisición de un telescopio de Herschel para ser instalado en Madrid se enmarcó en el proyecto de establecer en Madrid un observatorio astronómico, proyecto que se remonta al reinado de Carlos III respondiendo a las sugerencias del insigne marino Jorge Juan. La iniciativa nació sin escatimar medios, a juzgar por los planos que trazó el arquitecto Juan de Villanueva, a quien el rey Carlos III encargó la construcción del Observatorio, aunque esta no dio comienzo hasta el año 1790.

Un potente telescopio debería servir de base instrumental al naciente Observatorio. Condujo las gestiones de la adquisición José de Mendoza y Ríos (1761-1816), marino residente en Gran Bretaña, adonde había sido enviado para adquirir libros y mapas destinados a la Marina española. Allí había sido nombrado fellow de la Royal Society, en 1793, en reconocimiento a sus aportaciones a la astronomía náutica, lo que le facilitó las negociaciones con Herschel para la adquisición del telescopio.

El fundador y primer director del Observatorio, Salvador Jiménez Coronado, también visitó el taller de Herschel al menos en dos



José Mendoza y Ríos | Museo Naval de Madrid

ocasiones en 1789 (véase el libro de Steinicke, 2022). Pero fue Mendoza y Ríos quien, cumpliendo de manera ejemplar con el encargo recibido, siguió con todo detenimiento las fases de construcción del telescopio, redactando las instrucciones para su montaje y uso, y ocupándose del envío a España. A él se deben las veinte bellas láminas “Planos generales y particulares del Telescopio de 25 pies ingleses de largo, etc.”, en las que se contienen “las representaciones generales y los detalles de todos los mecanismos exteriores y de los que se colocan en el Observatorio auxiliar”.

Desgraciadamente, este excepcional marino, autor de varios tratados sobre técnicas de navegación y de tablas para facilitar los cálculos de astronomía náutica, e inventor de algunos instrumentos científicos, no acabó sus días de manera feliz. En Inglaterra había contraído matrimonio con Anna María Parker y había tenido dos hijas, y en 1796 había pedido permiso para retirarse de la Armada. Durante cuatro años no obtuvo respuesta, pero en 1800, antes de terminarse el telescopio, fue separado fulminantemente del servicio a la Armada “sin goce de sueldo, fuero ni uso de uniforme”. Muy posiblemente esta decisión fue adoptada porque Mendoza y Ríos no había regresado a España durante la guerra con Inglaterra. Esta resolución, que fue contestada amargamente por el marino durante el resto de su vida, unida a su precaria salud, pudo ser el origen de su suicidio en Brighton en 1816.

Las dudas existentes sobre la fecha en que fue solicitada la construcción del telescopio desaparecieron en gran parte por el descubrimiento de una carta de Herschel a Mendoza, de 18 de enero de 1796, aceptando el encargo de construir dos telescopios para el Rey de España. Señalaba en dicha carta que el telescopio mayor sería de 25 pies (7,6 m) de largo, con espejo de 24 pulgadas (61 cm) de diámetro, y el pequeño de siete pies de largo y siete pulgadas de diámetro, fijando un precio inicial de 3.000 guineas. Pero es muy probable que en este precio no se incluyeran los instrumentos auxiliares: relojes, teodolitos, cuadrantes, etc. En cartas posteriores se consideraron

distintas modificaciones, prevaleciendo, finalmente, el encargo original, ampliado en el sentido de que al gran telescopio de 25 pies lo acompañarían otros dos de siete pies.

Cuando Herschel acomete su trabajo para el Observatorio español ya poseía una experiencia amplísima en la construcción de telescopios, nadie le aventajaba en su doble actividad de observador y constructor de telescopios. Todo parecía indicar pues que, con el 25 pies, la astronomía española iba a disponer del primer telescopio del mundo en calidad óptica y el segundo en tamaño.

Herschel nunca divulgó su fórmula para fabricar los espejos, aunque hay indicaciones de que pudiese hacerlos con 71 por 100 de cobre y 29 por 100 de estaño. También las técnicas de fundición y pulido se mantenían secretas, y Herschel, que lograba una gran perfección en las mismas, sabía que las condiciones de las superficies reflectoras se degradaban tan fácilmente que construía para cada telescopio dos espejos, de forma que siempre uno asegurara la continuidad de la observación mientras el otro era nuevamente pulido. Estas mismas técnicas fueron las empleadas para fabricar los espejos del telescopio de Madrid.



Espejo original del gran telescopio de Herschel de Madrid | OAN

Ocho meses en una primera fase y cinco en otra, invirtió Herschel en desbastar, pulir y perfeccionar los dos espejos gemelos. Entre ambas etapas, en enero de 1797, la estructura del telescopio había sido construida y se hizo una primera observación, no completamente satisfactoria. Pero tras un intenso trabajo sobre los espejos, en marzo de 1798, Herschel observó el planeta Urano, el mismo que había descubierto pocos años antes, comentando que jamás lo había contemplado con una definición tan perfecta.

El día 7 de enero de 1802 zarpó de Londres el bergantín “Juana”, de bandera danesa, con 52 cajones en que se habían embalado todos los efectos correspondientes al gran telescopio, sin olvidar las instrucciones para el montaje y utilización del instrumento al llegar a su destino.

Tras su llegada a Bilbao, la preciada carga, que sumaba 500 arrobas, fue distribuida en cuatro carros, contruidos para los bultos mayores

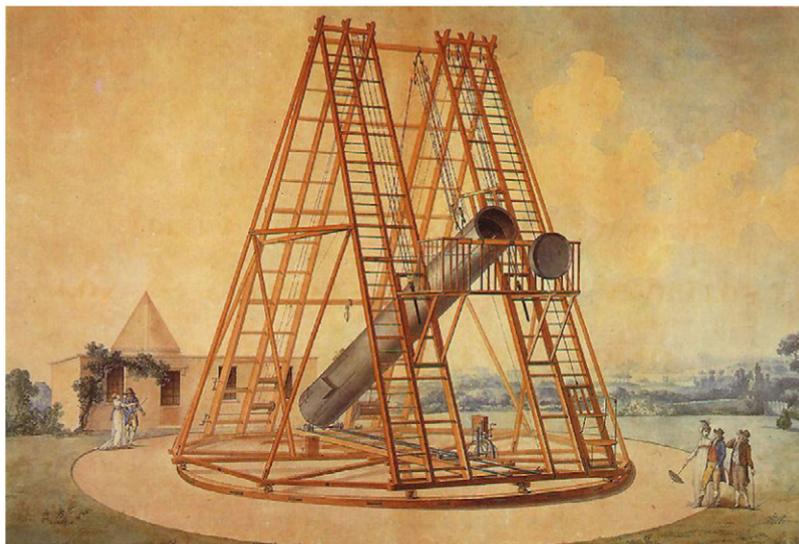


Ilustración del gran telescopio de Herschel de Madrid - OAN

y el tubo, y en un número indeterminado de carretas para el resto. La comitiva inició el 17 de abril el viaje desde la ciudad vasca hacia Madrid. Pero a pocas leguas de Bilbao, en el Puerto de Orduña, ocurrió un trágico percance: habiéndose hecho cargo del transporte el instrumentalista jefe del Observatorio, Carlos Rodríguez, fue arrojado por la mula que montaba, recibiendo tan gran golpe que falleció, de resultas del mismo, el 19 de junio, en Berberana.

La elección del emplazamiento del telescopio originó un reñido debate. El director del Observatorio, Jiménez Coronado, propuso que se instalase en los terrenos del cementerio contiguo, a lo que los curas feligreses del Retiro se negaron. Terció el arquitecto Villanueva, quien llegó a proponer realizar modificaciones en el templete del Observatorio para instalar ahí el telescopio, una idea que hoy se nos antoja descabellada. Triunfó, al fin, la tesis de Jiménez Coronado y el telescopio se trasladó al cementerio contiguo que había sido el motivo de la discordia con el clero.

La puesta en servicio se demoró mucho tiempo, lo que puede haberse debido a la muerte del experto Rodríguez y a la no aceptación del ofrecimiento de Mendoza de enviar "a un artista que había servido desde un principio a la Comisión midiendo y delineando hasta las menores piezas del telescopio".

Tras superar diversas vicisitudes, el 18 de agosto de 1804, el telescopio estuvo perfectamente montado y pudo utilizarse para observar

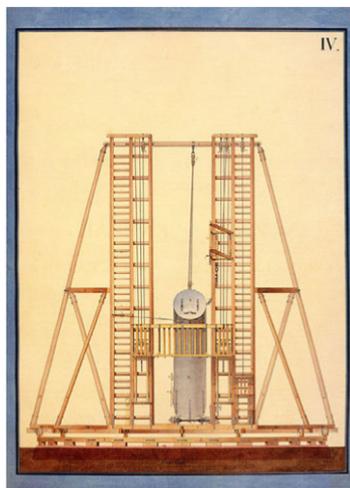
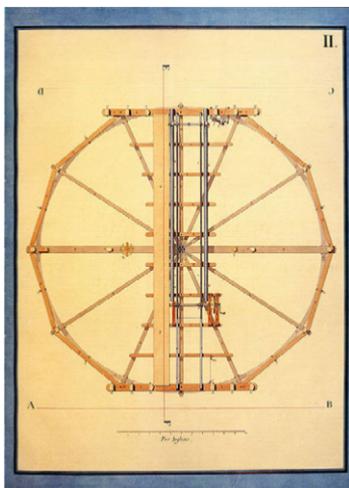
el cielo. Parece ser que el mismísimo Carlos IV deseaba ser el primero que mirase un astro con tan magnífico y costoso instrumento, a pesar de las dificultades que tenían los coches para su acceso al Observatorio. Sin embargo, no hay constancia conocida de si, finalmente, tuvo lugar la real visita.

El telescopio de 25 pies fue destruido durante la ocupación francesa de 1808, cuando el Observatorio fue convertido en polvorín por los invasores. De todo él solo se conservan los dos espejos, que fueron encontrados, hacia el año 1930, en sendas cajas de madera, escondidas en un torreón del edificio principal, y el reloj, firmado en Londres por el relojero Antonio Molina, que continúa marchando con regularidad aún hoy, como un símbolo de la continuidad ininterrumpida de actividades en el Observatorio.

La réplica del telescopio en el Real Observatorio

Afortunadamente, junto con los espejos, también se conservaron en el Observatorio los magníficos dibujos y las instrucciones primorosamente preparados por el capitán de navío Mendoza y Ríos. Los dibujos están contenidos en dos cuadernos: el primero consta de doce dibujos realizados en láminas de 880x680 milímetros, y el segundo de otras ocho láminas de 640x505 milímetros. Esta documentación se completó en diciembre de 1801, poco antes de que el telescopio fuera embarcado hacia España.

Armados con estos planos, los astrónomos del Observatorio emprendieron un proyecto para realizar una réplica del telescopio.

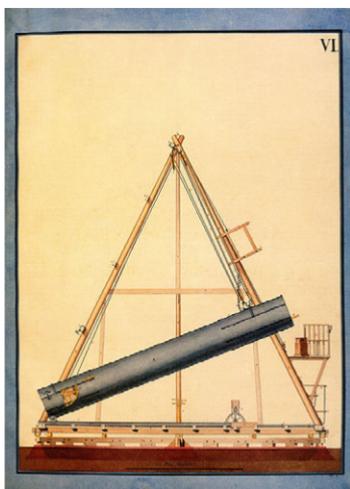
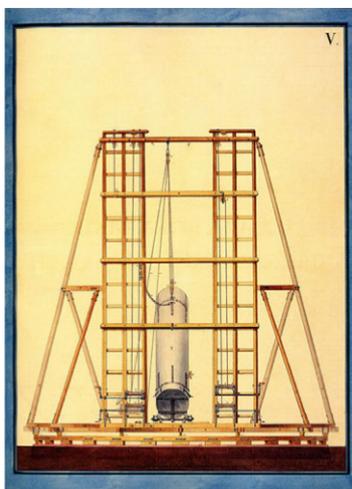


Para ello, en 1997, encargaron al departamento de Ingeniería Mecánica y Fabricación de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid un estudio de viabilidad y un proyecto constructivo de los elementos de madera y metálicos. El proyecto se completó en marzo de 1998.

Estos planos modernos sirvieron para que la empresa Astilleros Mendieta, de Bermeo (Vizcaya), experta en la realización de reproducciones de navíos históricos, y acostumbrada, por tanto, a trabajar con grandes objetos de madera y metal, pudiese acometer la reconstrucción del telescopio. Lo primero que hicieron en los astilleros fue dibujar unos planos definitivos y completos, tratando de identificar todos los detalles que pudiesen haber sido pasados por alto previamente. En otoño del año 2000 realizaron una maqueta a escala 1:10 para poder ponderar todo tipo de dificultades que pudiesen aparecer en la construcción de la réplica. Y, finalmente, en marzo de 2004 se dio por terminada la estructura de madera, hierro y latón.

Durante la construcción hubo que resolver muchas incidencias y tomar muchas decisiones. Por ejemplo, aunque el tubo del telescopio original era de hierro batido, el de la réplica se fabricó en plancha de acero, pues el hierro ya no se trabaja de aquella manera. También hubo que idear un soporte para el espejo, pues el original no se encontraba descrito en ninguna parte. Y es que hay que recordar que los planos y explicaciones de Mendoza y Ríos tenían por finalidad detallar cómo utilizar el telescopio, no cómo construirlo.

Naturalmente, para no arriesgar su conservación, no se deseaba instalar ninguno de los espejos originales en la réplica. Así que se



pidió a una empresa dedicada a la mecánica de precisión la fabricación de un espejo de aluminio recubierto de una aleación de níquel. Esta misma empresa construyó el portaoculares, con su dispositivo para el enfocado, y tres oculares de 8, 25 y 100 milímetros de focal, similares pues a los que habría utilizado Herschel. Como la focal del espejo primario es de 7,5 metros, estos oculares proporcionan 930, 300 y 75 aumentos, respectivamente.

Contrariamente al gran telescopio de 40 pies (12 metros) que Herschel utilizaba con la ayuda de varios asistentes, este de 25 pies tan solo necesitaba de dos ayudantes: uno para tomar las notas que le dictase el astrónomo y otro para accionar los tornos. (Ahora bien, para hacer girar al telescopio en acimut junto con toda su estructura, hacen falta varias personas.) No es de extrañar que el propio Herschel considerase este telescopio de 25 pies como el mejor de los que había construido. Como él mismo había constatado en Inglaterra, la calidad de sus imágenes era bien superior a la proporcionada por los de 20 pies y el manejo era mucho más simple que el de 40 pies (véase la "potencia" de estos y otros telescopios en la Tabla 1).

En paralelo a la construcción de la réplica del telescopio, el Real Observatorio había encargado al arquitecto Antonio Fernández Alba, Premio Nacional de Arquitectura y académico de Bellas Artes y de la Real Academia Española, el diseño de un pabellón que pudiera albergar tan singular instrumento. Para ser construido en el recinto del Observatorio, cerca del edificio de Villanueva, dicho pabellón debía, además de cumplir su función, ser digno de tan bello entorno. La réplica del telescopio no había sido diseñada para realizar observaciones reales. Aunque quizás se podría haber intentado, poco se habría conseguido bajo la contaminación lumínica que hoy arruina el cielo de Madrid. Por eso, el pabellón diseñado por Fernández Alba no fue tampoco pensado para la observación astronómica. Su cúpula de zinc es fija, no permite ver el cielo a partir de una cierta elevación, pero su estructura, con paredes enteramente de cristal, es muy ligera, permite admirar el telescopio en todo su detalle, incluso desde el exterior.

La ubicación, dimensiones y formas del pabellón resultaron conjugar de manera muy armoniosa con el edificio de Villanueva y con los otros edificios menores del Observatorio que, dotados de cúpulas, pueblan el recinto. Alineado con el edificio del Sol, la cúpula de zinc del Pabellón Herschel se enmarca de manera perfectamente simétrica entre las dos cúpulas de los telescopios solares. Y, más allá, sobre la misma línea recta, se encuentra el edificio Gran Ecuatorial coronado por su enorme cúpula y presidido por su reloj de Sol. Se define así un eje norte-sur que estructura el espacio del Observatorio siguiendo un criterio racional como corresponde a una institución fruto de la Ilustración.



Réplica del gran telescopio de 25 pies en el Real Observatorio de Madrid | OAN

Durante el año 2004, es decir, exactamente 200 años tras la realización de las primeras observaciones con el telescopio original, se montó el telescopio dentro del pabellón recién construido. No es fácil describir la emoción que uno siente al contemplar este instrumento en el interior de lo que, más que un pabellón, parece un joyero. La belleza y robustez de la madera se conjuga con el metal y las cuerdas, para dar como resultado una estructura ligera que, simultáneamente, comunica una gran estabilidad y precisión. El tubo de telescopio es como un gran dedo índice señalando con exactitud un punto concreto del cielo.

No es de extrañar que este telescopio asombre a todos los visitantes que acuden a contemplarlo. Y esto no es solo por su belleza física, sino también por su simbolismo, pues estamos ante un testimonio de las ambiciones de aquellos antepasados nuestros, astrónomos que soñaron con una España convertida en potencia científica, participe de todos los grandes avances que propicia la tecnología más puntera.

Conclusión

Sostiene Thomas Kuhn en su influyente obra *La estructura de las revoluciones científicas* que el progreso de la ciencia se debe al desarrollo de nuevos conceptos y paradigmas, y subraya la importancia del debate científico. Siendo este un aspecto indudablemente significativo, minusvalora Kuhn, quizás debido a su formación como físico teórico, la importancia de los desarrollos tecnológicos en el progreso de la ciencia. La historia del telescopio ilustra este punto de manera ejemplar.

El rudimentario telescopio apuntado por Galileo hacia Júpiter permitió constatar que había cuerpos en el sistema solar (como los satélites del gigante gaseoso) que no orbitaban en torno a la Tierra, y esto descartaría para siempre el geocentrismo.

El espejo inicial de 15 cm, utilizado por Herschel para el descubrimiento de Urano, permitió constatar que los límites del sistema solar se encontraban mucho más allá de Saturno, conmocionando así la imagen que imperaba desde la Antigüedad en la que el sistema solar debía terminar en el gran planeta anillado.

Este telescopio fue pronto sustituido por otro de 22,5 cm de diámetro que fue instalado en un tubo de 3 m de longitud. Y, después, por otro con un espejo de 48 cm que fue alojado en un tubo de 6 m. Naturalmente, según los telescopios eran mayores, mejor era la nitidez (el “poder de resolución”) con la que Herschel observaba los astros.

Y según progresaban los telescopios, Herschel hacía nuevos descubrimientos contribuyendo así a forjar nuevos paradigmas

científicos. Las estrellas dobles, la estructura de la Galaxia, el estudio de las nebulosas en las que se forman las estrellas y, en términos más generales, el estudio del cielo profundo (con el descubrimiento y la descripción de más de 2400 astros), fueron cambiando progresivamente nuestra imagen del universo.

Así pues, los telescopios de Herschel, los primeros grandes telescopios de la historia, ilustran, y lo hacen de manera manifiesta, de qué manera el progreso de la astronomía está íntimamente ligado al desarrollo tecnológico del telescopio. Y, consecuentemente, la historia de la ciencia al desarrollo de la técnica y de la tecnología.

Tras una larga enfermedad, William Herschel, el mayor astrónomo observacional de todos los tiempos, murió el 25 de agosto de 1822 en su casa-observatorio de Slough. Fue enterrado en la cercana iglesia de St. Lawrence, Upton. Su epitafio, no puede ser más certero: “Coelorum perrupit claustra”, es decir: “Rompió las barreras de los cielos”.

Ojalá estas líneas, redactadas en el segundo centenario de su fallecimiento (agosto de 2022), contribuyan a difundir los logros de uno de los mayores genios de la historia de la astronomía.

Bibliografía

- CARRASCO GARRORENA P.: 1931, “El gran telescopio de Herschel-Mendoza, adquirido para Madrid a fines del siglo XVIII”. Revista de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 26 (pags. 51-59).
- CUNNINGHAM, C.J. (Editor): 2018, “The Scientific Legacy of William Herschel”, Springer.
- GIL DE ZÁRATE, A.: 1859. “Noticia histórica del Observatorio de Madrid. Anuario del Observatorio de Madrid para 1860”
- GINGERICH, O.: 1992. “The 1784 autobiography of William Herschel”, en “The Great Copernicus Chase and other adventures in astronomical history”. Cambridge University Press.
- HOSKIN, M.: 1964, “William Herschel and the Construction of the Heavens, An analysis of the work of the founder of sidereal science”. W.W. Norton and company.
- HOSKIN, M.: 2011, “Discoverers of the Universe: William and Caroline Herschel”. Princeton University Press.
- HOSKIN, M.: 2012, “The Construction of the Heavens. William Herschel’s Cosmology”, Cambridge University Press.
- HOSKIN, M.: 2014, “William and Caroline Herschel. Pioneers in Late 18th-Century Astronomy”. Springer

- KUHN, T.: 1962, "La estructura de las revoluciones científicas". Fondo de Cultura Económica
- LÓPEZ ARROYO, M. y Giménez, A.: 1990, "El Gran Telescopio de W. Herschel". IGN.
- LÓPEZ ARROYO, M.: 2004, "El Real Observatorio Astronómico de Madrid (1785-1975)". CNIG.
- MENDOZA Y RÍOS, J. de: 1801. "Planos generales y particulares del Telescopio de 25 pies ingleses de largo" y "Planos para explicar las piezas del Telescopio según van empaquetadas". Biblioteca del Real Observatorio Astronómico de Madrid.
- MENDOZA Y RÍOS, J. de: 1801. "Explicación de los Planos del Telescopio" y "Explicación sucinta de la vista del Telescopio de veinte y cinco pies ingleses de largo". Biblioteca del Real Observatorio Astronómico de Madrid.
- MENDOZA Y RÍOS, J. de: 1801. "Relación de las obras de fierro y de latón correspondientes al Telescopio", "Relación de las obras de madera correspondientes al Telescopio" y "Relación de los cajones en que va empaquetado el Telescopio y de las piezas que contienen". Biblioteca del Real Observatorio Astronómico de Madrid.
- OLIVER, J. M.: 2010, "El impresionante telescopio de Herschel", en "Ciclo de conferencias 2008-2009", Agrupación Astronómica de Sabadell.
- PLANESAS, P.: 2001 "Elementos ópticos del telescopio de 25 pies del Observatorio Astronómico de Madrid". Informe técnico OAN 2001-14.
- STEINICKE, W.: 2022, "William Herschel. Discoverer of the Deep Sky", BoD, Norderstedt.
- TINOCO, J.: 1951, "Apuntes para la historia del Observatorio de Madrid". Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid para 1952.



Descubriendo nuevas moléculas en el cosmos desde el Observatorio de Yebes

Nuria Marcelino Lluch y Belén Tercero Martínez
Astrónomas del Observatorio Astronómico Nacional (IGN)

Cerca de la localidad de Yebes, en Guadalajara, se encuentra el radiotelescopio de 40m del Observatorio de Yebes, adscrito a la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Esta importante infraestructura científica del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA) ha contribuido en los últimos años al descubrimiento de varias nuevas moléculas nunca antes observadas en el espacio. En este artículo vamos a describir brevemente estos descubrimientos, realizados en diferentes regiones de nuestra galaxia e incluso fuera de ella.



El radiotelescopio de Yebes de 40m. Créditos: Pablo de Vicente, director del Observatorio de Yebes.

Una gran antena mirando el cielo desde la Alcarria: el radiotelescopio de 40m de Yebe

El radiotelescopio de 40m de diámetro del Observatorio de Yebe su primera luz en 2007, y desde el año 2008 ha formado parte de la red europea de interferometría de muy larga línea de base (Very Long Baseline Interferometry, VLBI, en sus siglas en inglés), y también de otras redes internacionales de interferometría milimétrica. Pero, además, en los últimos años, está produciendo importantes resultados operando como antena única en observaciones a longitudes de onda centimétricas y milimétricas.

A estas longitudes de onda, lo que vemos es la emisión de las moléculas del gas del medio interestelar, en nebulosas donde se van a formar o se están formando nuevas estrellas, en las envolturas de estrellas evolucionadas, y también del medio interestelar de otras galaxias. Esta emisión molecular se puede observar con los radiotelescopios en forma de una serie de líneas espectrales a frecuencias características que son únicas a cada molécula, y por tanto son su seña de identidad. De este modo, podemos estudiar la composición química de dichas regiones y también obtener sus condiciones físicas. Gracias a los radiotelescopios que operan en la región de radio y de microondas, podemos estudiar el universo oscuro y frío, cuya emisión nos llega fuera del rango del espectro electromagnético que es visible a nuestros ojos. A pesar de no poder obtener bonitas imágenes fotográficas convencionales, la ciencia que esconde este universo invisible es imprescindible para nuestra comprensión del cosmos.

Desde la instalación de una nueva instrumentación puntera entre los años 2017 y 2019, el radiotelescopio de Yebe de 40m se ha convertido en una de las mejores herramientas para este tipo de observaciones. En particular, la gran sensibilidad de los nuevos receptores y su capacidad de observar simultáneamente un amplio rango de longitudes de onda, le colocan en una situación privilegiada para hacer estudios sistemáticos y profundos del cielo. Esto ha permitido que desde finales de 2019 y hasta la fecha de redacción de este artículo (septiembre de 2022), se hayan podido descubrir 48 nuevas moléculas nunca observadas antes en el espacio y 6 observadas por primera vez fuera de nuestra galaxia. Aquí vamos a describir estos descubrimientos que se han realizado en dos regiones de formación estelar, en la envoltura de una estrella gigante roja, y en el gas del disco espiral de una galaxia muy muy lejana. Los resultados descritos han sido publicados en revistas especializadas de prestigio, principalmente por dos grupos de investigación liderados por científicos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y que incluyen

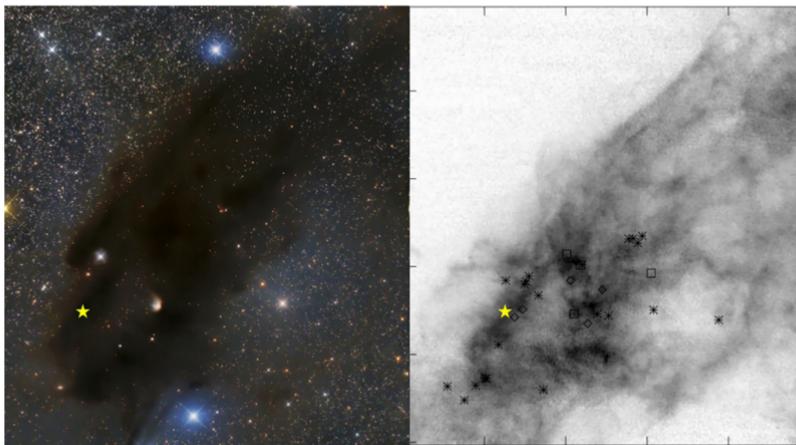
a astrónomos del Observatorio Astronómico Nacional (OAN, IGN) y del Observatorio de Yebes (OY, IGN). No hay que olvidar que, aunque no participen directamente en los resultados científicos, estos descubrimientos no hubieran sido posibles sin el trabajo de los ingenieros y el personal técnico del Observatorio de Yebes, que han desarrollado e instalado la nueva instrumentación. Estos descubrimientos ponen a prueba nuestros conocimientos sobre la química del medio interestelar y los procesos por los que se forman las moléculas más complejas que pueden dar lugar a la vida en el cosmos.

Una nebulosa oscura que esconde grandes secretos: TMC-1

La mayor parte de la contribución a las nuevas moléculas detectadas por el radiotelescopio de Yebes viene de una pequeña región oscura de la nube molecular de Tauro: TMC-1 (Taurus Molecular Cloud 1, en sus siglas en inglés). Estas regiones oscurecidas en el cielo, donde no se ven estrellas, fueron bautizadas por sir William Herschel como agujeros en el cielo. En realidad no son zonas sin estrellas, sino que son nubes de gas molecular que nos impiden ver la luz de las estrellas que hay detrás. En el interior de estas nubes moleculares gigantes se forman filamentos y núcleos densos, con una densidad media de unas 1000 moléculas/cm³ (una densidad mucho menor que el mejor vacío que se puede alcanzar en los laboratorios terrestres), y temperaturas muy frías, de -260 °C (apenas 10 grados por encima del cero absoluto), donde en un futuro se formarán estrellas y quizá sistemas planetarios a su alrededor. El estudio de la química de estas regiones preestelares nos puede dar pistas de cómo se forman las moléculas más complejas en las primeras fases de la formación de estrellas y sistemas planetarios, donde, eventualmente, la vida podría abrirse paso. TMC-1 es una región relativamente cercana a nosotros, a unos 450 años luz, y ampliamente conocida y estudiada por los radioastrónomos desde los comienzos de la radioastronomía milimétrica en los años 70 del siglo pasado. Desde entonces no ha dejado de mostrar su gran complejidad química a pesar de ser una nebulosa relativamente simple física y dinámicamente, sin estrellas ni grandes procesos energéticos en su interior.

Debido a su gran riqueza química, TMC-1 se convirtió en un objetivo principal de estudio para el radiotelescopio de Yebes. Ya en 2015 se utilizaron observaciones de este instrumento, junto con el radiotelescopio de IRAM 30m en Granada, para confirmar la detección de una nueva molécula en la región: el ion cianógeno, NCCNH⁺, cuya emisión nos proporciona información de su contrapartida neutra,

NCCN, que no puede ser observada por los radiotelescopios debido a su simetría y, por tanto, por su carencia de momento dipolar eléctrico permanente. En 2019, el Comité de Programas de Yebes aprobó un proyecto de observación profunda en TMC-1: el proyecto QUIJOTE (Q-band Ultrasensitive Inspection Journey to the Obscure TMC-1 Environment). Este proyecto utiliza el receptor de banda Q del radiotelescopio de Yebes, a longitudes de onda alrededor de los 7mm, donde se pueden encontrar la emisión de moléculas complejas y pesadas.

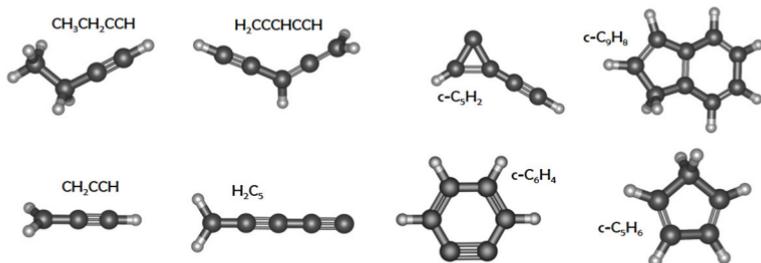


La estrella amarilla indica la posición de TMC-1 dentro de la nube molecular de Tauro, en una imagen en el visible (izquierda) y en la emisión de la molécula de CO a longitudes de onda milimétricas (derecha). Los símbolos en la imagen de la derecha muestran la posición de diferentes protoestrellas y estrellas jóvenes en la región. Créditos: Grand Mesa Observatory, Terry Hanconck y Tom Masterson; Goldsmith et al. 2008, ApJ, 680, 428.

Desde que se recibieron los primeros datos de QUIJOTE en julio de 2020, se han detectado 37 nuevas moléculas nunca antes observadas en el espacio. Entre ellas se encuentran varios cationes, moléculas con azufre y muchos hidrocarburos (formados por átomos de hidrógeno y carbono), incluyendo anillos como el indeno ($c\text{-C}_9\text{H}_8$) y la bencina ($c\text{-C}_6\text{H}_4$), cuya detección fue una sorpresa al encontrarse en un entorno frío y protegido de la radiación ultravioleta, condiciones en las que, según los modelos químicos actuales, no es posible su producción. En particular, el descubrimiento del indeno supone la primera observación directa de un hidrocarburo policíclico aromático (PAH, en sus siglas en inglés) puro, y ha producido un cambio de paradigma en los modelos químicos para poder explicar su formación *in situ*

en una nube preestelar. Se piensa que estos complejos moleculares pueden estar relacionados con la formación de partes del ARN y con el origen de la vida. Por otro lado, en la formación de estos hidrocarburos cíclicos pueden jugar un papel importante otros hidrocarburos más simples, como el propargilo (H_2CCCH), que se ha detectado también por primera vez con QUIJOTE y no era tenido en cuenta en los modelos químicos a pesar de la gran abundancia con la que ha sido observado.

Además, esta nube interestelar se ha convertido en un singular laboratorio de espectroscopía molecular. Esto es así ya que, en algunos casos, la posición de las líneas espectrales de estas nuevas especies no se conocía, por lo que era imposible identificar a las moléculas responsables. Gracias a los datos de TMC-1, se han podido obtener los parámetros moleculares de la especie desconocida y así descubrir, por tanto, de qué molécula se trata. Estas investigaciones han impulsado la colaboración con grupos de especialistas en espectroscopía molecular con el fin de estudiar algunas de las moléculas en el laboratorio y contrastar estas medidas con lo observado en el cielo. Este es el caso, por ejemplo, de los nuevos iones detectados, de los que no se conocían previamente sus características moleculares.



Algunos de los hidrocarburos, lineales y cíclicos, detectados en TMC-1. Los círculos de mayor tamaño y más oscuros representan átomos de carbono, mientras que los más pequeños son los átomos de hidrógeno. Créditos: José Cernicharo, investigador principal de QUIJOTE, y Carlos Cabezas.

Los resultados de estas y otras moléculas observadas por QUIJOTE en los dos últimos años se han publicado en 31 artículos en la prestigiosa revista europea *Astronomy and Astrophysics*. Pero esto no termina aquí ya que quedan unas 1500 líneas espectrales para las que no se han identificado las especies que las producen y la lista de nuevas moléculas en el espacio descubiertas en el marco de este proyecto crece mes a mes. Además, QUIJOTE va a continuar su observación profunda de TMC-1 durante los dos próximos años, esperando descubrir otras nuevas especies en su interior. Este trabajo demuestra

que en una nube fría y oscura pueden llegar a formarse moléculas muy complejas como los PAHs, que más adelante, cuando se produzca el colapso gravitacional para la formación de una protoestrella, se incorporarán a los granos de polvo de la nube y acabarán formando parte de futuros planetas como el nuestro.

Moléculas con metales en una estrella moribunda: IRC+10216

En la envoltura que rodea a la estrella IRC+10216, o CW Leonis, se han observado también muchas moléculas utilizando técnicas de radioastronomía milimétrica. Es también, como TMC-1, una vieja conocida de los radioastrónomos desde hace tiempo. Se trata de una estrella, parecida a nuestro Sol, en las últimas fases de su vida, en las que la atmósfera de la estrella se expande en su fase de gigante roja, creando una envoltura muy extensa y fría, donde se dan las condiciones para la formación de moléculas. Además, siendo una estrella muy evolucionada, podemos encontrar en estas capas moléculas con átomos pesados resultado de las reacciones nucleares y otros procesos químicos que tienen lugar en el centro de la estrella. También en las envolturas de estas estrellas evolucionadas se forman los embriones de los granos de polvo interestelar, a partir de la condensación de estas moléculas con metales. Los fuertes vientos estelares de estas estrellas moribundas expulsan el gas y el polvo de las capas exteriores hacia el medio interestelar, desde donde pueden llegar a formar parte de otras nubes moleculares, e incorporarse a una nueva generación de protoestrellas y sistemas planetarios en formación, siguiendo la rueda de la evolución del gas y el polvo en la Galaxia. Aquí la famosa frase de Carl Sagan “somos polvo de estrellas” adquiere todo su significado.

La cercanía de IRC+10216, se encuentra a unos 400 añosluz de nosotros, y la gran pérdida de masa que experimenta, hacen de esta estrella una de las más estudiadas a diferentes longitudes de onda, con el objetivo de poder entender su dinámica y obtener su composición química. Utilizando el radiotelescopio de 40m de Yebes y su receptor de banda Q, se ha observado esta estrella obteniendo también importantes resultados, como el descubrimiento de 4 nuevas moléculas portadoras de magnesio: los radicales MgC_3N , MgC_5N , MgC_4H y MgC_6H . Hasta ahora, las moléculas con metales que se habían observado en la envoltura de IRC+10216 contaban solo con dos o tres átomos siendo uno de ellos un metal como sodio (Na), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), silicio (Si), hierro (Fe), etc.

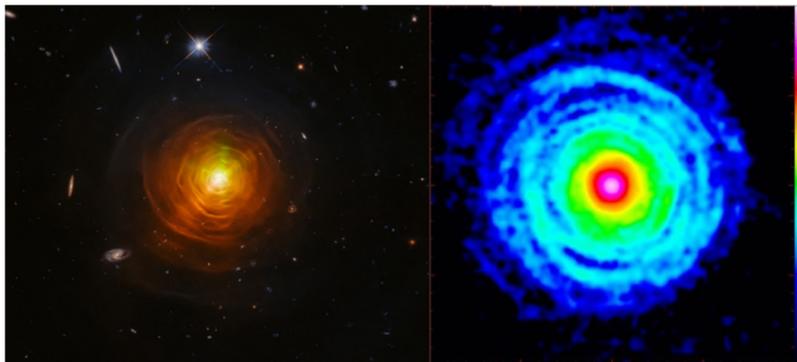


Imagen de la estrella CW Leonis (IRC+10216) en el visible y en emisión de la molécula de CO a longitudes de onda milimétricas. Créditos: ESA/Hubble, NASA, Toshiya Ueta (University of Denver), Hyosun Kim (KASI); Cernicharo et al. 2015, *A&A*, 575, A91.

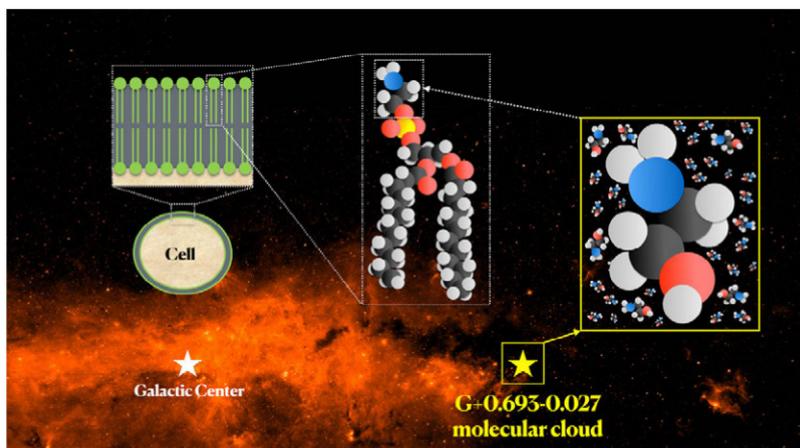
Estas moléculas portadoras de metales suelen formarse principalmente en las capas más internas de la envoltura, cerca de la estrella, pero muchas pueden sobrevivir y llegar a las capas exteriores y así permitir su observación desde radiotelescopios como el 40m de Yebes. Como en el caso de TMC-1, para poder identificar las moléculas que dan lugar a las líneas espectrales observadas de nuestro objeto, hay que llevar a cabo todo un proceso detectivesco. Solo realizando un análisis detallado de las observaciones y haciendo cálculos precisos de química cuántica para obtener sus características moleculares, podremos llegar a descubrir la molécula en cuestión. La detección de MgC_3N y MgC_4H se hizo en combinación con datos del radiotelescopio de IRAM de 30m, aportando líneas espectrales a otras longitudes de onda que ayudaron a confirmar de qué molécula se trataba. Estas nuevas detecciones y el artículo que presenta todos los resultados obtenidos en las observaciones en banda Q en IRC+10216, se han publicado en la revista especializada *Astronomy and Astrophysics*.

Colisiones de nubes gigantes en el centro de la galaxia: G+0.693-0.027

El centro de nuestra galaxia es una factoría de estrellas a pleno rendimiento. Cerca del agujero negro central, la dinámica de las nubes gigantes de gas y polvo es tremendamente activa, favoreciendo la formación de filamentos y núcleos densos donde se forman estrellas. Parte de estas estructuras se forman a partir de las colisiones entre los grandes complejos de gas y polvo, siguiendo los caprichos de

esta caótica dinámica. Nuestro siguiente objeto, G+0.693-0.027, refleja precisamente la química de dos nubes colisionando cerca del centro galáctico.

Al igual que en la nube de Tauro, en esta región esperamos el colapso de la nube y la subsecuente formación de estrellas. Sin embargo, la química producida por este efecto de choque es completamente diferente a la que encontramos en los núcleos preestelares en colapso autogravitante. Los choques favorecen que el material contenido en los granos de polvo se incorpore a la fase gaseosa, reflejándose en las observaciones los elementos y las moléculas propias de la química en la superficie de los granos. Cuando este tipo de química es la dominante en una región del cosmos, es común encontrar moléculas sulfuradas y nitrogenadas, algunas de ellas de gran relevancia prebiótica.



Descubrimiento de la etanolamina ($\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$), la cabeza de fosfolípidos más simple (constituyente de las membranas celulares) en la nube molecular G+0.693-0.027 localizada en el centro de nuestra galaxia. Créditos: Victor M. Rivilla, Carlos Briones (Centro de Astrobiología, CSIC-INTA) /NASA Spitzer Space Telescope, cámara IRAC4 (8 micras).

Observaciones de esta región con el radiotelescopio de 40m Yebes han permitido la identificación de 7 nuevas especies en el espacio: PO^+ , HNCN , HCOSH , $\text{C}_2\text{H}_5\text{NCO}$, $\text{C}_2\text{H}_3\text{NH}_2$, $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ y $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$. Esta última, la etanolamina, es una molécula de alto interés prebiótico ya que es parte de los fosfolípidos que componen las membranas celulares y, además, puede actuar como precursora en la formación del aminoácido glicina. La aparición de membranas celulares representa un hito crucial en el origen y la evolución temprana de la vida en

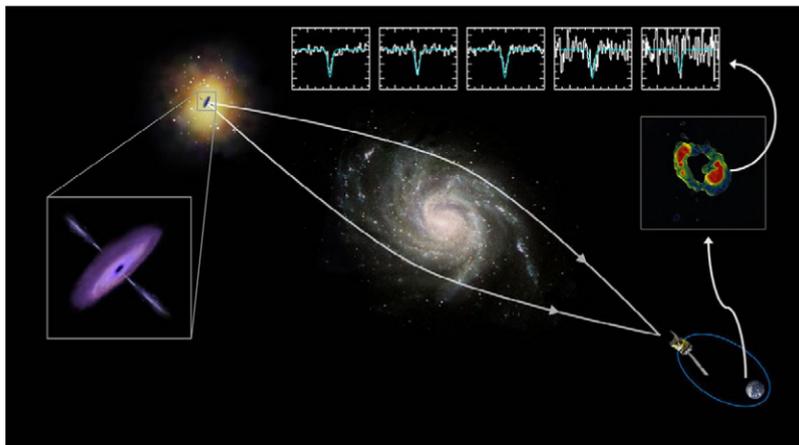
la Tierra, ya que se encargan de mantener unas condiciones estables en el interior de las células, protegiendo tanto el material genético como la maquinaria metabólica.

Estos resultados sugieren que la etanolamina y otras moléculas prebióticas se sintetizan eficientemente en las nubes moleculares donde se forman nuevas estrellas y sistemas planetarios y nos ayudan a comprender los orígenes de las moléculas clave para la aparición de la vida.

El universo en la mitad de su vida: PKS 1830-211

Terminamos este recorrido viajando fuera de nuestra galaxia, a un objeto lejano también en el tiempo. Se trata del sistema conocido como PKS 1830-211, formado por un cuásar extremadamente brillante y muy lejano, a unos 25.000 millones de años luz ($z=2.5$), que está perfectamente alineado, en nuestra dirección de mirada, con una galaxia espiral que se encuentra más cercana ($z=0.89$), a unos 10.000 millones de años luz, cuando el universo tenía algo más de la mitad de su edad actual. La masa de la galaxia más cercana desvía y amplifica la luz del cuásar lejano formando una lente gravitacional, de las predichas por Einstein, según la configuración esquematizada en la figura. Cuando observamos astros cada vez más lejanos, los vemos tal y como eran en épocas remotas de la evolución cósmica. Ello es debido a que la luz emitida por esos astros ha necesitado mucho tiempo para llegar ahora a nuestros telescopios. Por tanto, cuando podemos observar el gas de una galaxia lejana, podemos recuperar información muy valiosa sobre los procesos de formación estelar y de la química del medio interestelar en momentos tempranos de la vida del universo.

En este contexto, el radiotelescopio de 40m de Yebes ha permitido identificar la presencia de nueve moléculas nunca antes observadas en la galaxia espiral que intercepta la luz del cuásar. De estas moléculas, seis de ellas han sido, además, detectadas por primera vez fuera de nuestra galaxia: C_3N , C_3H^+ , CH_3SH , $HCOOH$, H_2CN y CH_2CHCN . Estas especies han sido identificadas gracias a las líneas espectrales producidas en el gas de la galaxia cercana debido a la absorción de la luz procedente de la galaxia más lejana. Gracias a estos resultados podemos asegurar la existencia de estas moléculas en el medio interestelar de las galaxias cuando el universo era la mitad de joven (o de viejo).



Recreación artística del sistema PKS 1830-211 y el efecto de lente gravitacional junto con la detección de HCOOH en el gas de la galaxia que intercepta la luz. Créditos: ESA/ATG medialab; MERLIN; Tercero et al. 2020, A&A, 636, L7.

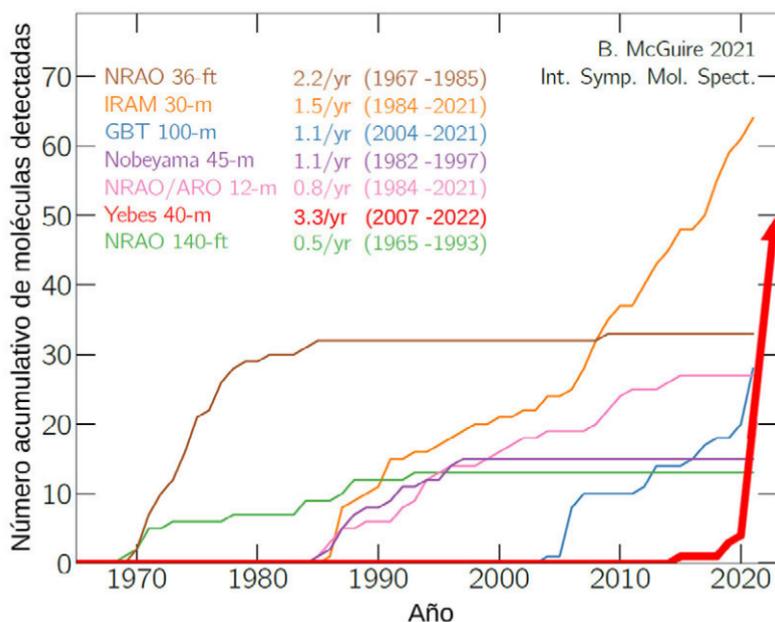
El descubrimiento de estas especies, además, aporta fascinantes indicios sobre la evolución química del universo, ya que podemos estudiar la composición química del gas en sus momentos más tempranos. En aquella época, solo los elementos formados en estrellas masivas -cuyo tiempo de vida es muy inferior al de las estrellas de tipo solar-, han tenido tiempo de ser procesados y devueltos al medio interestelar. Por tanto, la composición del gas que se observa en estas galaxias lejanas debe reflejar, muy selectivamente, los productos de la muerte de estrellas masivas. De este modo, se espera que haya diferencias significativas con respecto a la composición del gas en la Vía Láctea, donde los elementos aportados por las estrellas poco masivas ya han tenido tiempo de hacer su contribución al universo molecular.

Unos números de récord

En total, 49 nuevas moléculas han sido detectadas con el radiotelescopio de Yebes desde 2015, lo que supone el 18% de todas las moléculas detectadas en el cosmos desde los comienzos de la radioastronomía en los años 70 del siglo pasado. De estas 49 nuevas moléculas, ¡46 de ellas han sido descubiertas en los últimos 2 años! Además, gracias a los nuevos datos tan sensibles en la nube de TMC-1 y en la envoltura de la estrella IRC+10216, se ha podido confirmar

la presencia de varias moléculas cuya detección era dudosa o estaba respaldada por muy pocas líneas espectrales.

Estos descubrimientos han colocado al radiotelescopio de Yebes a la altura de los grandes telescopios milimétricos y centimétricos más potentes del mundo, como el radiotelescopio de IRAM de 30m de diámetro (Granada, España) o el Green Bank Telescope de 100m de diámetro (Virginia Oeste, EEUU). Como se puede ver en la figura, el salto producido por el radiotelescopio de 40m de Yebes desde 2020 es enorme, posicionándose como el segundo telescopio que más ha contribuido a la detección de nuevas moléculas en el cosmos, solo por detrás del radiotelescopio de IRAM de 30m.

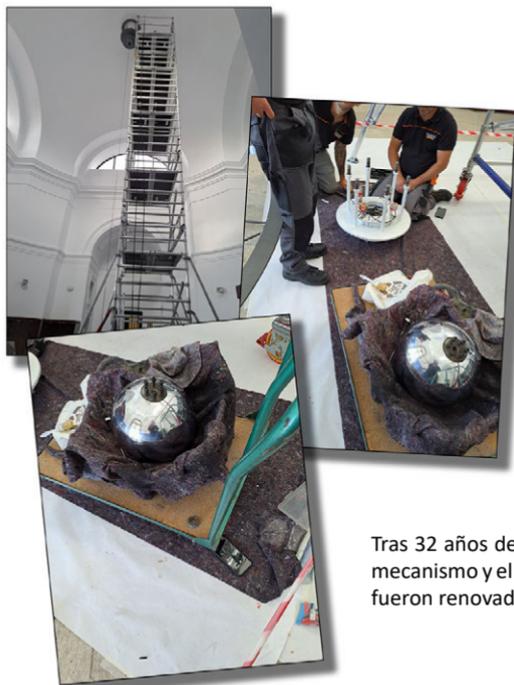


Evolución del número de nuevas moléculas detectadas por varios radiotelescopios del mundo. Créditos: Figura adaptada de Brett McGuire y José Cernicharo.

El radiotelescopio de Yebes de 40m en los últimos dos años no solo nos ha abierto la puerta a los fascinantes descubrimientos que hemos detallado, sino que nos ha brindado unos números de récord. El trabajo coordinado y constante de investigadores de primer nivel con los astrónomos de servicio de la antena y los ingenieros y el personal técnico de Yebes nos ha llevado a este gran éxito.



Durante los primeros meses del año 2022, se ha trasladado parte de la sección de la biblioteca que se encontraba en el edificio Gran Ecuatorial al edificio Astrógrafo. El fin de este traslado es habilitar nuevos espacios para los astrónomos que siguen incorporándose al Observatorio.



Tras 32 años de oscilación ininterrumpida, el mecanismo y el cable del péndulo de Foucault fueron renovados en otoño de 2022.

Índice alfabético de materias

Índice

A

Aberración

ánua, 356

Achatamiento

de la Tierra, 367

de los planetas, 197

Acimut

de la estrella Polar, 316

Albedo

de satélites naturales, 230

geométrico y de Bond, 196

Año

duración, 133

duración del año juliano, 112

duración media de distintos

tipos de años, 111

Asteroides

cercanos a la Tierra, 259

datos físicos, 257

datos fotométricos, 257

efemérides, 260

elementos orbitales, 256

magnitud, V, 258

número, 256

oposición, 259

rotación, 257

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, 249

descubrimiento, 250

efemérides, 251

elementos orbitales, 248

masa, tamaño, 249

traslación, 249

Cometas

de corto periodo, 272

de largo periodo, 271

elementos orbitales, 271

que pasan por el perihelio

este año, 271

Composición

abundancia solar de

elementos químicos,

136

moléculas en el medio

interestelar, 363

Constantes

astronómicas, 351

astronómicas para J2000,

136

atómicas y espectroscópicas,

350

cosmológicas, 351

electromagnéticas, 351

equivalencias útiles, 193,

350

factores de conversión, 352

fundamentales, 350

prefijos del SI, 352

Constelaciones

del cielo mes a mes, 43

mapas, 284

posición y tamaño, 281

Coordenadas

aparentes (aberración), 356

geográficas. Véase Posiciones

geográficas

medias (precesión), 352

verdaderas (nutación), 356

Corrección de las coordenadas

por aberración ánua, 356

por nutación, 356

por precesión, 352

por refracción atmosférica,

357

- Crepúsculo
civil, náutico y astronómico, 159
visibilidad de los planetas, 24
- Cúmulos estelares
abiertos o galácticos, 321
cerrados o globulares, 320
- D**
- Día
definición, 87, 116
del año, 104
día de la semana, 119, 127
día juliano, 119
duración del día, 161
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, 349
en la Vía Láctea, 348
- 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, 249
definición, 247
descubrimiento, 250
efemérides, 251
elementos orbitales, 248
masa, tamaño, 249
satélites, 250
traslación, 249
- Equinoccios
de primavera y de otoño, 19
ecuación de los equinoccios.
Véase Ecuación de los equinoccios
para este año, 20
- Eris
datos fotométricos, 249
descubrimiento, 250
efemérides, 255
elementos orbitales, 248
masa, tamaño, 249
satélites, 250
traslación, 249
- 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, 297
cálculo de coordenadas
 aparentes, 352
cercanas, 295
constelaciones.
 Véase Constelaciones
de gran movimiento propio,
 296
dobles, 304
equivalencia de distancias,
 348
magnitud y brillo, 347
nombres usuales, 290
ocultaciones por la Luna, 40
Pléyades, 293
Polar. *Véase* Polar (estrella)
tipo Mira, 310
variables, 306
variables Algol, 309
variables β Lyrae, 308
- F**
- Fases de la Luna, 20
- Fecha
 escritura normalizada, 116
 juliana, 117
- Fenómenos astronómicos
 día a día, 43
 resumen anual, 19
- G**
- Galaxias
brillantes, 336
cuásares, 337
cúmulos de galaxias, 338
del Grupo Local, 331
en catálogo de Messier, 327
infrarrojas, 337
ley de Hubble, 340
nombres usuales, 333
radiogalaxias, 337
tabla de distancias, 340
- H**
- Haumea
 datos fotométricos, 249
 descubrimiento, 250
 efemérides, 253
 elementos orbitales, 248
 masa, tamaño, 249
 satélites, 250
 traslación, 249
- I**
- Interpolación
 directa, 359
 inversa, 361
- J**
- Júpiter
 conjunción y oposición, 23
 constelaciones recorridas, 23
 datos orbitales, físicos y
 fotométricos, 194
 efemérides, 208
 efemérides orbitales, 23
 efemérides para
 observaciones físicas,
 209
 posición de los satélites
 galileanos, 232
 satélites, 226
 visibilidad en este año, 24
- L**
- Luna
 apogeos, 188
 comparación con otros
 satélites, 224
 coordenadas topocéntricas,
 169
 culminación, orto y ocaso en
 Madrid, 171
 datos físicos, 166
 distancia a la Tierra, 165
 eclipses. *Véase* Eclipses

- edad, 188
 - elementos medios orbitales, 165
 - fases
 - definición, 20, 187
 - en este año, 21, 187
 - libraciones, 166
 - meses, 166
 - ocultaciones, 39
 - órbita, 165
 - ortos y ocasos en cualquier lugar, 183
 - paralaje, 167
 - paso por el meridiano, 186
 - perigeos, 188
 - semidiámetro, 167
- M**
- Magnitud**
- de asteroides brillantes, 257
 - de cúmulos estelares, 320
 - de estrellas, 347
 - definición, 347
 - de galaxias brillantes, 336
 - de galaxias del Grupo Local, 331
 - de los planetas cada 20 días, 203
 - del Sol: absolutas, aparentes, 134
 - de objetos Messier, 327
 - de planetas en oposición, 196
 - de satélites en oposición, 230
 - diferencia de magnitud y razón de brillo, 347
 - máxima de Mercurio, Venus y Marte, 22
 - media de Júpiter,...Neptuno, 23
- Makemake**
- datos fotométricos, 249
 - descubrimiento, 250
 - efemérides, 254
 - elementos orbitales, 248
 - masa, tamaño, 249
 - satélites, 250
 - traslación, 249
- Marte**
- datos orbitales, físicos y fotométricos, 194
 - efemérides, 206
 - efemérides orbitales, 22
 - efemérides para observaciones físicas, 207
 - fenómenos en este año, 22
 - satélites, 226
 - visibilidad en este año, 24
- Mercurio**
- datos orbitales, físicos y fotométricos, 194
 - efemérides, 202
 - efemérides orbitales, 22
 - efemérides para observaciones físicas, 203
 - fenómenos para este año, 22
 - tránsito, 22
 - visibilidad en este año, 24
- Meteoroides**
- lluvias de meteoros, 277
 - meteoros, 276
- N**
- Nebulosas. Véase también Vía Láctea**
- de emisión, 323
 - de reflexión, 322
 - en catálogo de Messier, 327
 - planetarias, 324
 - restos de supernova, 324
- Neptuno**
- conjunción y oposición, 23
 - constelaciones recorridas, 23
 - datos orbitales, físicos y fotométricos, 194
 - descubrimiento, 198
 - efemérides, 214

- efemérides orbitales, 23
- efemérides para
 - observaciones físicas, 215
- satélites, 226
- Nutación
 - paso de coordenadas medias a verdaderas, 356

O

- Objetos menores
 - asteroides. *Véase* Asteroides
 - cometas. *Véase* Cometas
 - estadísticas, 247
 - meteoroides.
 - Véase* Meteoroides
 - planetas enanos.
 - Véase* Enanos, planetas
- Oblicuidad de la eclíptica
 - durante el año, 133
- Observaciones físicas
 - de los planetas, 202
 - del Sol, 133
- Observatorios
 - en el mundo, 373
 - en España, 372
- Ocultaciones
 - de asteroides por la Luna, 40
 - de estrellas por la Luna, 40
 - 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, 194, 199
- Ortos y ocasos
 - de la Luna, 183
 - de los planetas, 216
 - del Sol en cualquier lugar, 154
 - del Sol en las capitales, 153
 - del Sol en Madrid, 139
 - del Sol, orientación, 156

P

- Parsec, año luz, Unidad Astron. equival., múltiplos, 350
- Planetas
 - atmósfera, 198
 - datos físicos, 197
 - declinación durante el año, 200
 - descubrimiento, 198
 - efemérides, 200
 - elementos orbitales, 194, 199
 - fenómenos para este año, 22
 - fórmulas, 199
 - fotometría, albedo, 196
 - magnetosfera, 198
 - masa, tamaño, 197
 - ocultaciones por la Luna, 39
 - órbita, 193
 - orientaciones y tamaños, 219
 - ortos y ocasos en cualquier lugar, 216
 - paso por el meridiano, 217
 - posiciones heliocéntricas, 218
 - rotación, 196
 - satélites. *Véase* Satélites
 - sistema planetario.
 - Véase* Sistema solar
 - tránsitos, 82
 - traslación, 195
 - trayectorias anuales, 220
 - visibilidad en este año, 24
- Plutón
 - datos fotométricos, 249
 - descubrimiento, 250
 - efemérides, 252
 - elementos orbitales, 248
 - masa, tamaño, 249
 - satélites, 250
 - traslación, 249
- Polar (estrella)
 - coordenadas aparentes, 315
 - coordenadas ecuatoriales
 - J2000, 313

- coordenadas horizontales, 314
 - determinación de la latitud, 314
- Polo Norte
 - de la Vía Láctea, 318
 - del sistema solar, 193
 - del Sol, 134
- Posiciones geográficas
 - ciudades españolas, 370
 - convenios, 19
 - observatorios españoles, 372
 - observatorios mundiales, 373
- Precesión
 - cálculo aproximado, 353
 - cálculo exacto, 355
 - efecto sobre las coordenadas ecuatoriales, 352
- R**
- Refracción
 - corrección de la altura observada, 357
 - fórmula aproximada, 357
- S**
- Satélites
 - datos físicos, 230
 - descubrimiento, 228
 - elementos orbitales, 226
 - fotometría, 230
 - nombres, 222
 - número, 222
 - periodos, 228
 - posición de los satélites de Saturno, 238
 - posición de los satélites galileanos, 232
 - tamaños, 230
- Saturno
 - conjunción y oposición, 23
 - constelaciones recorridas, 23
 - datos orbitales, físicos y fotométricos, 194
 - efemérides, 210
 - efemérides orbitales, 23
 - efemérides para observaciones físicas, 211
 - inclinación de los anillos, 23
 - posición de los satélites, 238
 - satélites, 226
 - 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, 348
 - meteoroides. *Véase* Meteoroides
 - sistema planetario, 193
 - unidades, 193
- Sol
 - abundancia de elementos químicos, 136
 - acimut de orto y ocaso, 156
 - afelio y perihelio, 20
 - cálculos aproximados, 151
 - coord. ecuatoriales, 137
 - coord. ecuatoriales aprox., 151
 - coord. heliográficas, 137
 - crepúsculos, 159
 - culminación, orto y ocaso en Madrid, 137
 - datos físicos, 133
 - distancia a la Tierra, 151
 - duración del día, 161
 - eclipses. *Véase* Eclipses
 - eje de rotación, P, 137
 - entrada en signos del zodíaco, 23
 - luminosidad, 134

- manchas solares, 163
 movimiento diario, 151
 movimiento en el espacio,
 135
 ocultaciones, 39
 órbita, 133
 ortos y ocasos en cualquier
 lugar, 154
 ortos y ocasos extremos en
 Madrid, 162
 orto y ocaso en las capitales,
 153
 paralaje horizontal, 151
 paso por el meridiano, 159
 paso por el primer vertical,
 158
 rotación, 134
 rotaciones sinódicas, 163
 semidiámetro, 151
 tiempo de paso del
 semidiámetro, 151
 viento solar, 135
- 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), 166
- 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, 367
 comparación con otros
 planetas. *Véase* Planetas
 distancia al Sol, 151
 elipsoide de referencia, 367
 masa, tamaño, 366
 periodo de rotación, 110
 rotación, 367
 satélites, 226
- Tránsitos**
 definición, 82
 en los próximos años, 83
- U**
- Unidades**
 astronómicas, 350
 día, 87
 equivalencias útiles, 193, 350
 factores de conversión, 352
 segundo, 87
- Urano**
 conjunción y oposición, 23

constelaciones recorridas, 23
datos orbitales, físicos y
fotométricos, 194
descubrimiento, 198
efemérides, 212
efemérides orbitales, 23
efemérides para
observaciones físicas,
213
satélites, 226
visibilidad en este año, 24

V

Venus

datos orbitales, físicos y
fotométricos, 194
efemérides, 204
efemérides orbitales, 22
efemérides para
observaciones físicas,
205
fenómenos en este año, 22
tránsito, 22
visibilidad en este año, 24

Vía Láctea

características cerca del Sol,
319
características globales, 318
cúmulos. *Véase* Cúmulos
estelares
nebulosas. *Véase* Nebulosas
nubes moleculares, 325

Z

Zodiaco

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.



9 788441 668638

ISSN: 0373-5125

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

Precio (incluido IVA): 10 euros

www.ign.es — www.cnig.es — www.oan.es