



LAS MANOS EN LAS ESTRELLAS

**Diccionario enciclopédico de astronomía en
el Lenguaje de Signos francés (LSF)**

/ Bajo la dirección de Dominique Proust /

Daniel Abbou
Nasro Chab
Yves Delaporte
Carole Marion
Blandine Proust
Dominique Proust

Nueva edición

Dominique Proust, Amelia Ortiz Gil, Beatriz García

Trabajo realizado con el subsidio: IAU-OAD TF3 fund
project: 2015/12/24 Global Sign Language Universal
Encyclopedic Dictionary

Traducción

Amelia Ortiz-Gil y María Roser García Gil

Diseño

Silvina Perez Álvarez

Con el auspicio de



PRÓLOGO

Tomar de la mano a las estrellas

¡Yo no estoy sordo sólo soy un poco duro de oído! Esta queja del célebre profesor Tornasol jalona la obra de Hergé y uno podría preguntarse cómo, dentro de un contexto académico y universitario poco inclinado a integrar a la comunidad de los sordos, Tornasol fue capaz de llevar la vida de un profesor y científico¹. Dentro de un sistema de enseñanza en el cual las estructuras están establecidas casi exclusivamente para alumnos que pueden oír, es difícil imaginar a un joven Silvestre (también Arsenio o Cuthbert) Tornasol aprendiendo sin ningún problema balística o física nuclear; podemos probablemente concluir que no era sordo de nacimiento, dado que con su apasionado modo de hablar, su discurso era suficientemente claro para ser entendido por aquéllos que estaban a su alrededor, incluso por aquellos tan distraídos como los (H)(F)ernández. También es destacable que el nombre *Haddock* era constantemente gritado por Bianca Castafiore, lo que probablemente indica que tenía problemas auditivos en las frecuencias bajas del espectro auditivo (Haddock posiblemente era un bajo-barítono, registro que sin duda su gran consumición de whisky había consolidado), lo que no le impedía llegar a un claro do agudo en la Canción de las Joyas del Fausto de Charles Gounod (1818-1893). Sin embargo, más allá de este mundo de ficción tintinesco, una sociedad que se preocupa por sus minorías debe de hacer que la cultura científica sea accesible para todos, incluso para los sordos. Mucha gente con todas sus capacidades se asombraría al enterarse de que una persona sorda puede apreciar también la música de Camille Saint-Saëns (1835-1921).

En el mundo de la ciencia en general y de la astronomía en particular, el Lenguaje de Signos Francés (LSF) ha permitido un notable avance en la comunicación, tanto por el conocimiento de la cultura de la sordera como por el uso del lenguaje de signos, permitiendo un diálogo sin barreras entre los sordos y los que oyen.

Un diálogo de sordos

El LSF posee su propio vocabulario y gramática y puede utilizarse en

¹ Algoud Albert, *Le Tournesol illustré*, Casterman, 1994.



todos los registros de la comunicación. Sin embargo, mientras que países como Suecia lo han integrado completamente en su cultura, Francia está todavía muy atrasada en este punto. En un contexto histórico, los sordos han sido marginados y mantenidos aparte en la mayor parte del mundo civilizado y existen muy pocos escritos relacionados con ellos. A pesar de la leyenda persistente que atribuye la invención de un lenguaje de signos estructurado al abad de l'Epée (Charles-Michel, 1712-1789), resulta bastante evidente que la comunicación de ideas a través de gestos existió mucho antes de su época dentro del mundo de los sordos, como por ejemplo, en el mundo claustral de los monjes trapenses con su regla de silencio o en tribus indias que utilizaban sus cuerpos para comunicarse a distancia.

Después del abad de l'Epée, el LSF sufrió mucho a lo largo de la historia. El abad Siccard (1742-1822), el primer director del Instituto Nacional de Sordomudos, fundado tras la muerte del abad de l'Epée escapó de la guillotina en 1793 gracias a la presión de sus alumnos sordos que le defendieron. Fue sobre todo Bébien (1789-1839) quien creó un bilingüismo verdadero en el Instituto Real de Sordomudos. Sin embargo, dos escuelas de pensamiento empezaron a contraponerse, la francesa que mantenía la tradición de gestos con las manos y una nueva tendencia procedente de Leipzig inclinada a la enseñanza de la palabra y la lectura labial. Ferdinand Berthier (1803-1886), decano de los profesores sordos del Instituto de París (siendo sordo él mismo) defendió con virulencia el lenguaje de signos cuando las leyes de instrucción obligatoria de Jules Ferry condujeron a una uniformización de la enseñanza, acentuada por el credo del positivismo y del científicismo que destacaban que el hombre, por su ingenio, debe de superar todos los problemas que puedan sobrevenir (incluyendo la sordera). Bajo estas presiones diferentes y en el contexto de una industrialización cada vez mayor con su habilidad para resolver toda clase de problemas (audífonos) la utilización del lenguaje de signos desapareció progresivamente en Francia. Sin embargo, Víctor Hugo escribió en una carta dirigida a Berthier fechada el 12 de noviembre de 1845: *¿Qué importa la sordera de la oreja cuando el espíritu escucha? La única, verdadera sordera incurable es la de la inteligencia.* Mientras tanto, el lenguaje de signos tuvo mucho éxito en USA y Canadá, exportado en 1816 por Laurent Clerc, profesor del Instituto de París.

El golpe de gracia para el lenguaje de signos fue primero impartido en la Exposición Universal de París en 1878, donde un grupo de profesores no sordos destruyeron todas las prácticas y cultura anteriores, siendo esto ratificado en el Congreso de Milán de 1880. Este movimiento fue apoyado por la iglesia y las clases medias que eran totalmente contrarias a los gestos molestos (es bien conocida la cantinela "*no debes de señalar a nadie con el dedo*"). Además, la miniaturización de prótesis y audífonos pretendía mitigar naturalmente cualquier

deficiencia de individuos cuidadosamente mantenidos lejos del mundo real. El resultado de este cambio cultural y socio-lingüístico fue la reducción al silencio casi a la fuerza de toda una comunidad. La animosidad mostrada en el Congreso de Milán rechazando todo tipo de lenguaje de signos reflejaba siglos de prejuicio religioso y social. Por ejemplo, la frase bien conocida "la masturbación te deja sordo", ideada por un doctor de Lausanne, Auguste Tissot, ansioso por aplicar la moral fundamentalista calvinista a sus pacientes, fue uno de los principales despropósitos que victimizaron particularmente a la comunidad sorda. De este modo, la creación de estos códigos sociales rígidos y arbitrarios permitió la imposición de reglas frustrantes y desmoralizadoras a decenas de generaciones, estableciendo un terrorismo moralizante.

En 1887 los últimos profesores sordos fueron jubilados a la fuerza durante el curso de una ceremonia memorable en la cual el nuevo director del Instituto de Sordomudos impartió una brillante charla: *Hoy, la gesticulación abandonará esta institución, para no regresar nunca y a partir de ahora la palabra hablada tendrá reinado supremo*². Por supuesto, la consecuencia de estas medidas fue un rápido deterioro en la comunicación. Para santificar el nuevo régimen oral, los profesores utilizaron estrategias maliciosas, en particular castigando cualquier intento de utilización de gestos con las manos. Esta situación duró hasta la década de 1970. La desaparición del LFS en beneficio del oralismo tuvo dramáticas consecuencias, no sólo en Francia sino en toda Europa. Existen muchas palabras homófonas que no pueden ser vistas por un interlocutor sordo, más aún si el hablante tiene algún acento, no habla claramente o lleva bigote. Con gran rapidez el oralismo produjo en Francia un desierto cultural en el corazón de la comunidad sorda del mismo modo en que las llamadas matemáticas "modernas" confundieron a una generación de escolares en la década de 1960.

Los regímenes autoritarios siempre intentaron deshacerse de las minorías en general y de los sordos en particular, todo en nombre de la eugenesia, con los nazis esterilizando a decenas de miles de mujeres sordas en Alemania entre 1933 y 1945. Como resultado, este aislamiento de la comunidad sorda dio lugar a una reacción normal entre los oprimidos, un movimiento de resistencia. En particular, el deseo de comunicarse entre los más jóvenes se plasma de manera natural en signos. Así que había dos formas de expresión, una basada en el oralismo disciplinado impuesto por estructuras oficiales y otro escondido que empleaba a menudo muchos signos reinventados. Muchas personas sordas que vivieron estas épocas son testigos del desierto cultural en el que tuvieron que vivir durante muchos años. Algunos intelectuales se rebelaron frente a este

² Girod, Michel (bajo la dirección de), *La Langue des Signes*, Editions IVT, 1997.

ostracismo, en particular Henri Gaillard (1866-1939), un periodista y editor de la Gaceta de los Sordomudos que apoyó de manera abierta el lenguaje de signos. En 1924 se celebraron los primeros Juegos Olímpicos para mudos y en 1926 se creó el Salón de los Artistas Silenciosos. Sin embargo, la mayoría de los mudos tenían pocas esperanzas de superar el nivel del CAP (Certificado de Aptitud Profesional) y los que se graduaban podían contarse con los dedos de una mano. El nivel de desempleo alcanzó el 30%, afectando principalmente a los sordos profundos.

Sin embargo, el lenguaje de signos no había desaparecido en todas partes ya que, desde 1817 se estableció en los países anglosajones, principalmente con la creación del Instituto Hartford por Thomas- Hopkins Gallaudet (1787-1851) y Laurent Clerc (1785-1869). Lenta pero firmemente, Francia descubrió con qué éxito los sordos estaban integrados en USA, Canadá, Gran Bretaña y Suecia. A finales de 1970 la expresión "Lenguaje de Signos Francés" y sus iniciales LSF fueron introducidas por el sociólogo Bernard Mottez. En 1973 la *Unión Nacional para la Integración Social de los Deficientes Auditivos* creó agitación entre las clases políticas y finalmente consiguió algunos resultados, en particular la traducción de las noticias de televisión. Sin embargo, hubo que esperar hasta 1977 para que, como resultado de mucha presión y los éxitos en otros países, el ministro de salud revocara la prohibición sobre el LSF y a 1991 para que la Asamblea Nacional admitiera la educación de los niños en lenguaje de signos (la ley Fabius). Durante esta larga lucha por el reconocimiento del LSF como una lengua diferente, en 1998 un deplorable ministro de educación rechazó que esta materia fuese estudiada en sí misma. Hoy en día el LSF ha obtenido finalmente su reconocimiento como lengua diferenciada. Se enseña en todas las regiones de Francia (con variantes correspondientes a los dialectos locales) aunque todavía existen bastiones oralistas, principalmente en el mundo de la medicina, que favorecen mucho más los implantes cocleares, a pesar del trauma y los riesgos postoperatorios.

El LSF continúa difundiéndose pacientemente, esperando constituirse como lengua separada. Sin embargo, todavía hay que superar muchos problemas, en particular la resistencia a los sordos en el mundo de los procedimientos administrativos, la ley, la medicina, etc. Esto es tanto más lamentable por el hecho de que con treinta horas de aprendizaje es posible establecer un diálogo con una persona sorda sobre temas generales. En el mundo científico es interesante ver con qué facilidad tiene lugar la comunicación. Los ejemplos del Museo de Artes y Oficios y de la Ciudad de las Ciencias en la Villette son muy reveladores: las principales exposiciones y las conferencias son signadas por científicos sordos altamente competentes.

Escuchando a personas sordas famosas

Han existido muchas personas sordas de renombre en el mundo de las letras, las artes y las ciencias. Entre los más célebres están Pierre de Ronsard (1524-1585), que dedicó sonetos a Cassandra, Marie y Helene, aun cuando le habría sido difícil responder a su llamada; Francisco de Goya (1746-1828) fue uno de los más grandes pintores pero era incapaz de oír las críticas sobre sus trabajos. Y Beethoven (1770-1827) sólo escuchó en su cabeza su Himno a la Alegría de la Novena Sinfonía y sus últimos cuartetos de cuerda.

En el mundo de la ciencia, Joseph Sauveur (1653-1716), matemático y físico francés, fue profesor en el Colegio de Francia en 1686 siendo sordo de nacimiento. A pesar de su corta vida, John Goodricke (1767-1786) fue un astrónomo sordo que tuvo una brillante carrera. Sus observaciones de estrellas variables como Algol en la constelación de Perseo, β Lyrae y δ Cephei le permitieron descubrir la familia de las *cefeidas*, estrellas gigantes frías cuya pulsación periódica en asociación con su luminosidad intrínseca las convierte en particularmente útiles para la calibración de distancias. Dos de los inventos más importantes fueron resultado del trabajo de personas relacionadas con la sordera. Alexander Graham Bell (1847-1922) creció en una familia con una madre sorda y un padre que había perfeccionado un sistema de "lenguaje visual" traduciendo sonidos por símbolos. Profesor en Boston de niños sordos y casado con una esposa sorda, Bell desarrolló medios de comunicación entre los sordos y los oyentes, de los cuales el más famoso fue el teléfono en 1877. El segundo, Thomas Edison (1847-1931), sólo tenía un 10% de audición en un oído. A él debemos la invención de un "proceso de registro y reproducción de sonidos" (el gramófono), así como los primeros proyectores cinematográficos, la lámpara incandescente y la mejora del telégrafo. La emisión de electrones por metales calientes se conoce como el efecto Edison.

La ciencia en signos

El LSF es un lenguaje perfectamente estructurado con su propio vocabulario y gramática. Se expresa con unas reglas muy precisas que están relacionadas con movimientos físicos básicos. Como cualquier lengua, evoluciona continuamente y su vocabulario científico y técnico sigue actualizándose con nuevos signos como "numérico", "internet", "DVD", "Microprocesador", etc.

En matemáticas los números son signados con una secuencia de signos: 1515 es signado como MIL + QUINIENTOS + QUINCE. Los números grandes, (millones, miles de millones) tienen sus propios signos así como los operadores.

A título de ejemplo, el signo de la raíz cuadrada $\sqrt{\quad}$ es signado utilizando ambas manos de manera idéntica (ver el glosario). Todas las cantidades son signadas, peso, superficie, volumen o distancia. El teorema de Pitágoras es signado de modo parecido a la versión oral, de modo que la hipotenusa es signada como "el lado contrario al ángulo recto". La geometría sigue las mismas reglas con las manos describiendo una perpendicular, un plano o un área. Se indica con precisión el origen de un sistema de coordenadas.

La física emplea un conjunto de signos muy explícitos para cada área. Las constantes son nombradas usando la misma letra: c es la velocidad de la luz (VELOCIDAD + LUZ) siendo $c = 300\,000$ km/s. "Electricidad" se signa con los puños enfrenados delante de ti con los dedos índice curvados hacia arriba como si se tratase de electrodos. La "energía nuclear" emplea dos signos, siendo el primero un signo genérico para todas las formas de energía y el segundo que simboliza la potencia nuclear. En química los elementos son signados bien específicamente o bien por el símbolo químico.

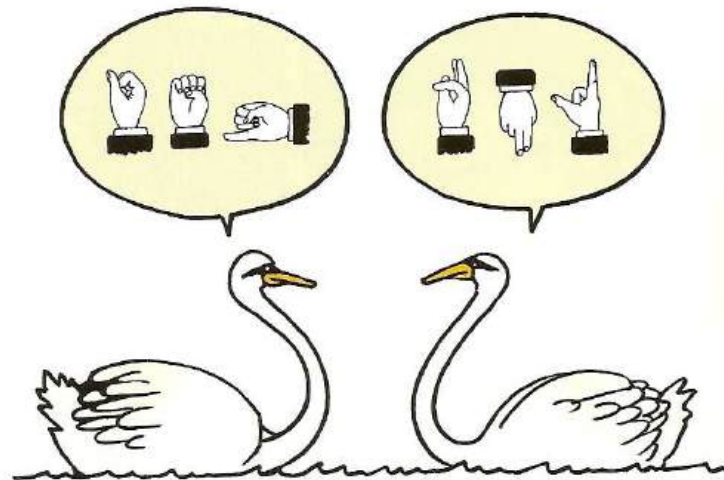
La astronomía es una de las materias en las que la signación en LSF es a la vez rigurosa y poética. Los signos atribuidos a los diferentes planetas del Sistema Solar hacen referencia a sus características particulares. Por ejemplo, Mercurio está muy cerca del Sol, Marte es rojo, Júpiter está representado por su famosa mancha roja que ha sido observada con telescopios durante siglos, Saturno es conocido por sus anillos. La representación del cielo viene ayudada por el hecho de que la mayoría de las constelaciones evocan animales u objetos que ya tienen un signo: osa (grande o pequeña), cisne, peces, ballena, etc. Los nombres mitológicos siguen las tradiciones legendarias; así, *Orión* es un cazador y el *Centauro* es un ser con torso de hombre montado sobre el cuerpo de un caballo.

La tecnología científica se signa de igual modo, como por ejemplo, las computadoras son identificadas por su modelo (PC, portátiles, etc.). Ciertos términos se encuentran muy a menudo con un signo equivalente particular, como "numérico" que se convierte en 1-0-1-0-1-0. La medicina y la biología poseen sus propios vocabularios técnicos y completos.

Esta visión de conjunto puede, obviamente, proporcionar solo una idea aproximada de la comunicación científica en el LSF. La expresión facial es extremadamente importante, tanto si es para expresar que una secuencia matemática tiende a menos infinito y es, por tanto, "muy pequeña", o que la estrella Vega en la constelación de la Lira tiene una temperatura superficial de 35 000 grados y es, por tanto, "muy caliente". Además del rigor del discurso científico, el signador acompaña (en el sentido musical del término) sus palabras con gestos en los que la combinación de los signos se apoya para su

interpretación. Esta dualidad de interpretación trasciende la precisión de las palabras de modo que no sólo hay comprensión sino también sentimiento. De esta manera, la asociación de la expresión corporal con el academismo frecuente del discurso científico aporta su toque de humanidad y de compartir a un mundo en cierto modo brusco.

LE LANGAGE DES CYGNES



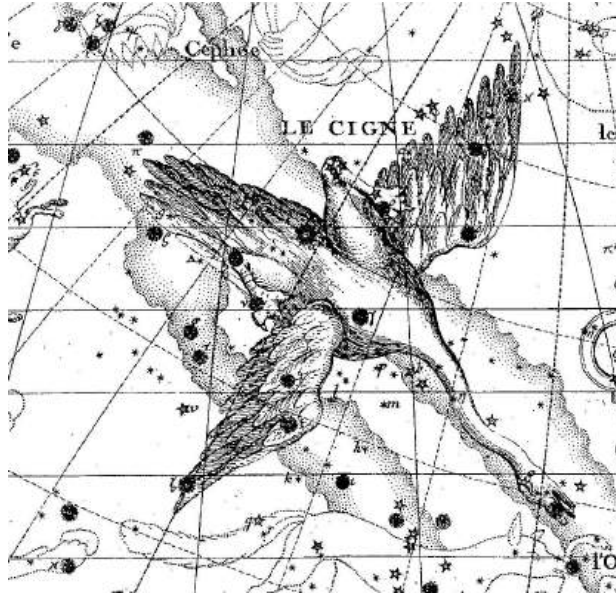
El lenguaje de los cisnes, extraído de La Marque du Chat, Philippe Geluck © Casterman. Con la amable autorización del autor y de Edition Casterman.

Un diccionario astronómico LSF

La idea de un diccionario astronómico vio la luz por primera vez siguiendo la emisión de un programa en LSF en la serie de televisión "*El ojo y la mano*", dedicado a esta ciencia, producido por Philippe Quinconneau y Danial Abbou, con la participación de los autores de este diccionario, emitido en octubre de 2007³. Además desde 2000 el Observatorio de Meudon ha organizado clases mensuales de astronomía dentro del programa *Astronomía para todos* con el objetivo de compartir conocimientos relacionados con la astronomía, la astrofísica y ciencias afines (planetología, climatología, exobiología...) con los públicos que tienen dificultades para acceder a la cultura científica en general. Estas clases reúnen en cada sesión unos doce o quince participantes sordos. Si lo permiten las condiciones meteorológicas, se realizan observaciones con uno de los telescopios del observatorio, habiendo seleccionado con anterioridad objetos como la Luna, planetas, estrellas, galaxias, etc., para observarlos luego en el firmamento. Si el cielo está cubierto, entonces se realiza una visita al observatorio acompañada de una conferencia con imágenes sobre un tema en particular. Estas noches, muy apreciadas por la

³ www.france5.fr/oeil-et-main/archives/35220934-fr.php

comunidad sorda, permiten intercambios fructíferos que van más allá de la ciencia formal y todo el mundo saca provecho de ellas. Para el presentador son la ocasión de una mayor comprensión del mundo y la cultura de los sordos al tiempo que le permite progresar en la práctica de las exposiciones usando el lenguaje de signos. La experiencia adquirida de este modo fue el origen de este diccionario.



El lenguaje de signos en el cielo: la constelación del Cisne del atlas de Flamsteed (1776).

Este diccionario es el primero en establecer una relación detallada entre la astronomía y la comunidad sorda. Si la astronomía es probablemente la más antigua de las ciencias, las dificultades en la percepción del hombre de un Universo inmenso donde el espacio y el tiempo participan se alían con algunas de las preocupaciones de los sordos en un mundo de sonidos. Como consecuencia, la signación de algunos términos esenciales para la astronomía ha conducido a la creación de neologismos, en particular para términos tomados prestados de la tradición. Como ejemplo, es fácil encontrar un signo equivalente para el nombre de una constelación cuando se trata de animales u objetos pero cuando el nombre de la constelación se remonta al tiempo de Ptolomeo y la antigua Grecia, esto requiere un poco de imaginación. Cefeo es representado por el signo compuesto REY BARBUDO, Cassiopeia con el signo REINA y su hija, la princesa Andrómeda, por el signo compuesto MUJER ENCADENADA, que hace referencia al mito que la muestra encadenada a una roca por haber suscitado la ira de Poseidón.

Hemos tenido la precaución de evitar homónimos y parónimos. Por ejemplo, es esencial ser capaz de distinguir entre Saturno con sus anillos y una galaxia con su disco. Esta investigación sobre los signos equivalentes ha dado pie a largas reflexiones cuando el propio término astronómico es de aparición reciente y se refiere a un objeto muy complejo. Un ejemplo particular de esta

preocupación es el de "cuásar", que es una contracción del inglés *quasi-stellar radio source*. Tuvimos que esperar hasta la década de 1960 para comprender que un cuásar no era una estrella, a pesar de que pareciese tener las mismas dimensiones, sino un objeto mucho más lejano cuya emisión de energía, idéntica a la de una galaxia entera, procede de un centro diminuto. Una descripción con signos propuestas por los colaboradores sordos de este diccionario es: "yo observo una pequeña fuente brillante en el cielo; la abro para ver su interior; me asombro al ver el área central de una galaxia encerrada en este espacio con una energía considerable". Finalmente, llegamos a la combinación de signos: IGUAL+GALAXIA+ENERGÍA+POTENTE.

Tenemos que esperar a que estas construcciones evolucionen en las manos de los sordos, ya sea por conocimientos nuevos que permitan una mejor adaptación al lenguaje de signos o porque, como ocurre en todas las lenguas vivas, LSF tenderá a ser modificada ya que los signos compuestos con el paso del tiempo son reemplazados por otros más sencillos. Nosotros somos los primeros que esperamos que esto ocurra.

Este diccionario pretende reunir los componentes esenciales de la astronomía y convertirlos en una enciclopedia del LSF. Para el lector que no practica el LSF, recomendamos que realice un curso básico en paralelo. Son impartidos por diversos tipos de organismos y asociaciones, generalmente con profesores sordos. Hemos querido crear una herramienta de trabajo dirigida a profesores así como a aquéllos interesados en la cultura de los sordos y la astronomía.

Cada entrada va acompañada de una imagen del signo correspondiente así como una explicación complementaria de los diferentes parámetros de cada signo. Allí donde el signo es antiguo, este comentario tiene también un aspecto etimológico. Los dibujos son obra de Carole Marion; los movimientos están representados por flechas en línea con las convenciones establecidas hace tiempo por la editorial IVT. Muchas de las ilustraciones proceden de Wikimedia Commons y pueden ser utilizadas libremente sin necesidad de licencia.

Las **palabras en negrita** indican puntos de referencia e ideas esenciales. Los nombres técnicos, geográficos y extranjeros están *en cursiva*. La traducción al francés ed los signos del LSF están EN MAYÚSCULAS PEQUEÑAS.

Dominique Proust



Dominique Proust es oyente, ingeniero investigador del CNRS y astrofísico del Observatorio de Paris-Meudon. Ha estudiado en la Academia Francesa del Lenguaje de Signos y en el Teatro Visual Internacional, y practica el lenguaje de signos francés. Ha desarrollado una colaboración cultural en astronomía con la comunidad de sordos con su programa "Astronomía para todos".

Daniel Abbou es sordo, profesor, pedagogo, coproductor y presentador del programa semanal « El Ojo y la Mano» en Canal 5. También es asesor de comunicaciones en ESAT Jean Moulin (Paris 14^e). Tras haber sido uno de los protagonistas del renacimiento del lenguaje de signos en Francia, ha participado en numerosos programas culturales tanto en Francia como en el extranjero como pedagogo y experto.

Nasro Chab es sordo, responsable de las conferencias en el Museo de Artes y Oficios y en el Palais de Decouverte. Es especialista en comunicación científica en LSF para la comunidad sorda y ha desarrollado una pedagogía adaptada. Participa activamente en el desarrollo del lenguaje de signos en el extranjero donde es invitado con frecuencia como experto.

Yves Delaporte es oyente. Etnólogo y director de investigación en el CNRS. Ha publicado muchos libros sobre el mundo de los sordos, incluyendo « *Les sourds, c'est comme ça* » (Maison des sciences de l'homme, 2002), « *Moi, Armand, né sourd et muet* » (Plon, 2002, con Armand Pelletier), « *Dictionnaire étymologique et historique de la langue des signes françaises* » (Editions du Fox, 2007). Es aficionado a la astronomía.

Carole Marion es sorda, artista profesional, diplomada por la Escuela de Bellas Artes de Lyon, anteriormente profesora de LSF en la Universidad de Lyon en Bron y enseñante de LSF en el Instituto Gustave Baguer en Asnières (92).

Blandine Proust es oyente. Ha estudiado en la Academia Francesa de Lenguaje de Signos y en el Teatro Visual Internacional. Practica el lenguaje de signos francés, principalmente dentro de su carrera profesional en una compañía aérea.



ÍNDICE

Alfabeto.....	15
Agujero negro.....	17
Anteojo astronómico	19
Año	21
Año-luz.....	23
Asteroides.....	24
Astrología	27
Astronomía - Astrofísica	29
Astronomía (historia)	31
Big Bang.....	35
Bóveda celeste.....	37
Calendario	38
Cénit y Nadir	40
Ciencia.....	41
Cometa	42
Constelación	45
Contaminación lumínica	48
Coordenadas celestes.....	50
Cuásar.....	51
Cúmulo (abierto)	53
Cúmulo (globular)	55
Diámetro.....	57
Distancia.....	58
Eclipse	60
Eclíptica.....	63
Ecuador.....	64
Elementos (químicos).....	65
Elipse.....	67
Energía	68
Equinoccio.....	69
Espectro electromagnético	70
Estrella (binaria).....	73
Estrella (de Navidad).....	75
Estrella (distancia).....	77
Estrella (evolución)	79
Estrella (general)	81
Estrellas (tipos).....	83
Estrella (variable)	86
Fuerza o Interacción	89
Galaxia (estructura).....	96
Galaxia (evolución)	98
Galaxia (general)	100
Galaxia (tipos).....	103
Grupo Local, cúmulo Local y Supercúmulo Local	108
Imagen.....	111
Júpiter.....	113
Luna.....	116
Luz (velocidad)	119



Magnitud (fotometría)	121
Marte	123
Masa	126
Mecánica celeste	127
Mercurio	129
Meteoritos (meteoros)	131
Nebulosa planetaria	133
Neptuno	135
Nova	137
Nubes de Magallanes	139
Nuclear (reacciones).....	141
Observatorio	143
Parsec	146
Plutón	147
Potencia	149
Púlsar	150
Radiotelescopio	152
Raíz.....	154
Relatividad	155
Reloj astronómico	158
Revolución (órbita)	160
Satélite artificial - Sonda espacial	161
Saturno	163
Sistema Solar.....	165
Sol.....	168
Solsticio.....	171
Supernova.....	173
Telescopio	175
Tierra	178
Transneptunianos (objetos)	182
Trópico	184
Unidad astronómica.....	185
Universo (expansión)	186
Universo (historia).....	188
Universo (radiación de fondo).....	191
Urano	193
Venus.....	195
Vía Láctea	197
Vida (en el Universo)	200
BIBLIOGRAFIA GENERAL.....	203

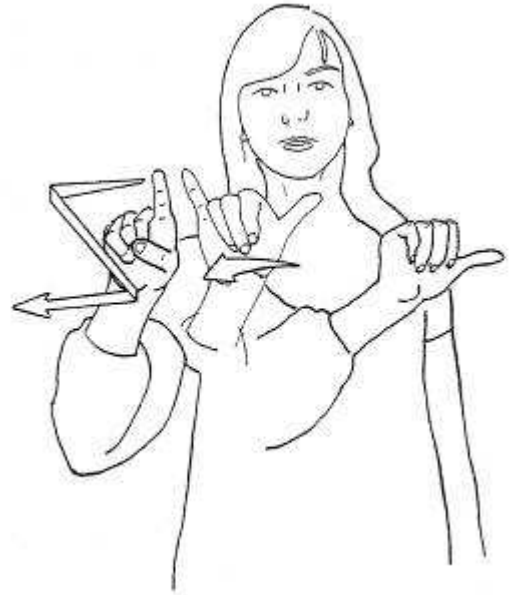


Alfabeto

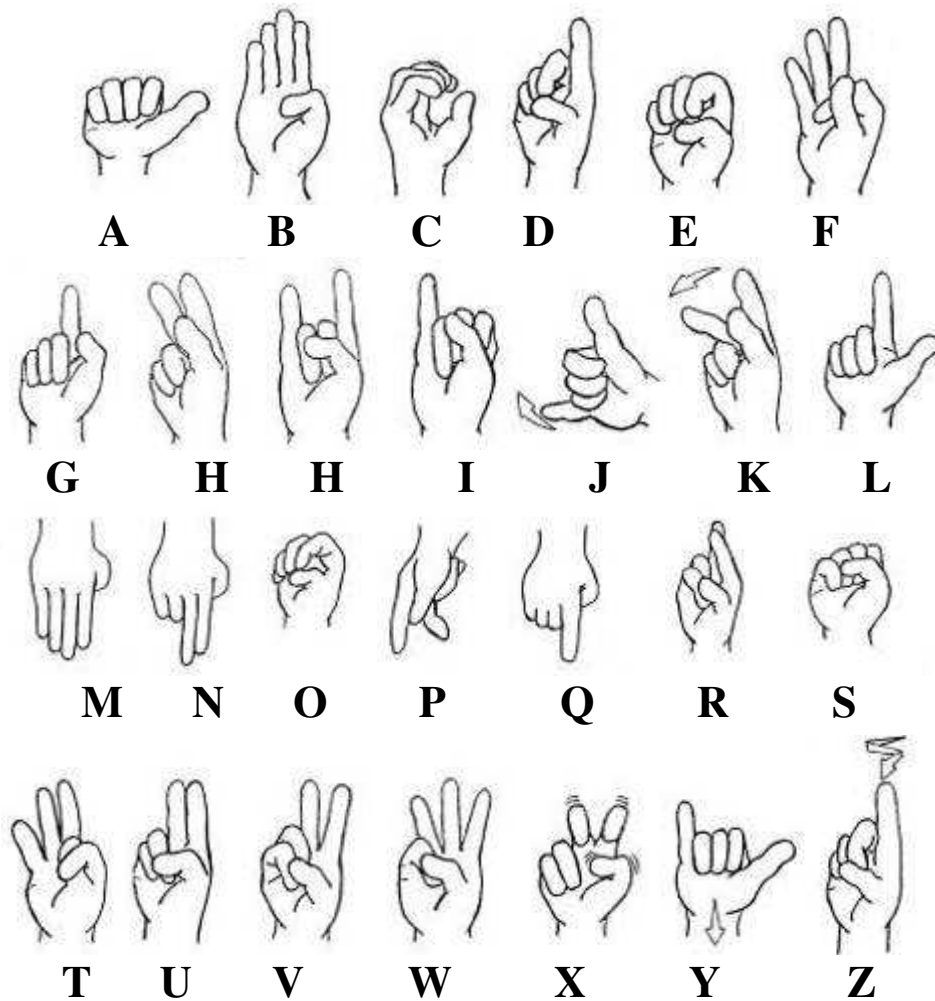
En LSF, la astronomía recurre a dos alfabetos diferentes pero complementarios: el alfabeto manual y el alfabeto griego.

El alfabeto manual o dactilología tiene como papel esencial deletrear los nombres propios para los que no existe aún ningún signo en LSF. Así pues, diferentes entradas del presente diccionario recurren a un signo seguido de un nombre propio deletreado, por ejemplo, el cinturón de Kuiper (ver la entrada *Transneptunianos*) o el cometa de Halley (ver la entrada *Cometa*).

El signo ALFABETO MANUAL muestra las dos primeras letras del alfabeto, A y B, y continua con un desplazamiento lateral de la mano y una oscilación de los dedos que sugieren una largaserie.



ALFABETO MANUAL



El alfabeto manual.

El alfabeto griego es utilizado en astronomía desde hace varios siglos.

Se representa en LSF por el signo ALFABETO DE UNA LENGUA VOCAL, seguido del signo GRIEGO. Para poder representar cualquier alfabeto, ya sea francés, griego o cirílico, el primer componente abandona toda referencia a letras concretas y no simboliza más que el deletreo de una larga serie de cosas. El signo GRIEGO deriva del signo GRECIA que, por un juego de palabras sobre la homofonía de las palabras *Grecia* y *grasa*, representa una cara hinchada. El derivado GRIEGO se reduce a la letra manual G, inicial de la palabra *griego*; sólo, su realización cerca de la cara mantiene la huella del étimo GRECIA.



ALFABETO GRIEGO

Cada letra designa a una estrella en una constelación concreta, incluso aunque las estrellas más brillantes llevan a menudo nombre. Así, la estrella “alfa” de la constelación de la Lira, anotada “ α Lyr” es la magnífica estrella Vega.

El cuadro siguiente da la lista de las 24 letras griegas, acompañadas de su nombre

Letra	Nombre	Letra	Nombre	Letra	Nombre
α	alfa	ι	iota	ρ	rho
β	beta	κ	kappa	σ	sigma
γ	gamma	λ	lambda	τ	tau
δ	delta	μ	mu	υ	ípsilon
ϵ	épsilon	ν	nu	ϕ	fi
ζ	zeta	ξ	xi	χ	ji
η	eta	\omicron	ómicron	ψ	psi
θ	theta	π	pi	ω	omega

Agujero negro

La noción de agujero negro se representa por el signo AGUJERO seguido del signo NEGRO. Para la etimología de NEGRO, vea la constelación del Cuervo en el Atlas del Cielo.



Palabras y expresiones asociadas: Astrónomo - Estrella - Estrella de neutrones - Fuerza (atracción) - Galaxia - Júpiter - Luz - Luna - Masa - Supernova - Sistema Solar - Tierra - Universo - Velocidad (luz).

Todos los cuerpos del Universo ejercen una fuerza de atracción vinculada a su masa; así es como la atracción de la Tierra mantiene a la Luna en su lugar. Un cohete que abandone la Tierra para explorar el Sistema Solar debe tener una velocidad mínima de 11 km / s para evitar quedar en órbita o caer de nuevo al suelo. Esta velocidad de escape aumenta con la masa del planeta: en Júpiter, la velocidad de escape es de 59,5 km / s. ¿Cuáles serían entonces las características de un cuerpo para el cual la velocidad de escape fuera igual a la velocidad de la luz (300 000 km / s)? De esta antigua idea del astrónomo *Pierre Simon Laplace* (1749-1827) nació la noción de **agujero negro**, cuya existencia pondrá de manifiesto el progreso de la física.

Siguiendo a *Laplace*, *Albert Einstein* (1879-1955) demostró que si los rayos de luz se mueven en línea recta en el vacío, debido a su naturaleza dual que consiste en ondas y partículas, los fotones (ver la entrada *Luz*), causa una curvatura de su trayectoria en la vecindad de un cuerpo celeste masivo.

El caso más extremo consiste en un cuerpo cuya masa es tal que impide que cualquier materia o luz escape de él; ese agujero negro atrapa y desvía para su beneficio todo lo que está a su alcance

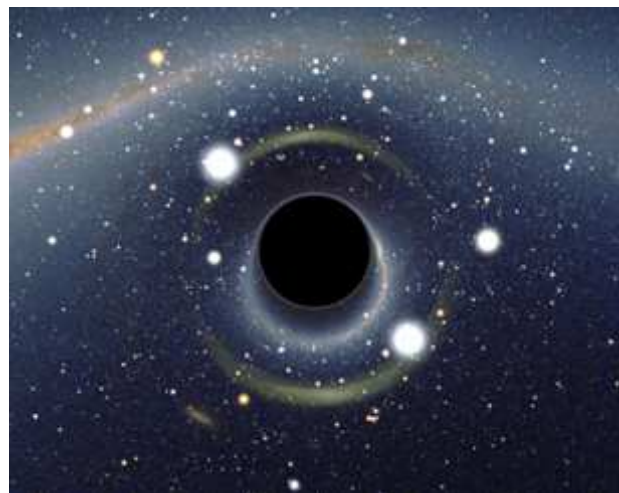


Imagen simulada de un agujero negro. El campo de gravedad deforma las imágenes de objetos más distantes en arcos. © NASA

Los astrónomos han descubierto que existen muchos agujeros negros en el Universo, con diferentes dimensiones. Los más importantes se encuentran en el centro de las galaxias, mientras que los agujeros negros pequeños son el resultado del colapso total de una estrella masiva después de su explosión (ver entrada *Supernova*). Dentro de la estrella de neutrones, la materia continúa su implosión hasta que la estrella tiene un diámetro de no más de unos cientos de metros.

Extraños objetos del Universo, la existencia de los agujeros negros ahora está bien establecida, sin que sea posible observarlos directamente ya que no escapa de ellos ninguna radiación. Las teorías conducen a propiedades más allá del ámbito de la física clásica. Por lo tanto, "caer" en un agujero negro podría ser un atajo para "salir" a gran distancia, en algún lugar del Universo. El estudio de los agujeros negros toca los límites actuales de la física, pero el progreso de la astronomía ayudará rápidamente a comprender mejor su naturaleza.



Anteojo astronómico

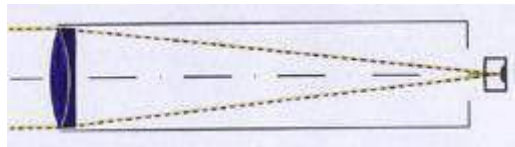
El signo de ANTEOJO ASTRONÓMICO dibuja la forma de un instrumento óptico que se dirige al cielo.



Palabras y expresiones asociadas: Foco - Júpiter - Luna - Satélite - Tierra (rotación) - Telescopio - Venus.

El anteojo astronómico es el primer instrumento que permitió acercar los objetos al cielo gracias a su aumento. No se sabe exactamente quién lo inventó, pero sin duda alrededor de 1585 un óptico inteligente, probablemente de los Países Bajos, descubrió que usando dos lentes era posible "ver de cerca." Apuntando hacia el cielo, *Galileo* (1564-1642) descubre los cráteres de la Luna, las fases de Venus y los cuatro satélites más grandes de Júpiter.

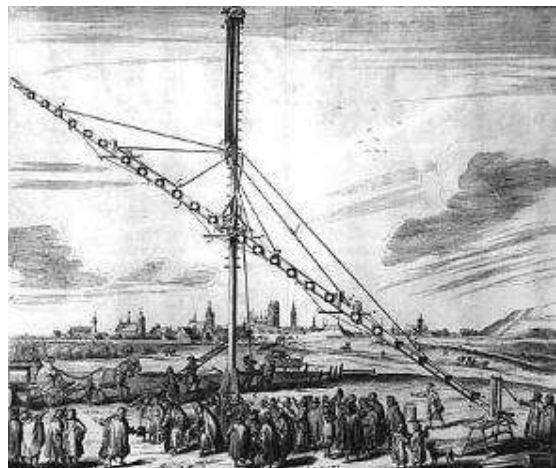
Un anteojo astronómico está compuesto por un tubo largo al final del cual se coloca una lente. Ésta juega el mismo papel que una lupa: concentra los rayos de luz en un punto: el **foco**.



Principio del anteojo astronómico.

En el foco, un sistema de lentes permite agrandar la imagen *Principio del anteojo astronómico*. como lo hacen en un microscopio. Los anteojos más grandes tienen tubos que pueden alcanzar de 15 a 20 metros de longitud. El objetivo más grande tiene un metro de diámetro; el gran anteojo de Meudon es el tercero del mundo con un objetivo de 83 cm.

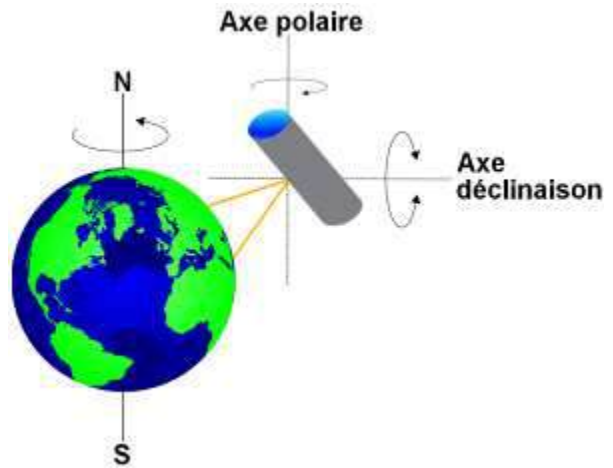
Debido a la longitud excesiva de los anteojos, los astrónomos los han reemplazado gradualmente con telescopios. Estos son más compactos y pueden tener diámetros más grandes.



El anteojo del astrónomo Johannes Hevelius (1611-1687) construido en Danzig.

La diferencia entre un antejo y un telescopio es la ausencia de un espejo en el caso del antejo. La luz viaja a través de lentes de vidrio para dar imágenes ampliadas, mientras que los telescopios reflejan la luz en los espejos.

Los pequeños antejos vendidos en los comercios están montados sobre un eje horizontal y un eje vertical: es una **montura acimutal**. Los antejos grandes están contruidos sobre monturas ecuatoriales cuyo eje es paralelo al eje de rotación de la Tierra, lo que permite que el telescopio gire a su alrededor compensando, con la ayuda de un motor, el movimiento de la Tierra.



Principio de la montura ecuatorial.



*El telescopio de 38 cm del observatorio de París.
© Observatoire de Paris*

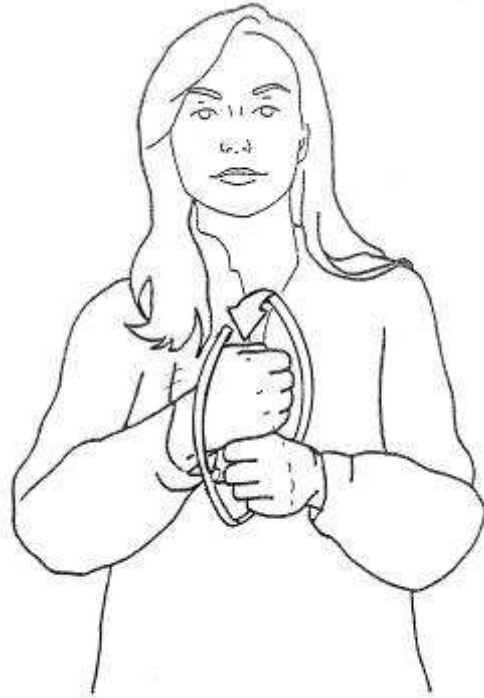


*El gran telescopio del observatorio de Meudon en 1877.
© Observatoire de Paris*



Año

El signo AÑO, un puño girando alrededor del otro, representa la trayectoria anual de la Tierra alrededor del Sol. Este signo existe desde principios del siglo XIX.



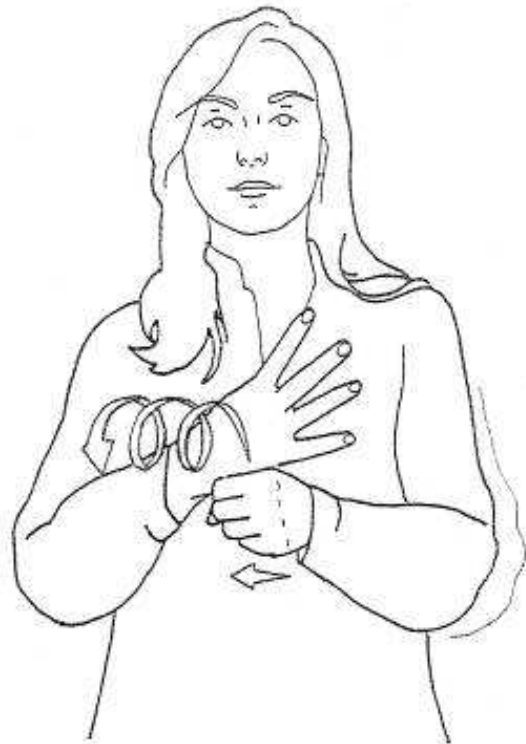
Palabras y expresiones relacionadas: Año - Calendario - Estrella - Exoplaneta - Luz - Planeta - Revolución - Sol - Sistema solar - Tierra.

El año es el tiempo que tarda un planeta en efectuar una revolución completa alrededor del Sol o de una estrella. La Tierra gira alrededor del Sol en 365 días, 6 horas, 9 minutos y 9.5 segundos. En cuanto a los demás planetas del Sistema Solar ya los exoplanetas, el año en cada uno de ellos se calcula con frecuencia en años y días de la Tierra.

En lo que respecta al año terrestre, las seis horas que sobran con respecto a los 365 días del calendario son añadidas al cabo de cuatro años, es decir $6 \times 4 = 24$ horas o un día extra. Es por esta razón que cada cuatro años se inserta un día adicional en el calendario, el 29 de febrero: es un año **bisiesto**. El año 2008 fue bisiesto; lo serán igualmente el 2012, 2016, 2020, 2024, etc.

El año bisiesto es signado por el signo CADA CUATRO AÑOS derivado de AÑO. La mano que representa a la Tierra toma la forma de la cifra CUATRO, con un movimiento repetido hacia adelante que simboliza al carácter cíclico del fenómeno.

En astronomía se distinguen otros tipos de años : el **año sideral** que corresponde al tiempo que tarda el Sol en regresar exactamente a la misma posición con respecto a las estrellas, observado desde un punto fijo de la Tierra. En la



AÑO BISIESTO



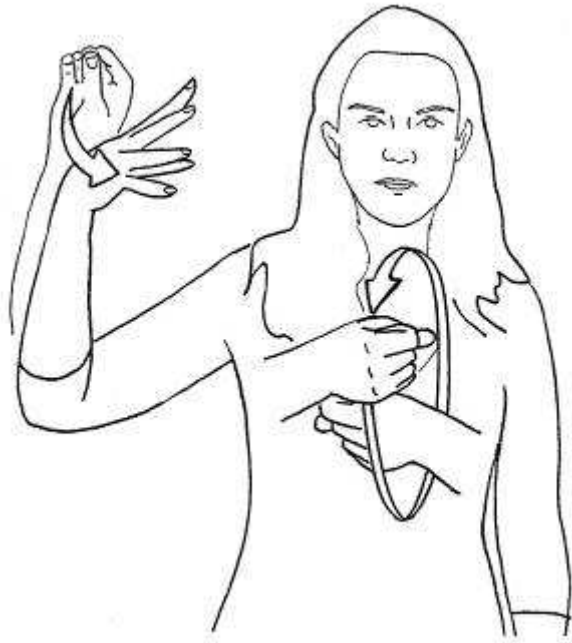
vida corriente, el **año civil** comprende 365 días y 366 cuando el año es bisiesto. Cada planeta del Sistema solar tiene así su propio año correspondiendo a la duración de su revolución alrededor del Sol: 686,96 días para Marte, 4335,355 días (11,87 años) para Júpiter, 10757,737 días (29,45 años) para Saturno, etc.

El **año-luz** (ver esta entrada) es una unidad utilizada en astronomía para medir las distancias muy grandes.



Año-luz

El concepto de año-luz se expresa con el signo AÑO seguido del signo LUZ (ir a esta entrada). El signo AÑO reproduce el movimiento de rotación de la Tierra alrededor del Sol; ya estaba vigente en las instituciones para niños sordos al principio del siglo XIX. Para no volver fastidiosa la repetición del signo compuesto AÑO-LUZ en el curso de una conferencia de astronomía, se puede adoptar la abreviatura A- L en alfabeto manual.



Palabras asociadas: Astronomía - Distancia - Estrella - Galaxia - Júpiter - Luna - Partícula - Planeta - Fotón - Sol - Telescopio - Tierra - Velocidad.

El año-luz es una unidad utilizada en astronomía mucho más práctica que el kilómetro para medir las distancias muy grandes. Los fotones, partículas que componen la luz, se mueven a una velocidad de 300 000 km/s en el vacío; el año luz representa pues la distancia recorrida en un año por estas partículas.

Ya que un año comprende 365 días, un día 24 horas, una hora 60 minutos y un minuto 60 segundos, el año luz (AL) vale pues :

300 000 km/h x 60 segundos x 60 minutos x 24 horas x 36 días, es decir :

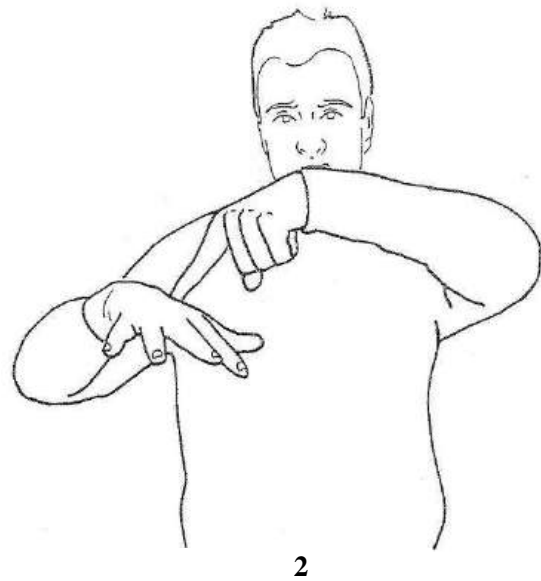
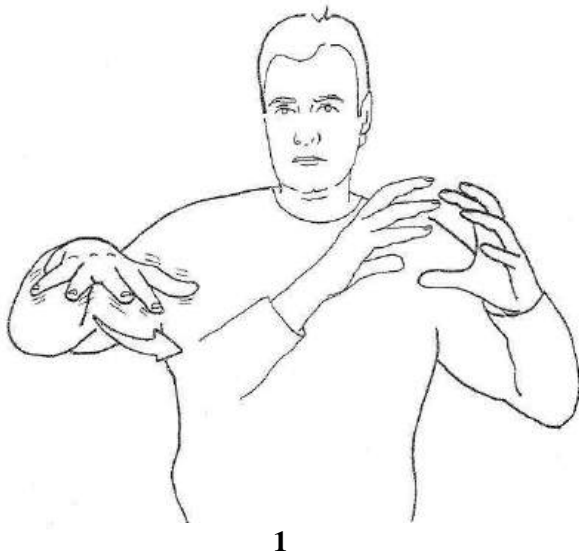
$$1 \text{ A.L.} = 9\,460\,800\,000\,000 \text{ km}$$

La luna está de este modo a 1,25 segundos-luz de la Tierra, el Sol a ocho minutos-luz, el planeta Júpiter a una hora-luz, y la estrella polar a 300 años-luz; vemos pues esta estrella tal como era hace 300 años, el tiempo necesario para que su luz llegue hasta nosotros. Las galaxias más lejanas actualmente observadas con los grandes telescopios están situadas a una distancia de ocho mil millones de años-luz.



Asteroides

El concepto de asteroides se expresa con una sucesión de tres signos. El primero muestra una vasta zona circular alrededor del Sol representada por un puño cerrado, llena de multitud de cosas simbolizadas por los dedos abiertos de la otra mano. El apuntado con el dedo índice informa enseguida de que se van a aportar precisiones sobre el contenido de esta zona. Viene seguido por el signo PIEDRA / ROCA. Para la etimología de este último signo, ir a la entrada *Transneptunianos*. En el contexto de una conferencia de astronomía en que el concepto de asteroides ha sido explicitado por estos tres signos, el primero de entre ellos es suficiente para la continuación.



Palabras y expresiones relacionadas:

Astrónomo - Cometa - Diámetro - Júpiter -
Luna - Marte - Masa - Planeta - Sol - Sistema
Solar - Tierra - Vida.

Los **asteroides** son gruesos bloques de rocas cuyo tamaño varía entre varias decenas de metros y varias decenas de kilómetros. Contrariamente a los cometas, la mayoría de los asteroides circula prudentemente en una región situada entre las órbitas de Marte y Júpiter, formando el **cinturón de asteroides**.



Este cinturón de asteroides corresponde a una región del Sistema solar en la que la atracción combinada de grandes planetas provoca una **resonancia gravitacional** que impide a los pequeños objetos situados en esta zona aglomerarse para formar un nuevo planeta (ir a la entrada *Sistema Solar*). Los asteroides están constituidos por materiales similares a los de los planetas más próximos al Sol: Mercurio, Venus, Tierra y Marte. Los astrónomos estiman que de uno a dos millones de entre ellos tienen un diámetro inferior a un kilómetro (lo que supone una masa individual de veinte mil millones de toneladas), mientras que aproximadamente doscientos tienen un diámetro superior a cien kilómetros. Giran alrededor del Sol a una velocidad media de aproximadamente 65.000 km/h (casi dos veces menos deprisa que la Tierra), con una masa total equivalente a la de la Luna.



El asteroide *Gaspra* que tiene 19 km de largo y 12 km de diámetro. © NASA / JPL

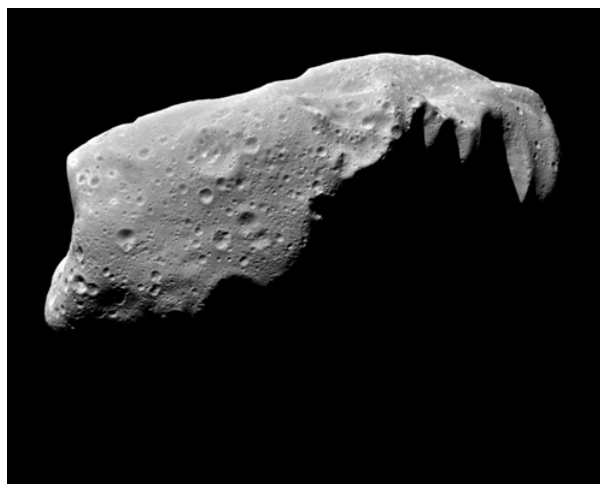
Descubrimiento de los asteroides

En 1788, *Johann Elert Bode* (1747-1826), director del Observatorio de Berlín, reexamina una relación numérica que relaciona las distancias de los planetas al Sol, descubierta en 1741 por el astrónomo alemán *Wolf* y precisada por su compatriota *Daniel Von Tietz* (1729-1796):

$$D = 0,4 + (0,3 \times 2^n)$$

En esta fórmula, n toma los valores de $-\infty$ (menos infinito) para Mercurio, 0 para Venus, 1 para la Tierra, 2 para Marte, etc. El cuadro de aquí abajo muestra las correspondencias entre los valores deducidos a partir de la relación de Bode y las distancias reales, la distancia de la Tierra al Sol siendo tomada como unidad. Este cuadro se extiende a los cuerpos celestes descubiertos después de Bode: los planetas Urano y Neptuno, así como los asteroides.

Planeta	n	Relación de Bode	Distancia real
Mercurio	$-\infty$	0,4	0,39
Venus	0	0,7	0,72
Tierra	1	1,0	1
Marte	2	1,6	1,52
Asteroides	3	2,8	2,80
Júpiter	4	5,2	5,20
Saturno	5	10,0	9,55
Urano	6	19,6	19,2
Neptuno	7	38,8	30,1



El asteroide *Ida*, de 56 km de largo y 23 km de diámetro. © NASA / JPL

La ausencia de planetas entre Marte y Júpiter (correspondiente a $n = 3$) incita a los astrónomos del fin del siglo XVIII a escrutar el cielo a la búsqueda de un mundo nuevo. En 1801, el abad *Piazzi* descubre **Ceres**, el más grande de los asteroides con un diámetro de 945 km. Después, numerosos pequeños cuerpos son encontrados, entre los cuales **Pallas** (526 km de diámetro), **Vesta** (530 km), **Juno**(234 km), hasta **Icaro** (1 km) y **Adonis** (600 metros). El Sistema solar dispone así de un verdadero cinturón compuesto por más de 400 000 asteroides. Como ejemplo, el asteroide n° 4474 se llama *Proust*, como el apellido de uno de los autores de este diccionario. Tiene un diámetro de aproximadamente 19 km y efectúa una revolución alrededor del Sol en 5,71 años, a una distancia del Sol comprendida entre 402 y 554 millones de km.

¿Hay riesgos para la Tierra?

Si bien la mayoría de los asteroides gira prudentemente entre las órbitas de Marte y Júpiter, un buen número de ellos tienen una órbita más excéntrica; constituyen la familia de los **Troyanos**, cuyas órbitas cruzan las de Marte, la Tierra, Venus y Mercurio, pudiendo golpear a estos planetas.

Fue seguramente un asteroide de diez kilómetros de diámetro quién chocó contra la Tierra hace 65 millones de años; estaría involucrado en la formación del Golfo de México y habría provocado la extinción de los grandes dinosaurios. El 30 de junio de 1908, en la región de *Tunguska* en Siberia, un asteroide de 100 000 toneladas explotó en la alta atmósfera antes de golpear contra la Tierra, tumbando los árboles en decenas de kilómetros. Por suerte, la región era desértica. Si la vida sobre la Tierra apareció gracias a los cometas y a los asteroides, el choque con uno de estos cuerpos podría ser también una causa principal de su extinción, parcial o total (ir a la entrada *Vida*).



El asteroide Eros es un cilindro de 33 km de longitud y 13 km de diámetro. La sonda espacial NEAR se posó sobre su superficie el 12 de febrero de 2001. © NASA/JPL

Astrología

El signo ASTROLOGÍA es el antiguo signo ESTRELLAS tal como era realizado en los siglos pasados, y tal como se mantiene hoy en otros países: consiste en señalar con el índice a diferentes lugares de la bóveda celeste. La aparición de los otros signos ESTRELLA (ir a las entradas *Estrella-general* y *Bóveda celeste*) y la existencia de un signo específico ASTRONOMÍA han conducido a conservar este antiguo signo ESTRELLAS atribuyéndole el sentido de “astrología”.



Palabras y expresiones relacionadas:

Astronomía – Calendario – Cometa – Constelación – Estrella – Planeta – Precesión de equinoccios – Sol – Tierra – Zodíaco.

A menudo se confunde erróneamente **astronomía** y **astrología**. En la historia antigua y hasta el fin del siglo XVII, existía una “ciencia del cielo” que consistía en localizar al movimiento de los planetas entre las **doce constelaciones del zodiaco**, en observar los cometas y las estrellas, en seguir los eclipses de la Luna y el Sol, en ajustar el calendario. Estos fenómenos eran interpretados como signos tangibles enviados por las divinidades. En los palacios, los reyes, los emperadores y los dignatarios se procuraban astrólogos, los cuales establecían las predicciones y los horóscopos a partir de sus observaciones. Esta actividad no estaba exenta de riesgo, y hubo astrólogos que fueron condenados a muerte porque sus predicciones no se habían realizado.

Las doce constelaciones del zodiaco

En el curso del año, el movimiento aparente del Sol (en realidad es la Tierra la que gira alrededor de él) le hace atravesar tradicionalmente doce constelaciones que constituyen el zodiaco.

He aquí sus nombres, en español y en latín: Acuario (*Aquarius*), Piscis (*Pisces*), Aries (*Aries*), Tauro (*Taurus*), Géminis (*Gemini*), Cáncer (*Cancer*), Leo (*Leo*), Virgo (*Virgo*), Libra (*Libra*), Escorpio (*Scorpius*), Sagitario (*Sagittarius*) y Capricornio (*Capricornus*). En realidad, el Sol pasa también por otras constelaciones, como *Ophioco* el Cuervo.



El simbolismo de las doce constelaciones del zodiaco (tratado anónimo del siglo XVII).

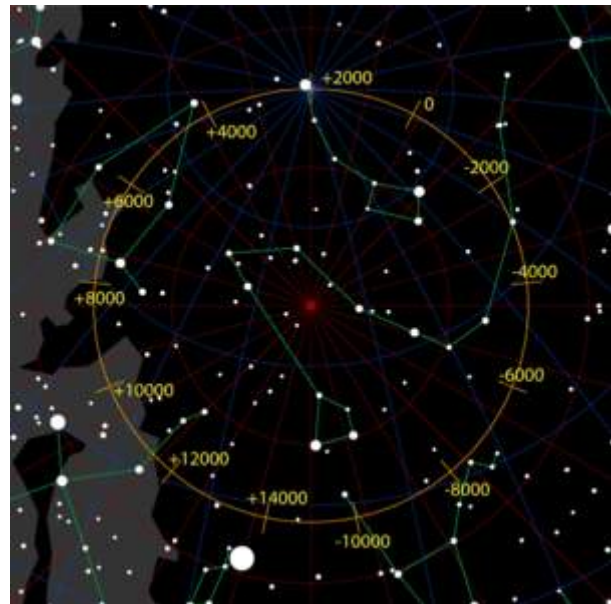
Como los planetas están en el mismo plano de revolución que la Tierra alrededor del Sol, atraviesan también más o menos rápidamente (según la distancia al Sol) estas doce constelaciones. *Ptolomeo*, un astrólogo que vivió en Alejandria en el año 140, redactó un libro llamado *Terrabiblos* en el cual divide el zodiaco en doce regiones iguales, a las que da el nombre de doce constelaciones (como el círculo completo del zodiaco es de 360° , cada región tiene pues 30°). Establece después las relaciones entre los planetas y el zodiaco, que se supone influyen la vida terrestre según que tal o cual planeta atravesase tal o cual región. Después de Ptolomeo y hasta el renacimiento, los astrólogos asocian así las observaciones del cielo y la posición de los planetas para construir horóscopos y hacer predicciones. Nos hemos dado cuenta progresivamente que éstas no se basan en nada serio, más que nada por el descubrimiento de movimientos particulares de la Tierra como la precesión de los equinoccios.

La precesión de los equinoccios

El eje de la Tierra se comporta como una peonza al final de su trayecto, y cambia lentamente de orientación. Actualmente, apunta a la **estrella polar** en la constelación de la Osa Menor. Pero hace 5 000 años, era la estrella α (alfa) del Dragón la que indicaba el polo norte, y dentro de 12 000 años será α de la Lira (llamada *Vega*) la que indicará el norte.

La actual estrella polar señalará de nuevo el norte dentro de 25 800 años.

Este movimiento particular provoca un desfase entre las constelaciones del zodiaco y las doce regiones asociadas por *Ptolomeo*. Así pues, en nuestra época, el Sol y los planetas ya no están en la constelación correspondiente a su región astrológica.



El desplazamiento del Polo Norte durante los próximos milenios. © Tau'olunga.

A partir del siglo XVII, los astrónomos concluyen fácilmente que la astrología no se basa en ninguna ley seria, y que no hay ninguna influencia sobre la Tierra que provenga de los planetas, aparte de los efectos del Sol (calor y luz, flujo de partículas surgidas de las erupciones) y los de la Luna (sobre todo las mareas). **La astronomía y la astrología no tienen pues nada en común.** Hoy en día se encuentran aún numerosos horóscopos en las revistas y periódicos. Éstos no tienen ningún valor, pero traen mucho dinero a los que los escriben. Los astrónomos han demostrado ampliamente que la astrología no tiene ninguna base, pero las supersticiones son aún muy fuertes.

Astronomía - Astrofísica

En el siglo XIX, el concepto de astronomía se traducía por “SOL, LUNA, ESTRELLA, SABER”, seguidos del signo “colocar las dos manos en forma de tubo ante el ojo derecho” (abad Lambert, 1865). Por economía, fue este último componente el que se volvió signo de ASTRONOMÍA. Para distinguirlo de ANTEOJO ASTRONÓMICO, se pone a continuación CIENCIA, al igual que era precedido por SABER en el siglo XIX. Para la etimología de CIENCIA, ir a la entrada correspondiente.

Si la astronomía ha sido tradicionalmente la ciencia de los astros, de su movimiento, del tiempo, del calendario, etc., el mismo signo se aplica a astrofísica, que incumbe más particularmente el estudio físico, químico y cronológico (evolución en el tiempo) de los planetas, las estrellas, las galaxias y del Universo en su conjunto.

Palabras y expresiones relacionadas:

Astronomía (historia) - Calendario - Constelación - Estrella - Galaxia - Imágenes - Luz - Luna (fases) - Mecánica celeste - Fotometría - Planeta - Satélite (artificial) - Sol - Espectroscopia - Sistema solar - Telescopio - Tierra - Universo - Bóveda celeste - Zodíaco.



ANTEOJO ASTRONÓMICO



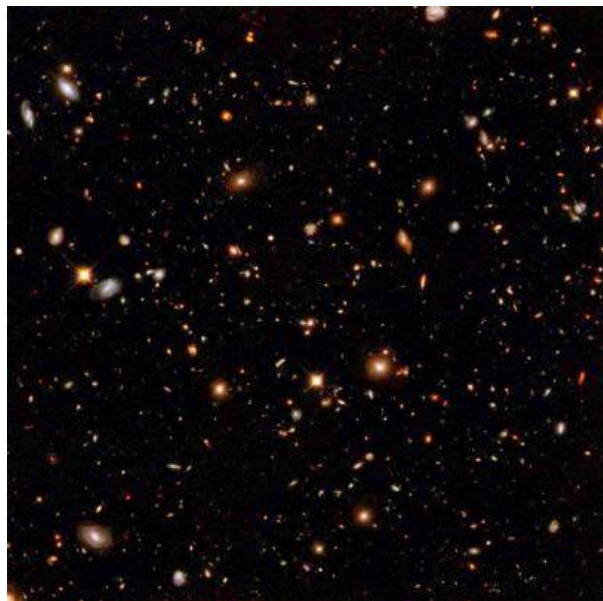
CIENCIA

La astronomía es sin lugar a dudas la más antigua de las ciencias. Nació con la conciencia del hombre, en cuanto éste estuvo intelectualmente bastante maduro como para advertir la irregularidad de los fenómenos celestes, el amanecer y la puesta del Sol, las fases de la Luna, los movimientos de los planetas sobre la bóveda celeste, etc. Estos fenómenos están en el origen de las primeras leyes que organizaron la vida de las civilizaciones al seguir los ritmos del cielo. En la historia, la importancia de la astronomía es tal que reyes, emperadores, dignatarios, etc., se han rodeado de astrónomos, los cuales tienen el papel esencial de efectuar predicciones a partir de los movimientos de los planetas por las doce constelaciones del zodiaco. Esta actividad, el origen de los horóscopos, constituye la astrología que conoce aún hoy en día cierto éxito, aunque no tiene ninguna base sólida, así como lo han demostrado los astrónomos modernos.

A lo largo de la historia (ir a la entrada *Astronomía-historia*), los astrónomos estudiaron el movimiento de la Tierra, del Sol, de la Luna y de los planetas; establecieron los mapas del cielo agrupando las configuraciones de estrellas en constelaciones (hay 88 de ellas en el cielo). Descubrieron el ciclo de las estaciones y regularon el desfile de los días en los calendarios. En la Antigüedad, los planetas fueron considerados como divinidades; más tarde, se intentó comprender su naturaleza, su origen y precisar sus movimientos: así nació la mecánica celeste. La astronomía permitió al viajero orientarse; durante numerosos siglos, sirvió a los navegadores para localizarse; permitió también dar la hora exacta, hoy en día con una precisión de una millonésima de diezmilésima de segundo.

La astrofísica es un campo más reciente que la astronomía. Se interesa esencialmente por la naturaleza y la historia de los cuerpos que componen el Universo: planetas, estrellas, galaxias, etc. Los astrofísicos efectúan observaciones con los telescopios repartidos en la Tierra y, desde hace unas decenas de años, con ayuda de los satélites artificiales en órbita alrededor de nuestro planeta y de las sondas espaciales navegando por el Sistema solar y fuera de él.

Gracias al análisis de la luz que se hace con imágenes, fotometría y espectroscopia, es posible conocer la composición química, el movimiento y la evolución de estrellas y galaxias, y poder retroceder el tiempo. Actualmente, los astrofísicos estiman que el Universo tiene una edad de 13,7 mil millones de años; los telescopios más grandes permiten observar galaxias lejanas a una distancia de ocho mil millones de años-luz, dicho de otra manera ver como era el Universo hace ocho mil millones de años.

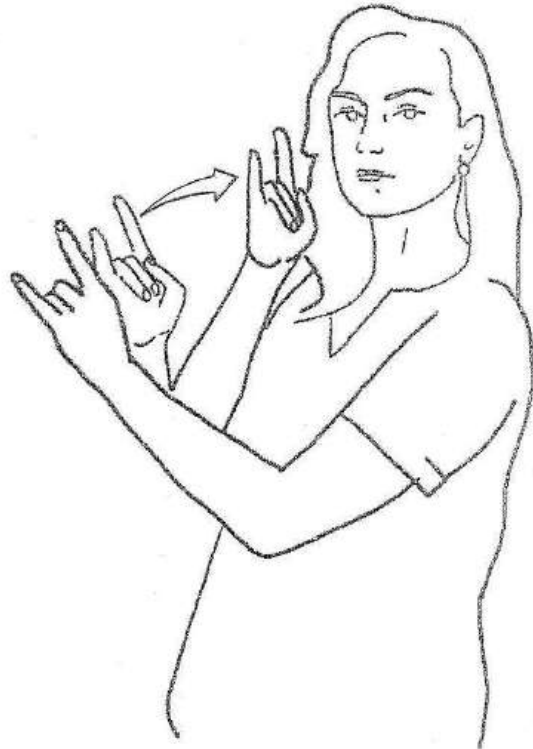


Un campo profundo del cielo, con una mezcla de estrellas y de galaxias muy lejanas). © NASA/HST



Astronomía (historia)

La noción de historia de la astronomía se traduce por el signo HISTORIA seguido por el signo ASTRONOMIA. En el primero de estos componentes, una mano inmóvil representa al momento presente; la otra mano parte hacia atrás en el eje del tiempo, es decir, hacia el pasado. Las dos manos tienen la forma de la H del alfabeto manual, inicial de la palabra *historia*. Para la etimología de ASTRONOMIA, ir a la entrada correspondiente.



HISTORIA

Palabras y expresiones relacionadas: Año-luz - Astronomía - Big Bang- Calendario - Cometa -Eclipse - Elipse - Estrella - Estrella doble - Estrella variable - Fuerza (atracción) - Galaxia - Júpiter - Luna - Anteojo astronómico - Marte - Mecánica celeste - Neptuno - Planeta - Contaminación lumínica - Radiación de 3K - Satélite - Saturno - Sol - Espectroscopia - Sistema Solar - Telescopio - Tierra - Titán - Universo - Urano - Luz (velocidad).

Desde la más remota Antigüedad, el Universo ha fascinado siempre al hombre. La doble pregunta del **cómo** y del **porqué** de su origen y de su evolución justifica suficientemente los trabajos que han permitido a la astronomía efectuar considerables progresos a lo largo del tiempo. El hombre ha nacido y vive en el Universo; es sin lugar a dudas esta relación íntima con el medio ambiente la que hace de la astronomía la más antigua de las ciencias, tan antigua como el hombre mismo. Hasta el Renacimiento, éste no dispone de instrumentos y observa a simple vista; tiene no obstante la ventaja de no padecer la contaminación lumínica y de poder observar al cielo profundo desde todos los lugares de la Tierra en condiciones inimaginables ahora.

Las investigaciones arqueológicas muestran que las civilizaciones de la prehistoria se interesaban por el cielo. Las fases de la Luna, los movimientos de los planetas, las alternancias de las estaciones se encuentran detrás del origen de los primeros calendarios. Sin embargo, los conocimientos actuales tienen sus fuentes en la Antigüedad griega. En Babilonia (800 a.C.) los astrónomos saben ya predecir las fechas de los eclipses de Sol y de Luna. *Anaximandro* (610 a.C., 540 a.C.) sitúa la Tierra en el espacio y coloca las estrellas a grandes distancias. *Aristarco* (310 a.C., 230 a.C.) es el primero en pensar que la Tierra gira sobre ella misma al girar alrededor del Sol. En el siglo II^o antes de nuestra era, *Hiparco* elabora el primer catálogo de estrellas, a las que organiza en seis clases según su

defiende el modelo heliocéntrico. En Holanda, *Christiaan Huygens* (1629 – 1695) descubre a los anillos de Saturno, así como a su satélite Titán, y observa la rotación de Marte. *Jean Dominique Cassini* (1625 – 1712) funda el observatorio de Paris, mide la distancia de la Tierra al Sol y descubre cuatro nuevos satélites de Saturno, mientras que *Olaus Römer* (1644 – 1710) mide la velocidad de la luz en el mismo observatorio. En Inglaterra, *Isaac Newton* (1642 – 1727) muestra que la luz blanca se descompone en diferentes colores (ir a la entrada *Espectroscopia*); construye el primer telescopio y establece en 1687 la ley de la **gravitación universal** según la cual los cuerpos están sometidos a una fuerza de atracción en función de su distancia mutua. Su compatriota *Edmund Halley* (1656 – 1742) calcula las órbitas de veinticuatro cometas y predice el retorno de uno de ellos (ir a la entrada *Cometa*).



William Herschel



Urbain le Verrier



Albert Einstein et Marie Curie

El siglo XVIII marca un avance considerable en astronomía. Los telescopios permiten observar las estrellas, descubrir que su resplandor varía (ir a la entrada *Estrella variable*) y que algunas de ellas son múltiples (ir a la entrada *Estrella doble*). *William Herschel* (1738 – 1822) descubre Urano y numerosas galaxias. *Pierre Simon de Laplace* (1749–1827) estudia la formación del sistema solar. En el siglo XIX, *Urbain Le Verrier* (1811 – 1877) descubre Neptuno por cálculo, al analizar las perturbaciones que este planeta, hasta entonces hipotético, provoca en la órbita de Urano. Los progresos técnicos permiten obtener las primeras imágenes fotográficas del cielo a partir de 1845 y grandes observatorios son construidos por todo el mundo.

Si el Universo ha sido durante mucho tiempo considerado infinito y eterno, el trabajo teórico de *Albert Einstein* (1879 – 1955) trastorna a las antiguas concepciones, a través de la relatividad especial (1905) y la relatividad general (1916): el Universo observable ha empezado con un Big Bang. Se dilata en un movimiento global de expansión, lo que confirman las observaciones de *Edwin Hubble* (1889 – 1953) a partir del análisis espectroscópico de las galaxias. Paralelamente, la radioastronomía se desarrolla, permitiendo recibir las emisiones de objetos del espacio



Edwin Hubble

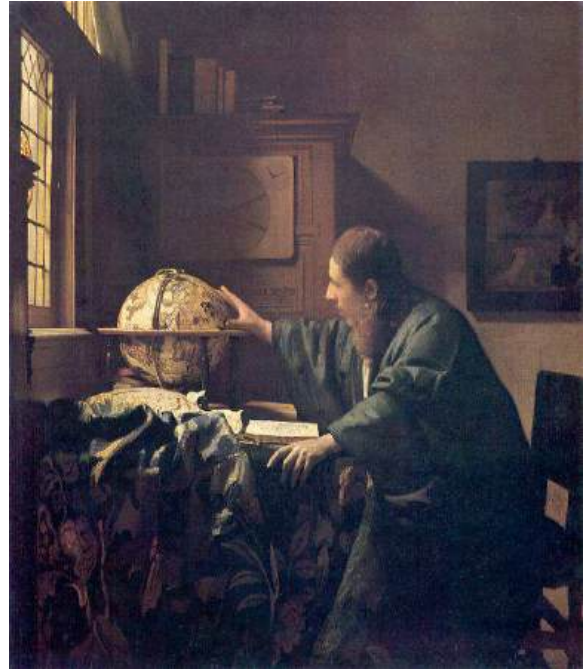


en rango de las ondas de radio. El descubrimiento de la radiación de fondo del cielo a 3K confirma este modelo cosmológico.

En el periodo contemporáneo, el Universo es estudiado a distancias de varios miles de millones de años-luz, permitiendo así retroceder muy lejos en el pasado. Con el desarrollo de los instrumentos en tierra y en el espacio, se puede analizar con detalle la estructura de los planetas, de los cometas, de las estrellas y de las galaxias. Investigaciones fundamentales son actualmente posibles en relación tanto con el principio del Universo como en la búsqueda de vida extraterrestre. No es posible relatar aquí la prodigiosa lista de descubrimientos y progresos realizados en astronomía desde la segunda mitad del siglo XX: cada vez más, la astronomía permite al hombre reencontrar tanto en el Universo sus orígenes como conocer el inmenso espacio en que evoluciona.



L'Astronomie (tapiz francés del siglo XVI, Musée de Göteborg).



El Astrónomo (Jan Vermeer van Delft, 1632-1675, Museo del Louvre).



Big Bang

El Big Bang se representa por el signo UNIVERSO (ir a esta entrada), seguido del signo EXPLOSIÓN. Los puños se abren ostensiblemente simbolizando una explosión seguida de una rápida expansión; este signo, que difiere del signo estándar de EXPLOSIÓN por la apertura de las manos, es igualmente representativo de SUPERNOVA.



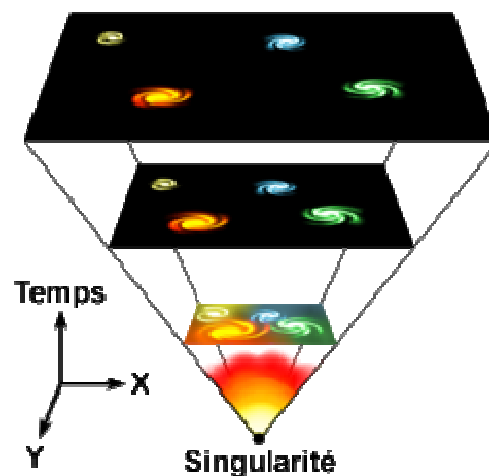
EXPLOSIÓN

Palabras y expresiones relacionadas:

Astrónomo - Átomo - Elemento químico -
Galaxia - Relatividad - Universo
(expansión) - Universo (historia) - Universo
(radiación).

La **cosmología física** tiene por meta analizar los estados de la materia en el Universo retrocediendo en el pasado hasta un “principio”, origen del tiempo y del espacio, llamado Big Bang. Las galaxias observadas son más jóvenes cuanto más lejos se hallan de nosotros. En el pasado, el Universo era más pequeño y más caliente: las galaxias estaban más próximas unas de otras (ir a la entrada *Universo-expansión*), El Big Bang corresponde a las condiciones iniciales extremas de temperatura y densidad en que la materia se habría liberado bajo la forma de una explosión brutal.

Los telescopios ópticos permiten ver las galaxias lejanas, y en consecuencia, retroceder en el tiempo. La instrumentación utilizada en tierra y en el espacio proporciona ahora auténticas pruebas de un espacio de origen caliente y denso, cuyo principio estuvo marcado por un **violento cataclismo**. La radiación cosmológica y la recesión de las galaxias (ir a la entrada *Universo-expansión*) son argumentos principales en favor del Big Bang. Además, los astrofísicos han demostrado que la abundancia de los elementos químicos formados al principio del Universo, como el helio, el deuterio y el litio, son extraordinariamente constantes en todas las



La expansión del Universo a partir del Big Bang.

direcciones del cielo, conduciendo así a la conclusión que los núcleos de estos átomos se formaron en la misma época.

Con la ayuda de las soluciones de las ecuaciones de la relatividad y de los resultados procedentes de las observaciones, los astrónomos han llegado a reconstituir la historia del Universo desde hace 13800 millones de años, empezando por el Big Bang, ese misterioso cataclismo cuyas características físicas son aún desconocidas (ir a la entrada *Universo-historia*).



Bóveda celeste

El signo BÓVEDA CELESTE es una derivación del signo ESTRELLA que dibuja los rayos de luz de las estrellas representados según la iconografía popular. Este signo difiere del usado para hablar de estrellas (ver esta entrada) como unidades separadas. Para producir BÓVEDA CELESTE, ESTRELLAS se anima con un movimiento que sigue la forma curva de una bóveda.



Palabras asociadas: Cometa - Estrella - Galaxia - Nubes de Magallanes - Planeta - Contaminación lumínica - Vía Láctea.

La bóveda celeste es el conjunto de estrellas, planetas, estrellas, galaxias y, a veces, cometas, que podemos observar a simple vista en una hermosa noche clara. Los antiguos pensaban que las estrellas eran tachuelas brillantes clavadas en una esfera, o pequeños agujeros en una esfera opaca que dejaban pasar la luz de más allá.

La bóveda celeste es uno de los espectáculos más bellos que el ojo puede admirar. Durante una hermosa noche clara, vemos simultáneamente miles de estrellas que tienen diferentes distancias, dimensiones, temperaturas y edades. También se puede contemplar la Vía Láctea que cruza el cielo, algunas galaxias como M31 en la constelación de Andrómeda (hemisferio norte) o las Nubes de Magallanes (hemisferio sur).

Desafortunadamente, el desarrollo de las ciudades, las industrias y, más en general, de toda la actividad humana hace que progresivamente desaparezca esta herencia invaluable debido a la contaminación lumínica (ver esta entrada) que generan.

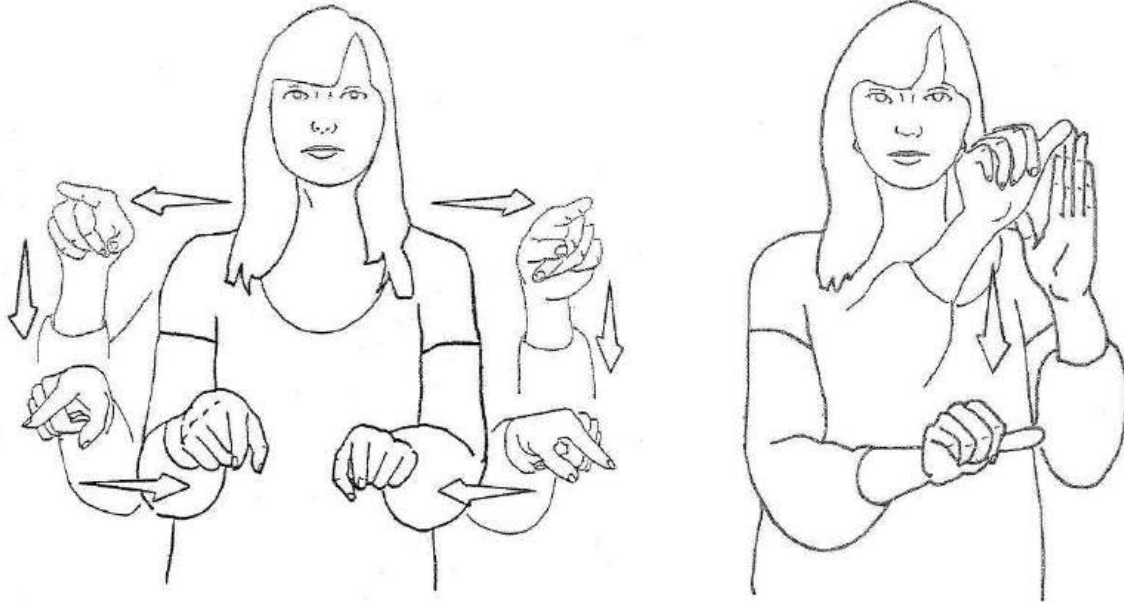


Una magnífica porción de la bóveda celeste en la Cordillera de los Andes chilenos. © ESO



Calendario

El signo CALENDARIO está compuesto por un rectángulo trazado en el espacio que reproduce la forma del objeto, seguido del signo MES cuya etimología fue dada finales del siglo XVIII por el abad Ferrand: "se dibujan sobre la mano izquierda unas líneas de arriba abajo, para representar los meses como tal como están en los almanaques".



Palabras y expresiones relacionadas: Año – Año bisiesto – Equinoccio – Estrella – Estrella (Navidad) – Júpiter – Luna (llena) – Marte – Mercurio – Revolución – Saturno – Sol – Sistema solar – Tierra – Venus.

El calendario permite contar los días, calcular los ciclos naturales (Luna, estaciones, etc.) y señalar las fechas relacionadas con diferentes actividades humanas. Desde hace milenios, regula el curso de la vida civil en todos los aspectos, permitiendo tanto fijar citas como felicitar el año nuevo.

Los primeros calendarios fueron establecidos a partir de la observación de fenómenos naturales: sucesión de días y de noches, movimientos del Sol, de la Luna y de las estrellas. El ciclo de la Luna de 28 días está en el origen de la división del año en 12 meses. El calendario más antiguo procede de los egipcios; está dividido en 12 meses de 30 días y completado por 5 días. Después, las numerosas civilizaciones adoptan valores diferentes, concretamente los griegos utilizan el año lunar, intercalando 11 días y 6 horas en cada año. Con su año bisiesto, el calendario romano es bastante próximo del actual. Las últimas desviaciones del calendario fueron corregidas por los



Fragments del calendario galo de Coligny.
© Wikipedia common

astrónomos del papa Gregorio XIII el 4 de octubre de 1582; después de esta fecha, el calendario utilizado corresponde a la revolución de la Tierra alrededor del Sol: 365 días 6 horas 9 minutos y 9,54 segundos.

Cada calendario cuenta los años a partir de un origen que varía según las tradiciones. Para los israelitas, el punto de partida se sitúa el 7 de octubre de 3761 antes de Cristo, fecha del Génesis; para los musulmanes, es el 16 de julio de 622, fecha de la partida de Mahoma a Medina. Los cristianos cuentan a partir del nacimiento de Jesucristo, incluso aunque la fecha no es conocida con precisión: conlleva un error de cuatro años (ir a la entrada *Estrella-Navidad*). En la Edad Media, el año nuevo era fijado el 1° de abril; en 1569, el rey Carlos IX lo fija en el 1° de enero.



Calendario romano © Hitman

La denominación de los **días** está ligada a la división del mes. Si los griegos y los romanos dividen a este último en tres periodos de diez días, hay que esperar varios siglos para adoptar los siete días de la semana, cuyos nombres son tomados de los planetas del Sistema Solar: Luna para *lunes*, Marte para *martes*, Mercurio para *miércoles*, Júpiter para *jueves*, Venus para *viernes*, y Saturno para *sábado* (que es igualmente el día del *Sabbat* israelita). *Domingo* es el día del Señor (en latín *Dominicus*) de los cristianos; es también el día del Sol: *sun* en inglés ha dado *sunday*.

Los nombres de los **meses** son heredados de la tradición griega : Marzo (dios de la guerra), Mayo (de Maïa, madre de Mercurio), Junio (de Juno, hermana de Júpiter), etc.

El calendario contiene **fiestas fijas** y **fiestas móviles**. Las primeras están relacionadas con acontecimientos históricos (14 de julio, 8 de mayo, en Francia) o remiten a la tradición (Navidad). Las segundas son calculadas a partir de la fecha de Pascua, fijada en el año 325 (concilio de Nicda) en el primer domingo posterior a la Luna llena del 21 de marzo (equinoccio de primavera). Es por lo que esta fecha varía entre el 22 de marzo y el 25 de abril, en función de las fases de la Luna. Las fechas de la Ascensión (cuarenta días después de Pascua) y de Pentecostés (cincuenta días después de Pascua) son igualmente móviles.



Calendario catalán de un atlas de 1375 de Abraham y Jehuda Cresques.

Cénit y Nadir

De acuerdo con la definición de la palabra, el signo CÉNIT se hace apuntando con el dedo índice hacia arriba, la otra mano abierta representa la bóveda celeste. El signo NADIR se hace en la dirección opuesta.



CENIT



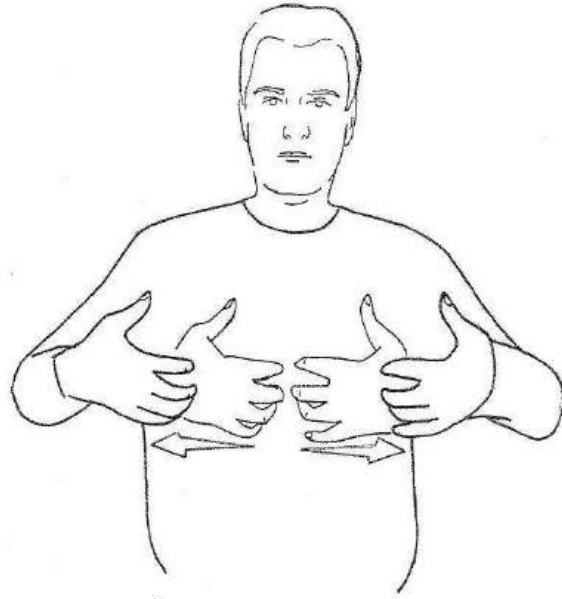
NADIR

En astronomía, el **cenit** es el punto del cielo ubicado verticalmente en el lugar donde uno se encuentra en la Tierra. Como ésta es redonda, el cenit cambia de un lugar a otro. El **nadir** es el punto del cielo diametralmente opuesto al cenit.



Ciencia

El signo CIENCIA representa la caja torácica, ya que los niños sordos podían verla dibujada en sus libros de ciencias naturales.

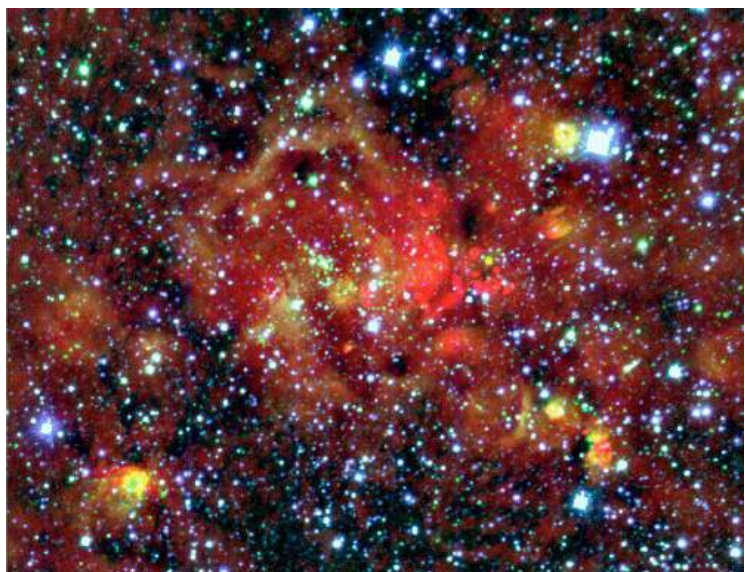


Palabras y expresiones asociadas:

Astronomía - Longitud de onda - Tierra - Universo.

La palabra ciencia proviene del latín *scientia* que significa "conocimiento". La ciencia reúne todas las actividades que nos permiten conocer por la experimentación el mundo y el Universo que nos rodean, su pasado, presente y futuro.

En la Edad Media, las primeras universidades enseñaban principalmente disciplinas relacionadas con las "ciencias humanas": gramática, dialéctica, retórica, etc. Fueron reemplazadas gradualmente por la enseñanza heredada de los griegos y los árabes, destacando las matemáticas, la geometría y la astronomía. Para los científicos, estas disciplinas pueden describir la realidad, ya sea en la Tierra o en el espacio, realizando todo tipo de mediciones y análisis. Hoy en día, entender el Universo que nos rodea involucra muchas áreas de la ciencia. La astronomía permite la observación en diferentes longitudes de onda de los cuerpos celestes, la física permite comprender sus movimientos, la química permite conocer su composición y su evolución. Disciplinas como la biología nos hablan sobre la evolución de la vida y la posibilidad de vida más allá de la Tierra.

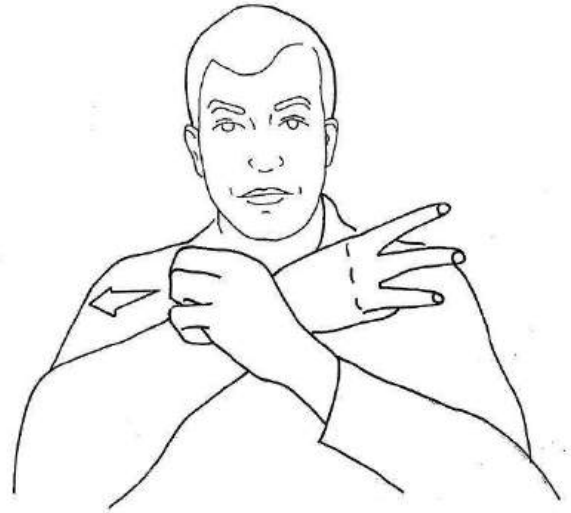


Una región de la Vía Láctea compuesta de estrellas, gas y polvo, cuyo estudio involucra diferentes campos de la ciencia.

© ESO

Cometa

En el signo COMETA un puño cerrado representa el núcleo, mientras que los cuatro dedos extendidos de la otra mano representan la cola. Ambas manos se mueven en concierto para reproducir el movimiento del cometa en el cielo.

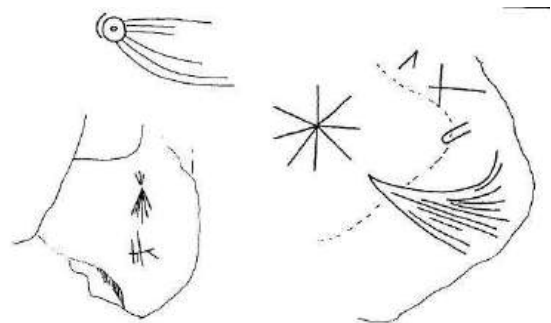


Palabras y expresiones relacionadas: Eclipse
- Planeta - Revolución - Sol - Sistema Solar -
Tierra - Unidad astronómica.

La palabra **cometa** proviene de una palabra griega que significa "con pelo". Desde tiempos inmemoriales se han observado de vez en cuando en el cielo, como un punto brillante seguido de un largo rastro de luz. Durante la historia de la humanidad, se han reportado muchos cometas. Para los antiguos, su aparición fue el anuncio de una hambruna, una guerra u otras catástrofes. Hoy en día son de particular interés para los astrónomos: dado que tienen la edad del Sistema Solar, su análisis permite comprender cómo se formó y evolucionó el Sistema Solar, especialmente gracias a las sondas espaciales que traen a la Tierra muestras de materiales y gas.

Las observaciones más tempranas que nos han dejado rastros escritos datan de varios milenios; se deben a los astrónomos chinos. Hoy en día, un nuevo cometa recibe con frecuencia el nombre del observador que lo ha descubierto; se han identificado más de 2000 cometas.

Un cometa consta de tres partes: primero el núcleo, que es la parte más brillante; luego la cabellera que rodea el núcleo como una atmósfera; y finalmente la cola que es la larga estela que se observa en el cielo. A veces hay dos colas, como se puede ver en la ilustración que muestra el cometa Hale-Bopp.

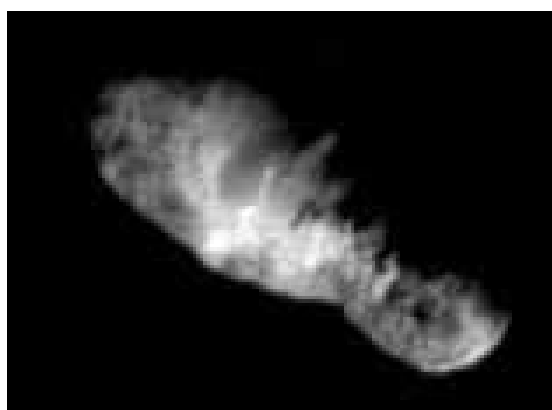


Viejos dibujos de cometas, tallados en las rocas de la isla de Pascua. © DP

Los cometas son parte del sistema solar. Desde el trabajo de Halley (ver más abajo), sabemos que muchos cometas regresan regularmente; como los planetas, están girando alrededor del Sol, pero en elipses que son mucho más alargadas. Otros cometas parecen visitarnos una sola vez, antes de regresar a las profundidades del espacio. Es cierto que también hay muchos cometas en sistemas planetarios distantes, alrededor de otras estrellas.



Cometa Hale-Bopp. © Michel Verdenet



El núcleo del cometa Borelly. © NASA / JPL



'Old tails' from Comet McNaught

ESO Press Photo 00b/07 (19 January 2007)

El cometa Mac Nada al atardecer desde Chile.
© ESO

El núcleo de un cometa consiste en un gran bloque de rocas unidas por polvo y hielo de agua, monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (gas carbónico: CO₂). A miles de millones de kilómetros del Sol, donde la temperatura es del orden de -220 ° C, los núcleos son muy difíciles de observar debido a su pequeño tamaño. El núcleo del cometa Borelly fue observado por la sonda Deep Space 1; Sus dimensiones son 8 km de largo y aproximadamente 3 km de ancho.

La cabellera de un cometa aparece cuando el núcleo se acerca al Sol. El calor del mismo calienta el hielo y un velo de gas se escapa junto con polvo para formar una atmósfera débil alrededor del núcleo, bien iluminada por el Sol. La cabellera está compuesta esencialmente por agua y monóxido de carbono (CO).

Las colas muy delgadas se extienden a lo largo de decenas de miles de kilómetros. La cola más importante es curva; está hecha de polvo. La otra cola, llamada "cola de plasma", está compuesta por gas expulsado del núcleo del cometa. Las partículas proyectadas en todas las direcciones por la actividad del Sol repelen las moléculas de polvo y gas. Es por eso que **la cola de un cometa siempre está en dirección opuesta a la del Sol.**

El cometa Halley

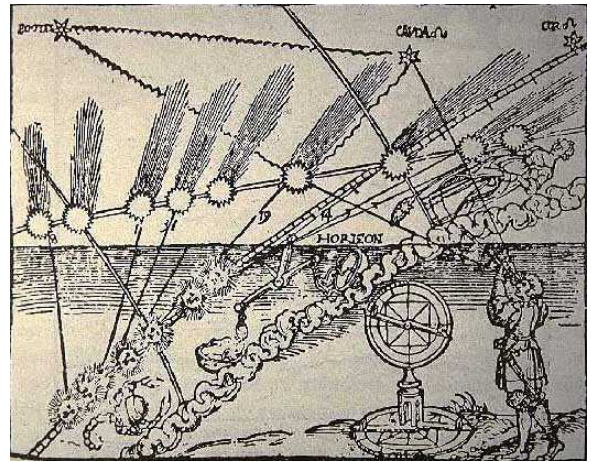
Para signar el cometa Halley en LSF, el signo COMETA es seguido por la ortografía manual del nombre "Halley". Luego podemos simplificar reduciendo Halley a su inicial: COMETA + H.

De todos los cometas, el de Halley es el más famoso. Su nombre es un símbolo de esta familia de objetos. Es visible desde la Tierra cada 76 años, cuando pasa cerca del Sol a 0,58 unidades astronómicas (UA), antes de regresar más allá del planeta Neptuno a 35,3 UA siguiendo una órbita larga en forma de elipse. A lo largo de la historia, se ha observado en cada uno de sus pasos cerca de la Tierra. Fue el astrónomo inglés Edmund Halley (1656-1742) quien descubrió que de hecho era el mismo cometa que reaparecía cada 76 años: se dice que el cometa Halley tiene un período de 76 años.

El cometa Halley fue observado por los chinos en el 240 a.C. No puede ser la estrella que se señala en el evangelio de Mateo y que fue vista por los Magos en la Natividad de Jesús: había pasado cerca de la Tierra muchos años antes. Visible en 1066, aparece en el tapiz de Bayeux (1). Fue dibujado en 1531 (2) por el astrónomo sajón Peter Apian (1495-1552). Fue fotografiado en 1910 (3); En 1986, la sonda espacial Giotto se acercó a 600 km del núcleo (4), que tiene 15 km de longitud y 8 km de ancho. El cometa Halley regresará a la Tierra en 2061.



1. El cometa Halley en 1066.



2. EL cometa Hally en 1531.



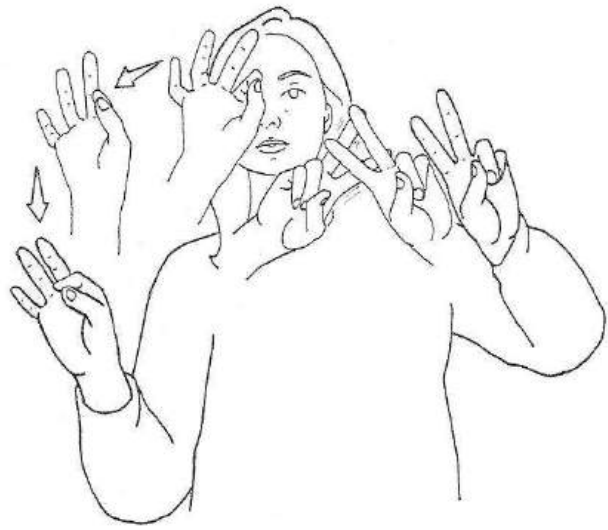
3- El cometa Halley en 1910.



4- El núcleo del cometa Halley en 1985. © ESA

Constelación

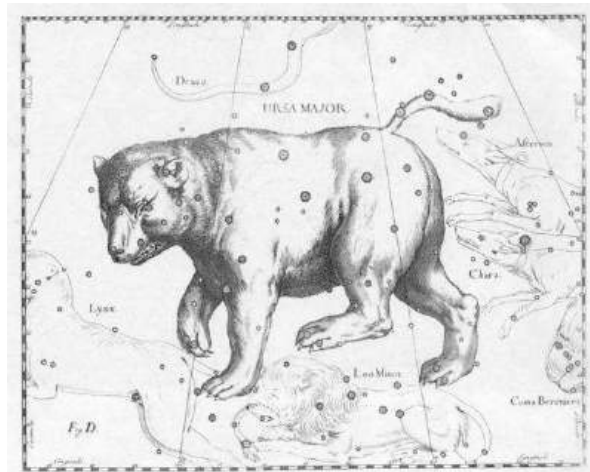
El concepto de constelación se representa con el símbolo ESTRELLA, que simboliza los rayos de luz entrelazados (véase la entrada Bóveda celeste), seguido de un segundo signo ESTRELLA, sinónimo del signo anterior y generalmente colocado sobre la sien (ver entrada *Estrella-general*), de la que se aparta para dibujar en el espacio los trazos imaginarios que conectan las estrellas de la misma constelación.



Palabras relacionadas: Astrónomo - Estrella - Planeta - Sistema Solar - Zodíaco.

Desde los albores de la humanidad, los hombres han buscado ubicarse en el cielo nocturno. Notaron que las estrellas parecen formar figuras que, con mucha imaginación, pueden evocar animales, objetos o incluso personajes: estas son las constelaciones. Naturalmente, cada civilización se inspira en su historia y tradiciones para distinguir en el cielo y nombrar sus propias constelaciones. Así, los aborígenes de Australia colocaron en el cielo a sus animales familiares, como el canguro o el emú, mientras que los griegos colocaron allí a los héroes de su mitología, como Hércules u Orión.

En el curso de la historia, las constelaciones han asumido varias formas y nombres; hoy la división del cielo en constelaciones ha sido definida de una vez por todas por los astrónomos. La gran mayoría de ellas se remontan a la antigua Grecia, pero otras son más recientes, especialmente en el hemisferio sur. Johann Bayer (1572-1625) es un astrónomo alemán, autor en 1604 de un atlas celestial donde aparecen nuevas constelaciones; Por primera vez, las estrellas se identifican con letras griegas. Johannes Hevelius (1611-1687) es un astrónomo polaco que crea doce constelaciones, como el lince o el zorro pequeño. El abate Nicolás Louis de Lacaille (1713-1762) es un astrónomo y geodesta francés que define catorce constelaciones del sur durante una larga estancia en Sudáfrica.



La constelación de la Osa Mayor, extraída de la *Uranografía* de Hevelius (1690)



Hoy en día, el cielo está dividido en 88 constelaciones, ubicadas en tres regiones precisas: el hemisferio norte, el hemisferio sur y el zodíaco, que comprende doce constelaciones atravesadas por las órbitas de los diversos planetas del Sistema solar.

Los nombres de las constelaciones constituyen un conjunto muy variado. Muchos son animales reales, mamíferos (león, perro, toro), peces (dorada, pez volador), aves (águila, grulla, cisne) o reptiles (serpiente, lagarto, camaleón). Otros son animales míticos (dragón, hidra, unicornio). También hay personajes de la mitología griega (Hércules, Ofiuco, Orión) y, más recientemente, herramientas (brújulas, reglas, cinceles) así como instrumentos científicos (telescopio, microscopio, sextante). Aunque no tienen base científica, las constelaciones y sus nombres no carecen de poesía, pero son testimonio del pasado.



Una parte del cielo de verano, una noche en Francia: la Osa Mayor y su carro. © M.Verdenet

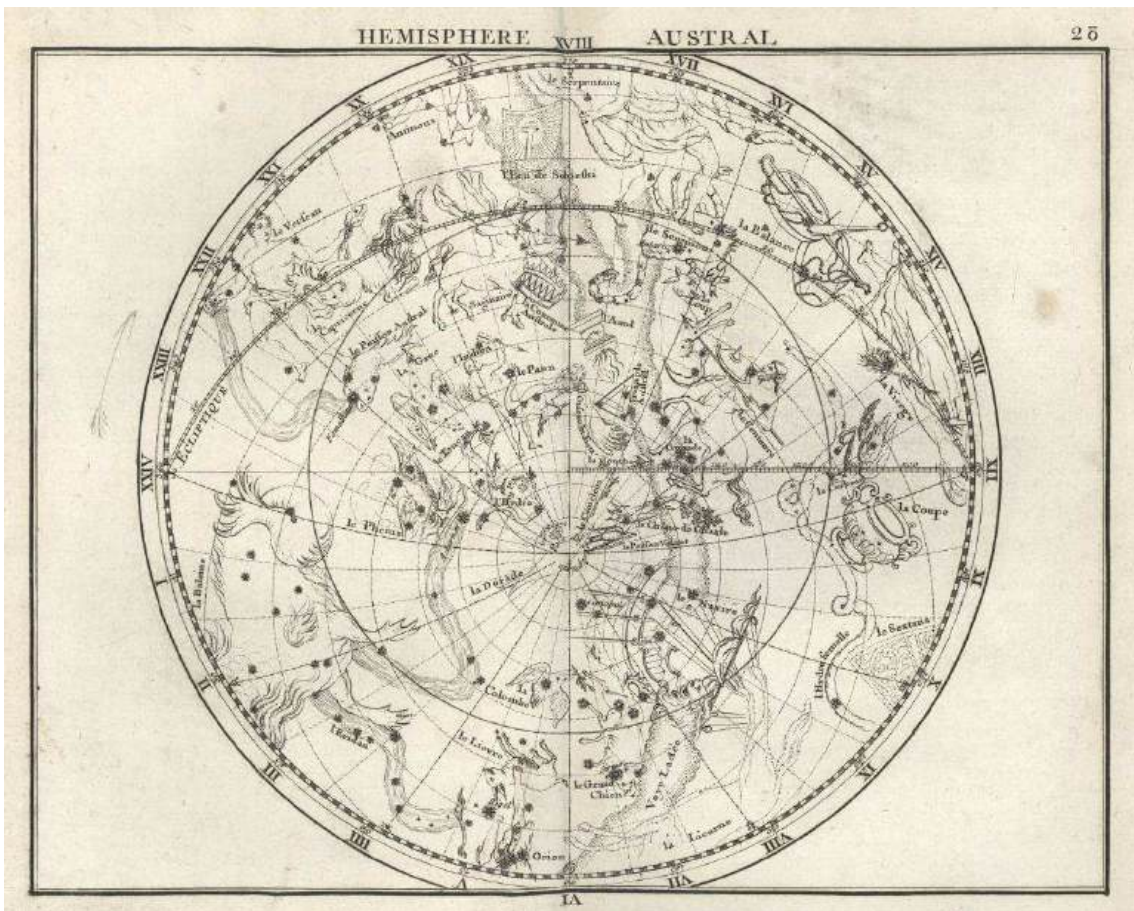
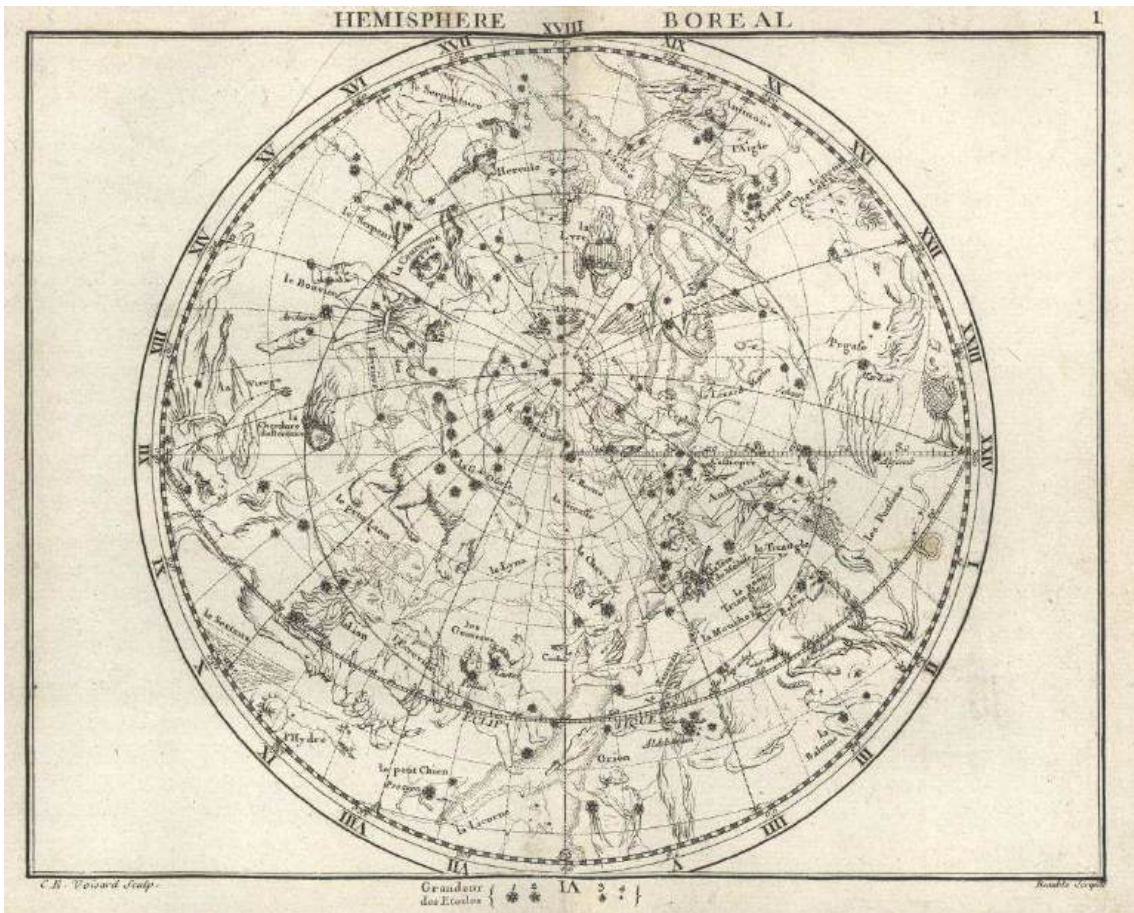
Los dos mapas celestes presentados a continuación están tomados del Atlas de John Flamsteed (1646-1719). Muestran la asociación entre las estrellas principales de cada constelación y el nombre que se les atribuye: las estrellas más brillantes de la Osa Mayor forman los cuartos traseros del animal y así sucesivamente.

La lista de todas las constelaciones, los signos que se han asignado a cada una de ellas en LSF, así como sus principales estrellas y curiosidades, se enumeran en el Atlas del Cielo incluido al final de este diccionario.

Con este Atlas, uno puede identificar fácilmente las constelaciones y las estrellas a simple vista o con un par de binoculares, y conocer las características principales de las estrellas (nombre, temperatura, distancia y posiblemente variabilidad o binariedad). Esto es principalmente una introducción: se recomienda encarecidamente a nuestros lectores que den un paso más allá, observando con un anteojito o un telescopio.

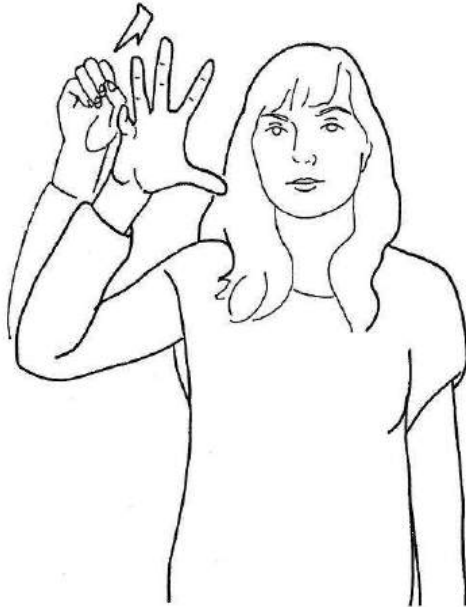
Mapas de las constelaciones del atlas de Flamsteed:



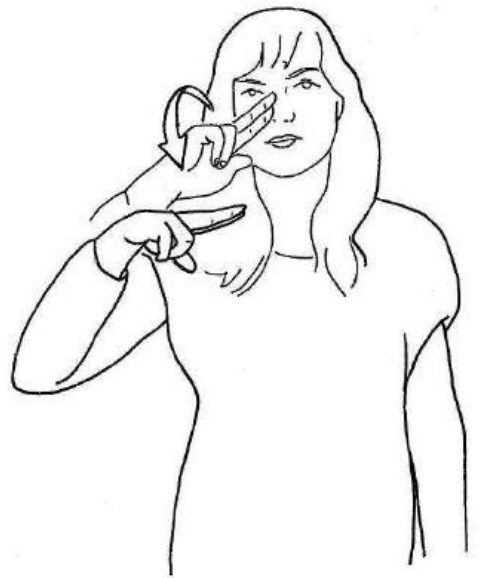


Contaminación lumínica

La contaminación lumínica se representa con el signo LUZ (ver esta entrada) seguido del signo POLUCIÓN. Este segundo componente es una derivada reciente de MALOLER: por eso comienza desde la nariz con un movimiento de rechazo; la mano toma la forma de P del alfabeto manual, inicial de la palabra polución.



LUZ



POLUCIÓN

Palabras y expresiones asociadas: Estrella - Luz - Planetas - Temperatura - Tierra - Vía Láctea.

Con el paso del tiempo, todas las actividades humanas, incluido el desarrollo de ciudades, carreteras y fábricas, han multiplicado las fuentes de luz que se difunde hacia el cielo, lo cual es un desperdicio de energía y hace cada vez más difícil la observación de estrellas y planetas.

La contaminación lumínica es la luz que es enviada de vuelta al cielo por reflectores, farolas y cualquier fuente de luz que no esté bien ajustada. En Francia, desperdiciamos el 35% de la energía utilizada por cerca de nueve millones de farolas. A menudo, no están cubiertas con pantallas e iluminan innecesariamente el cielo. Como resultado, solo vemos las estrellas más brillantes en la ciudad y debemos ir al campo para finalmente ver la Vía Láctea, hasta tal punto que hoy en día pocas personas conocen el cielo.



La Ópera de Ludwik Delavaux (1868-1894).



Además de las molestias para la astronomía, la contaminación lumínica es responsable de perturbaciones en el mundo animal (insectos y otros animales nocturnos) y vegetal (crecimiento y reproducción de las plantas). Más grave aún, modifica en los seres humanos la secreción de hormonas reguladoras, lo que podría ser el origen del aumento de ciertos cánceres. Así como la Tierra está en peligro por la liberación de dióxido de carbono (CO₂) a su atmósfera (aumento de la temperatura promedio), el desperdicio de agua, el abuso de fertilizantes y pesticidas químicos, etc., la contaminación lumínica es un tremendo desperdicio de energía y un peligro para el patrimonio cultural que representa el hermoso cielo estrellado.



Contaminación lumínica en París vista desde el observatorio de Meudon.

Hay muchos sitios web dedicados a la protección del cielo nocturno.

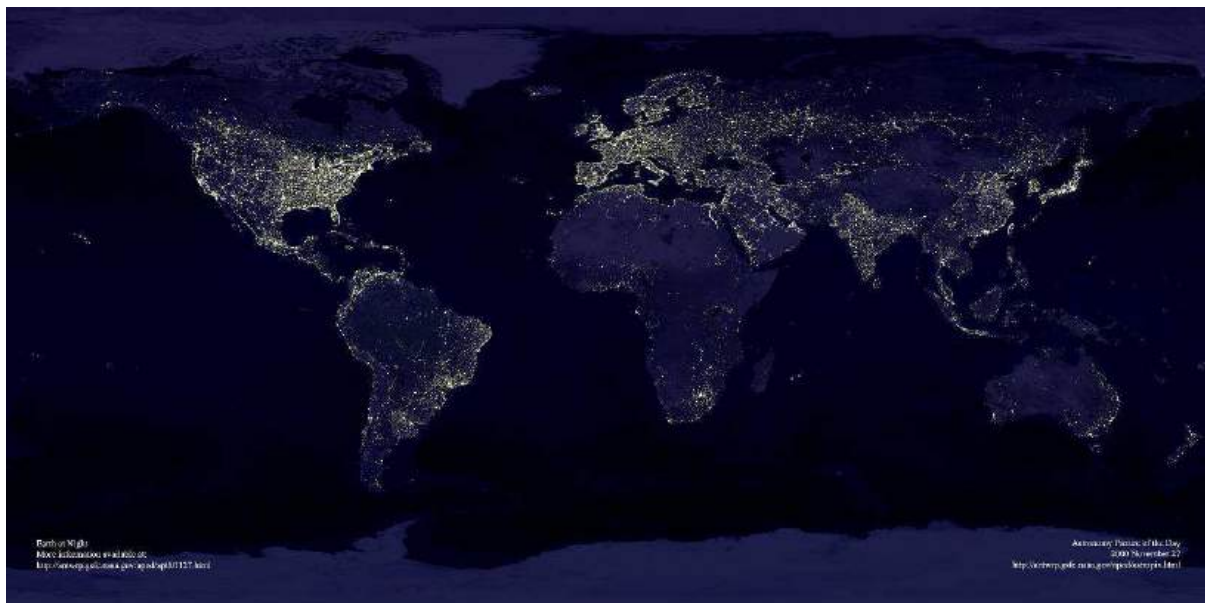


Imagen satelital de la Tierra que muestra la contaminación lumínica en tres zonas principales: América del Norte, Europa y Japón. © NASA



Coordenadas celestes

Las coordenadas celestes se representan en LSF formando una cruz con los antebrazos. El antebrazo que representa la ascensión recta se coloca horizontalmente, el que representa la declinación se coloca verticalmente.

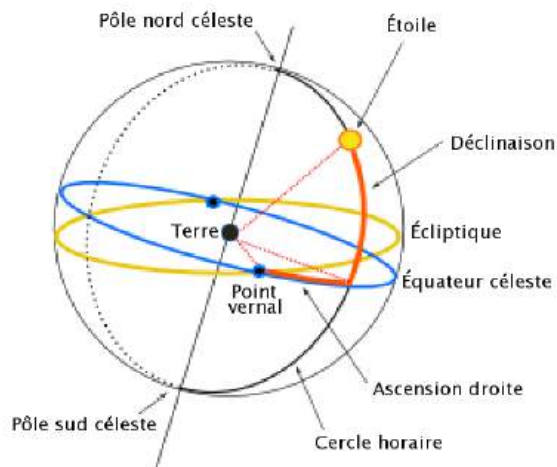
Palabras relacionadas: Eclíptica - Ecuador - Equinoccio - Meridiano - Tierra - Zenit.

Los antiguos colocaron las estrellas en una esfera celeste a la que llamaron Esfera de las Estrellas Fijas. Así, todos los objetos celestes parecen ubicarse a la misma distancia de la Tierra, ya sean los diferentes planetas o las estrellas. Por lo tanto podemos dividir la esfera celeste en meridianos y paralelos, y a continuación, establecer un meridiano de origen y el ecuador, que también será el ecuador de la Tierra proyectado sobre el cielo. Así, de la misma manera que nos situamos en la Tierra por la longitud (eje horizontal) y la latitud (eje vertical), los objetos celestes se identifican mediante dos coordenadas llamadas ascensión recta y declinación. El primero corresponde al eje horizontal y el segundo al eje vertical.

Así como la intersección del meridiano de Greenwich con el ecuador es la referencia terrestre de longitud que permite distinguir entre el oeste y el este, hemos colocado en el cielo un punto de origen de la ascensión recta : se llama punto vernal. Es uno de los dos puntos donde el ecuador celeste (proyección del ecuador terrestre sobre el cielo) y la eclíptica se cruzan. El sol pasa a través de estos dos puntos en los equinoccios.

La ascensión recta de una estrella se mide en horas, minutos y segundos de tiempo; el círculo completo corresponde a 24 horas, y la ascensión recta tendrá un valor entre 00 00 00 segundos y 23 horas 59 minutos y 59 segundos.

La declinación se mide con respecto al ecuador celeste que está a 0° ; es positiva en el norte y negativa en el sur. Se mide en grados, minutos y segundos de arco, de $+90^\circ 00' 00''$ a $-90^\circ 00' 00''$.



Las coordenadas celestes, ascensión recta y declinación
© C.Foellmi.

La declinación de la estrella Polar es de $+90^\circ$ (el polo norte está en el zenit); una estrella que pasa por la vertical de París tiene una variación idéntica en la latitud de la ciudad, $+48^\circ 49'$, y una estrella que pasa por el zenit de Santiago de Chile tiene una declinación negativa de -29° . Se debe tener cuidado de no confundir las unidades de ascensión recta y declinación: un círculo de 24 horas (ascensión recta) corresponde a 360 grados (declinación). Una hora de tiempo vale quince grados de ángulo.

Anteojos y telescopios están por lo tanto equipados con dos círculos graduados en cada uno de sus dos ejes, que corresponden a la ascensión recta y a la declinación, permitiendo así localizar rápidamente la posición de un cuerpo en la esfera celeste.



Cuáasar

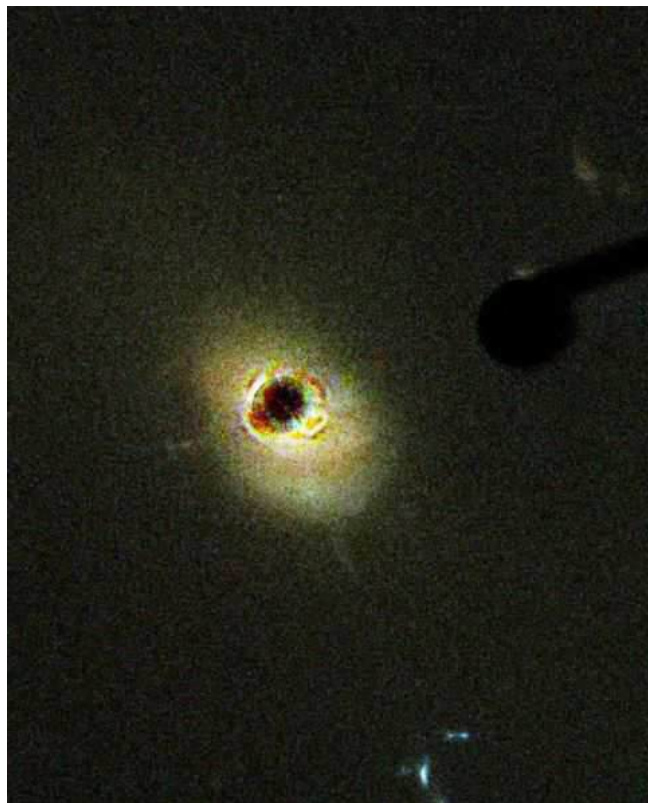
En referencia a sus pequeñas dimensiones y a su radiación de grandísima energía, un cuáasar está representado por el signo NÚCLEO seguido del signo PODEROSO realizado con gran amplitud. Con las manos en forma de cuernos, el signo PODEROSO se refiere a los colmillos de animales conocidos por su fuerza, jabalí o elefante.

Palabras y expresiones asociadas: Año-luz - Astrónomo - Electrón - Estrella - Galaxia - Radiotelescopio - Espectroscopía - Sistema Solar - Tierra - Agujero negro - Universo.



En la década de 1960, cuando los radiotelescopios se volvieron lo suficientemente sensibles como para detectar transmisiones de radio desde las profundidades del Universo, los astrónomos asociaron estas emisiones con estrellas, galaxias, etc. Sin embargo, muchas de estas fuentes no se corresponden con objetos claramente identificados. Por ejemplo, una poderosa fuente en la constelación de Virgo, catalogada bajo el número 3C273, tiene la forma de una pequeña estrella azul con un curioso chorro rectilíneo. Gracias a la espectroscopía, los astrónomos descubrieron que estas emisiones provienen de fuentes extremadamente distantes a las que dan, por contracción de la expresión en inglés *quasi-stellar radio source*, "fuente de radio que se asemeja a una estrella", el nombre de

cuáasar.



El cuáasar 3C273 en la constelación de Virgo.

© NASA / HST

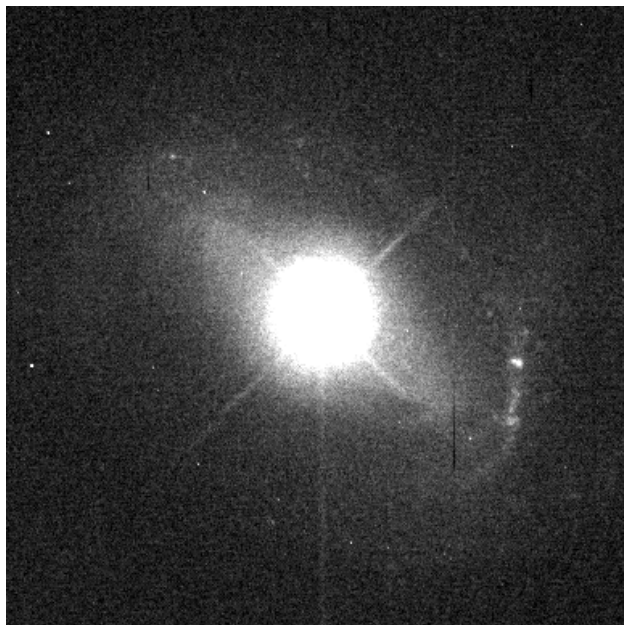
El estudio del desplazamiento de las líneas espectrales del cuáasar 3C273 (ver entrada de *Espectro*) indica que ¡está a 1,85 mil millones de años-luz de la Tierra! A pesar de su pequeño tamaño, es por lo tanto un objeto con un enorme poder de radiación en el dominio de radio, con una apariencia óptica casi puntual.

Ahora conocemos varios miles de cuásares cuyas distancias alcanzan varios miles de millones de años-luz: en otras palabras, la luz que llega hoy a la Tierra partió antes de que ésta se formara.

La emisión en radio de los cuásares es una **radiación de sincrotrón**: son electrones que describen una trayectoria en espiral alrededor de las líneas de fuerza de un campo magnético; observamos así chorros muy finos de cientos de años-luz.

Un cuásar generalmente se aloja en el centro de una galaxia de buen tamaño. ¡Su brillo supera al de más de mil galaxias análogas a la nuestra, dentro de un volumen que no excede el del Sistema Solar! Su radiación interactúa con las regiones centrales de la galaxia, causando movimientos de materia a velocidades de unos pocos miles o unas pocas decenas de miles de kilómetros por segundo. Según las observaciones de alta resolución realizadas con telescopios, el centro de un cuásar estaría ocupado por un agujero negro extremadamente masivo, y lo que vemos es la radiación emitida por el material que cae en el agujero negro.

Los cuásares siguen siendo objetos misteriosos. Los astrónomos se preguntan sobre su formación, sabiendo que eran cincuenta veces más numerosos hace cinco o seis mil millones de años; sin embargo, los observamos en todo momento a lo largo de la historia del Universo. Las simulaciones por ordenador muestran que las colisiones entre galaxias pueden conducir, al cabo de varios cientos de millones de años, a su fusión completa, induciendo interacciones muy fuertes del gas central, originando núcleos extremadamente activos de los cuales vendrían los cuásares.



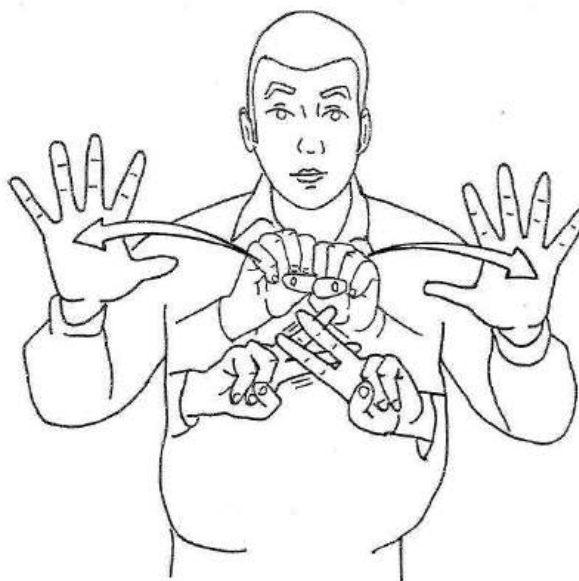
Un cuásar brillante dentro de una galaxia. © NASA / HST



Un cuásar cerca de la galaxia NGC4319(arriba a la derecha). © NASA / HST

Cúmulo (abierto)

El concepto de cúmulo abierto se expresa con el signo ESTRELLAS, seguido de un movimiento de separación de manos que representa su carácter disperso. Ver la entrada de *Cúmulo globular*.

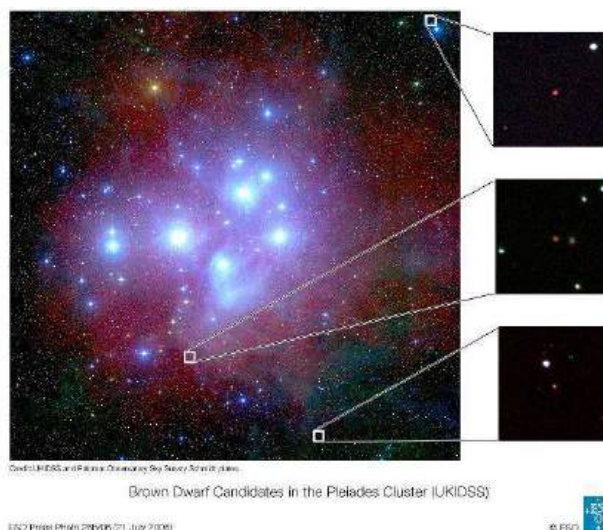


Palabras y expresiones relacionadas:

Año-luz - Estrella - Estrella (evolución) - Fuerza de gravitación - Galaxia - Gigante roja - Enana blanca - Espectroscopia.

Las estrellas no están repartidas uniformemente en nuestra Galaxia ni en las demás galaxias. Forman grupos o cúmulos más o menos concentrados de los que forman parte los cúmulos abiertos y los cúmulos globulares. Los primeros contienen una baja concentración de estrellas mientras que ésta es considerable en los segundos.

Los cúmulos abiertos están constituidos por grupos de entre varios centenares y varios millares de estrellas ligadas entre sí por la fuerza de la gravitación. Están situados en el disco de nuestra Galaxia. Su tamaño medio es de alrededor de un centenar de años-luz, pero cada estrella está lo suficientemente alejada de las otras como para poder ser vista individualmente en un telescopio. Las más brillantes son a menudo visibles con unos prismáticos. El análisis químico realizado mediante espectroscopia indica que estas estrellas son relativamente jóvenes. El más célebre de estos cúmulos es el de las Pléyades bien visible a simple vista en la constelación de Tauro; su existencia es ya mencionada por los chinos en 2357 a.C. Situadas a una distancia de alrededor 350 años-luz, las estrellas que lo componen son «jóvenes», como mucho de unos treinta millones de años



Las Pléyades en la constelación de Tauro. © ESO

de edad. Muy cerca de las Pléyades, el cúmulo de las Híades se distingue por su forma de «V» acostada, estando dominado por la estrella gigante roja Aldebarán. Distante de la Tierra unos 150 años-luz, sus estrellas tienen una edad de menos de mil millones de años. Comprende todas las categorías de estrellas, desde las gigantes rojas a las enanas blancas; como para la población humana, cada una de ellas tiene una «esperanza de vida» distinta (ir a la entrada *Estrella-evolución*).

El cúmulo abierto Haffner 18, compuesto por estrellas jóvenes todavía inmerso en gas caliente.

© ESO



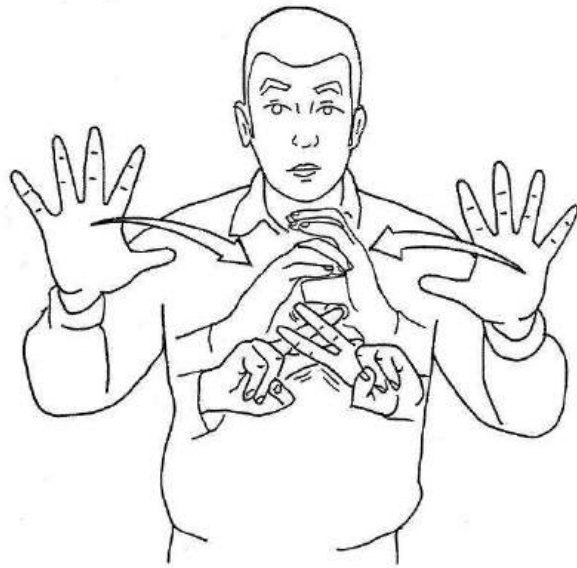
Haffner 18 and Its Surroundings
(FORIS/MLT)

ESO PRISM-426/03 (2008/188/25, 2009)



Cúmulo (globular)

La noción de cúmulo globular se signa con el signo ESTRELLAS, seguido de manos abiertas que se vuelven a cerrar para representar un centro esférico. Para la etimología de ESTRELLAS ir a la entrada de *Bóveda celeste*.



Palabras y expresiones relacionadas:

Estrella - Estrella (evolución) - Gigante roja - Enana blanca - Galaxia - Espectroscopia - Año-luz.

Las estrellas no están distribuidas uniformemente dentro de nuestra Galaxia. De vez en cuando podemos ver, utilizando telescopios pequeños, borrones circulares en contraste con el aspecto bien definido de las estrellas. Estas regiones cuya forma es aproximadamente esférica reciben el nombre de **cúmulos globulares** y están compuestos por decenas de miles de estrellas. Varios son visibles a simple vista o con anteojos, como el cúmulo M13 en la constelación de Hércules, el cúmulo ω (Omega) en la constelación austral del Centauro, o el cúmulo 47 en la constelación del Tucán.

El primer cúmulo globular, M22 en la constelación de Sagitario, fue descubierto en 1665. Después los astrónomos observaron muchos de ellos, pero los confundieron a menudo con galaxias. Los llamaron *nebulosas redondas*. Es por esto que el catálogo de *Charles Messier* (1730-1817) contiene 29 cúmulos globulares de un total de 110 objetos. En el siglo XX, los astrónomos han podido demostrar que el cúmulo M54, ya observado por Messier, es el más lejano de su catálogo, a una distancia de 87 000 años-luz. Está asociado a una galaxia enana. Los grandes telescopios actuales permiten observar numerosos cúmulos globulares repartidos alrededor de otras galaxias o en el entorno de cúmulos de galaxias, como el de la constelación de Fornax, a una distancia de 60 millones de años-luz.



El cúmulo globular 47 en la constelación Tucán.
© ESO

Los cúmulos globulares son enormes aglomeraciones de estrellas de forma esférica, situadas a una distancia que oscila entre 10 mil y 200 mil años-luz de la Tierra, distribuidos esféricamente alrededor de la Galaxia. Se conocen varios centenares de ellos, con un diámetro comprendido entre 25 y 400 años-luz. A tales distancias, es difícil identificar individualmente las estrellas que los componen; sin embargo, los estudios realizados mediante espectroscopia muestran que la mayoría de las estrellas son viejas. Son gigantes rojas y enanas blancas mezcladas cuyo contenido en elementos pesados es relativamente bajo. Los cúmulos globulares tienen aproximadamente la edad de nuestra Galaxia, es decir, al menos 10 mil millones de años.

Hace 10 mil millones de años, nuestra Galaxia era una enorme burbuja de gas que se allanó después lentamente hasta formar un disco en el cual nacieron las decenas de miles de millones de estrellas que observamos hoy. Sin embargo, quedaron alrededor de la Galaxia residuos de esta burbuja inicial y estos son los cúmulos globulares, auténticos pequeños satélites en que las estrellas han evolucionado lentamente.



El cúmulo globular NGC1916. © ESO



El cúmulo globular NGC6397. © ESO



Diámetro

El signo DIÁMETRO se hace con una mano redondeada que representa un círculo, y el dedo índice de la otra mano que representa su diámetro.



Palabras asociadas: Astrónomo - Estrella - Galaxia - Luna - Planeta - Telescopio - Tierra.

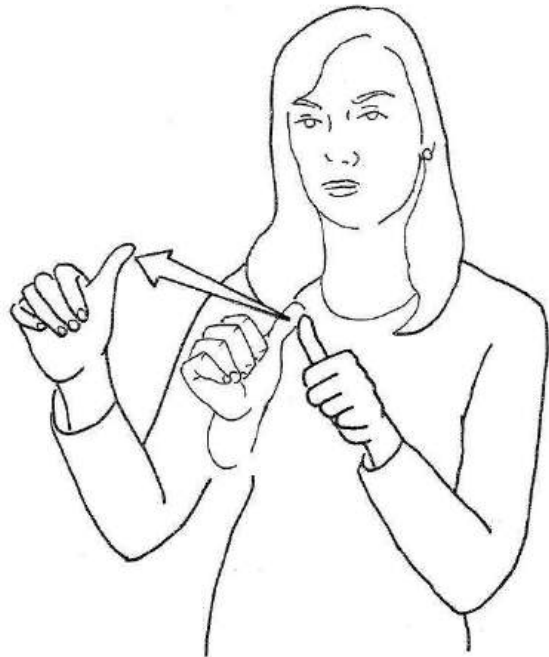
El diámetro de un círculo es la longitud de la cuerda que pasa a través de su centro. En astronomía, es una cantidad importante. Se utiliza para la medición de detalles en la superficie de la Luna (montañas, cráteres, etc.), las características de los planetas y también las dimensiones de las estrellas y las galaxias.

El diámetro aparente es el diámetro de un cuerpo visto desde la Tierra; por ejemplo, la Luna tiene un diámetro de 3 470 kilómetros y como se encuentra a 384 400 km de la Tierra, tiene un diámetro aparente de 30 minutos de arco (o medio grado): se puede ocultar su disco manteniendo en la mano una moneda de un céntimo con el brazo completamente extendido. Utilizando grandes telescopios, los astrónomos son capaces de medir diámetros aparentes tan pequeños como 0,00012 segundo de arco, o el diámetro de un pequeño guisante visto a 50 kilómetros de distancia. Cuando conocemos el diámetro aparente de un objeto y la distancia a la que se encuentra, las leyes de la geometría permiten calcular fácilmente sus dimensiones.



Distancia

El signo que se puede traducir, según el contexto, por lejanía, distanciamiento o distancia, está documentado desde el siglo XIX. Etimológicamente, muestra dos personas representadas por los pulgares, una de las cuales se aleja de la otra.



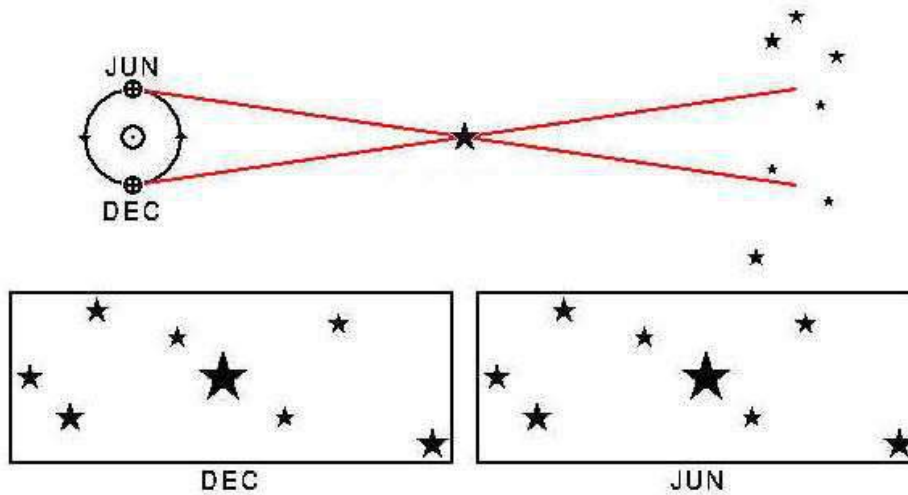
Palabras y expresiones relacionadas:

Año-luz - Estrella - Luna - Parsec - Sol -
Tierra - Unidad astronómica.

Las distancias son inmensas en astronomía; la Luna, el astro más cercano a nosotros, ya está a 385 000 km de la Tierra. Esta es la razón por la cual es más fácil usar la Unidad Astronómica (UA) cuando avanzas en el Sistema Solar, lo que evita tener que manejar demasiados números. Las inmensas distancias entre estrellas y galaxias se expresan en años-luz (A.L.), así como en parsecs (pc).

Para medir las distancias de las estrellas, los astrónomos usan un método inteligente llamado **paralaje** cuya base de observación es la posición de la Tierra en su trayectoria alrededor del Sol a los seis meses de diferencia, por ejemplo, en junio y diciembre. Como la Tierra está a 150 millones de km del Sol, esta base tiene el doble de longitud, 300 millones de km. Observada sucesivamente desde cada uno de estos dos puntos, una estrella cercana parece haberse movido ligeramente en relación con las estrellas más distantes, antes de regresar al mismo lugar. Por medio de relaciones geométricas elementales, es posible medir, desde tierra y utilizando satélites en órbita, las distancias de miles de estrellas.





Principio de paralaje: la estrella más cercana (aquí, la más brillante) se movió entre junio (JUN) y diciembre (DEC), en comparación con las estrellas más distantes.

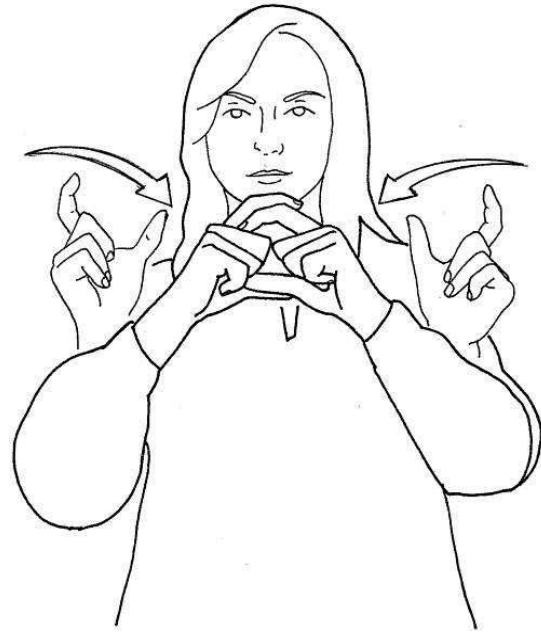
El fenómeno de paralaje se ve fácilmente al cerrar un ojo y alinear los dos pulgares estirados a diferentes distancias, de modo que uno quede oculto por el otro. Sin mover los pulgares, se cierra el ojo que estaba abierto y se abre el que estaba cerrado: se constata entonces que los dos pulgares ya no están alineados. Este gesto simple permite representar en LSF la noción de paralaje.

La distancia a las estrellas y las galaxias es uno de los datos más importantes en la astronomía. Relacionando distancia con brillo aparente, se puede conocer, en particular, el brillo real y las dimensiones.



Eclipse

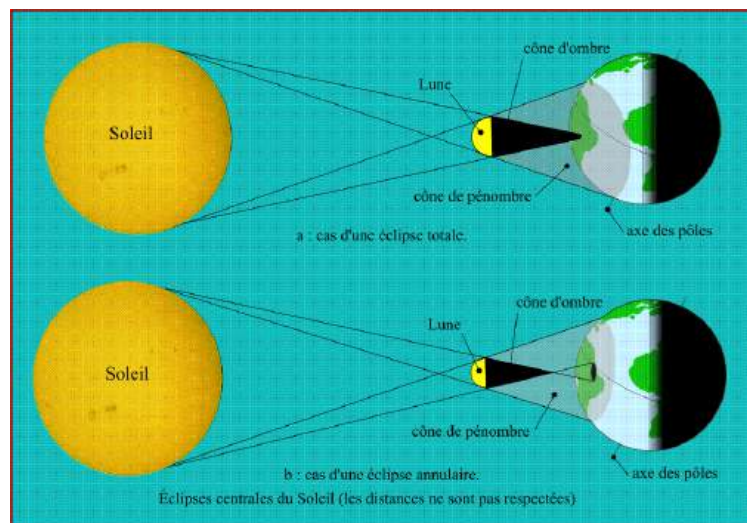
Las manos en forma de croissants pequeños delinean los discos de dos objetos celestes. Su superposición representa el momento del eclipse. La adición del signo SOL o del signo LUNA permite especificar que se trata de un eclipse de Sol o de un eclipse lunar.



Palabras relacionadas: Diámetro - Luna - Sol - Tierra

Vistos desde la Tierra, los diámetros del Sol y la Luna son idénticos, siendo de unos 30 minutos de arco (medio grado): se puede esconder exactamente su disco sosteniendo una moneda de un céntimo con el brazo extendido. Es una casualidad, porque el Sol es enorme (tiene un diámetro de 1,39 millones de kilómetros) pero se encuentra a gran distancia (149 597 871 km), mientras que la Luna es pequeña (tiene un diámetro de 3 473 km), pero está cerca de nosotros (384 400 km). Esta coincidencia nos permite observar de vez en cuando eclipses de Sol y de Luna. Cuando la Luna pasa entre la Tierra y el Sol, hay un eclipse de Sol. Cuando la Tierra pasa entre el Sol y la Luna, hay un eclipse de Luna. Si la alineación del Sol, la Tierra y la Luna es perfecta, hay un eclipse total; de lo contrario, se produce un eclipse parcial. El mecanismo de los eclipses se detalla a continuación.

Eclipse del sol



Principio de un eclipse solar. El tamaño y la distancia al Sol no se respetan; el Sol debería ser aquí 400 veces más grande y estar 400 veces más distante. © Patrick Rocher- IMCCE

Cuando la Luna está exactamente entre la Tierra y el Sol, éste desaparece y se proyecta una sombra sobre la Tierra. A medida que la Luna se mueve, esta sombra también se desplaza sobre el suelo de la Tierra. Así, el eclipse total del Sol del 11 de agosto de 1999 fue observable desde Canadá a la India, a través del norte de Francia. El fenómeno es extremadamente espectacular: llega la noche en mitad del día y las estrellas aparecen en el cielo.

La observación de un eclipse del Sol es un fenómeno inolvidable, para el que es esencial **tomar precauciones**. Debido a la intensidad de la luz solar, es necesario **proteger los ojos** con un filtro adecuado, de lo contrario se corre el riesgo de quedar ciego.

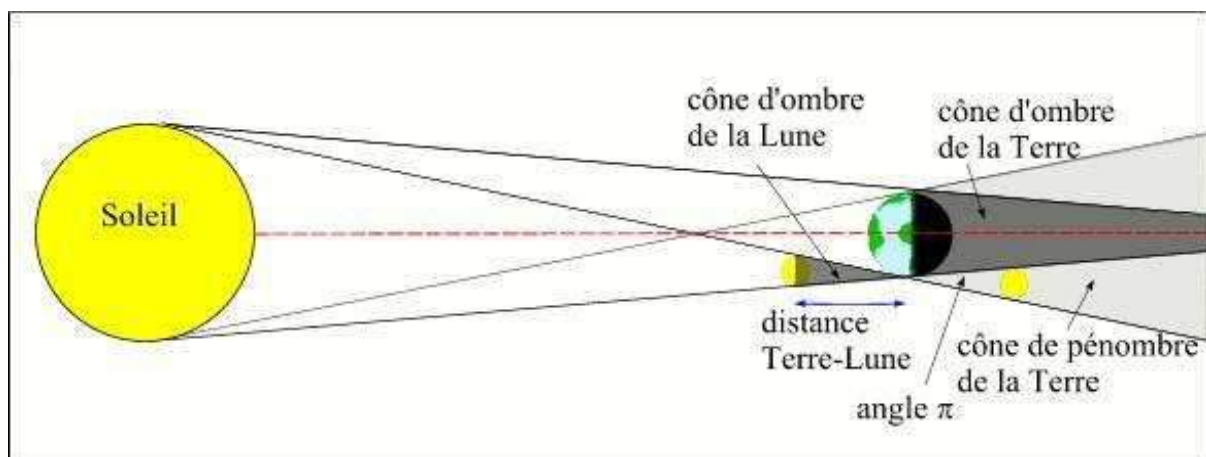


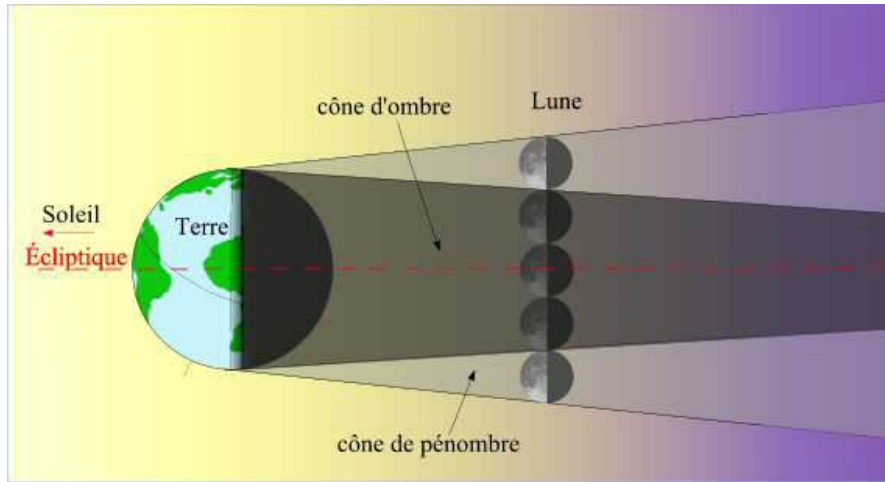
Un eclipse total del Sol: éste está oculto por la Luna. © NASA / JPL



La sombra proyectada sobre la Tierra desde el Eclipse del Sol del 11 de agosto de 1999, fotografiada por astronautas. © NASA / JPL

Eclipse de Luna





Principio del eclipse lunar. © Patrick Rocher - IMCCE

Cuando la Tierra está exactamente entre el Sol y la Luna, la sombra de la Tierra se proyecta sobre la Luna, ofreciendo un espectáculo magnífico que da una idea de la dimensión de la Tierra vista desde la Luna: la sombra del disco de la Tierra es aproximadamente tres veces y media más grande que el disco de nuestro satélite. A diferencia de un eclipse solar, un eclipse lunar puede verse en toda la Tierra. La observación de un eclipse lunar es segura y se puede hacer a simple vista.

Durante un eclipse de Luna ésta adquiere varios de colores; es la luz solar que atraviesa la atmósfera de la Tierra para proyectarse sobre el suelo de la Luna.



Un eclipse de Luna: la sombra de la Tierra se proyecta en el disco lunar. © Oliver Stein

Calendario de eclipses totales hasta 2020

Hasta el año 2020 habrá varios eclipses totales de Sol y Luna. Recuerde que cada eclipse solar es visible solo en ciertos lugares de la Tierra.

Próximos eclipses solares totales: 22/07/2009; 11/07/2010; 13/11/2012; 20/03/2015; 21/08/2017; 02/07/2019; 14/12/2020. El próximo eclipse solar total visible en Francia ocurrirá en 2081.

Próximos eclipses lunares: 21/12/2010; 15/06/2011; 10/12/2011; 15/04/2014; 10/08/2014; 04/04/2015; 28/09/2015; 31/01/2018; 27/07/2018; 01/21/2019.

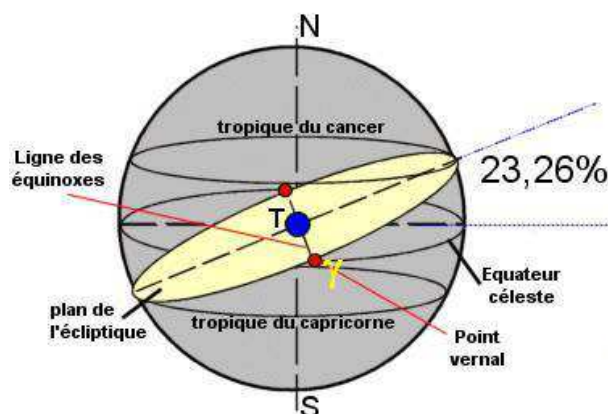
Eclictica

Para representar la eclíptica en LSF, se comienza realizando el signo SISTEMA SOLAR (ver esta entrada). La mano redondeada que acaba de mostrar la sucesión de los planetas del Sol toma una forma plana y dibuja un círculo grande en el mismo plano horizontal.

Palabras y expresiones asociadas: Constelación - Ecuador - Planeta - Revolución - Sol - Sistema solar - Tierra - Zodiaco.

Vemos que el Sol se levanta cada mañana por el este, y se acuesta cada noche por el oeste. Según la estación, se eleva más o menos alto en el cielo. Estos movimientos aparentes del Sol son en realidad el resultado combinado de la rotación de la Tierra y su revolución alrededor del Sol.

La revolución de la Tierra la hace recorrer los 360° de un círculo en 365.25 días, con un eje inclinado 23.5° (ver las entradas de Equinoccio y de Solsticio). Por lo tanto, cada día el Sol parece haber recorrido un grado. Este desplazamiento define un plano que pasa a través de la Tierra, llamado eclíptica. Si el eje de la Tierra no estuviera inclinado, el Sol parecería moverse en el plano del ecuador.



El plano de la eclíptica. © IMCCE

Los planetas del Sistema Solar nacieron de un disco de gas y polvo que giraba alrededor del Sol. Es por eso que tienen órbitas que están aproximadamente en el mismo plano, muy cerca de la eclíptica: siempre aparecen en la misma región del cielo, dentro de la cual se observa que se mueven más o menos rápidamente. Esta región está definida por las constelaciones del zodiaco.



A la izquierda de la Luna ocultando el Sol durante un eclipse, se distinguen tres puntos luminosos: estos son los planetas Mercurio, Marte y Saturno, alineados en el plano de la eclíptica. © NASA / HST

Ecuador

Para hacer el signo ECUADOR, ambas manos muestran primero la forma esférica de un planeta. La mano en la posición inferior permanece en su lugar, la otra toma la forma de una pinza, símbolo de delicadeza, para dibujar el gran círculo que circunda el planeta.



Palabras relacionadas: Planeta - Tierra.

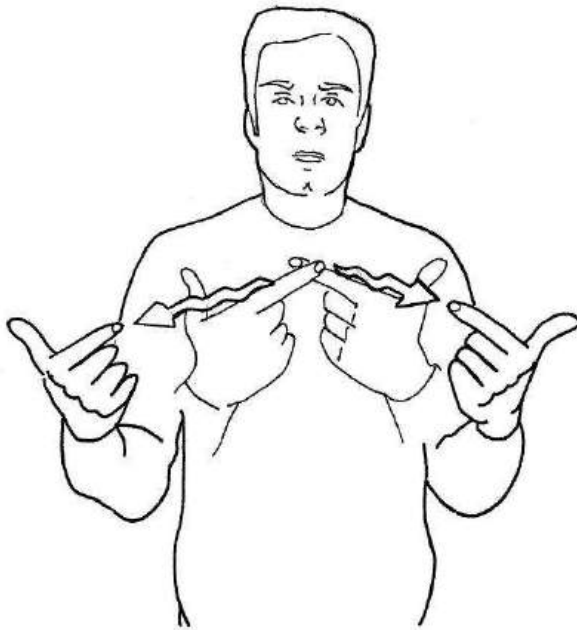
El ecuador es el gran círculo imaginario que circunda un planeta equidistante del polo norte y el polo sur. Es perpendicular al eje de rotación del planeta. El ecuador de la Tierra mide 40 075 km.



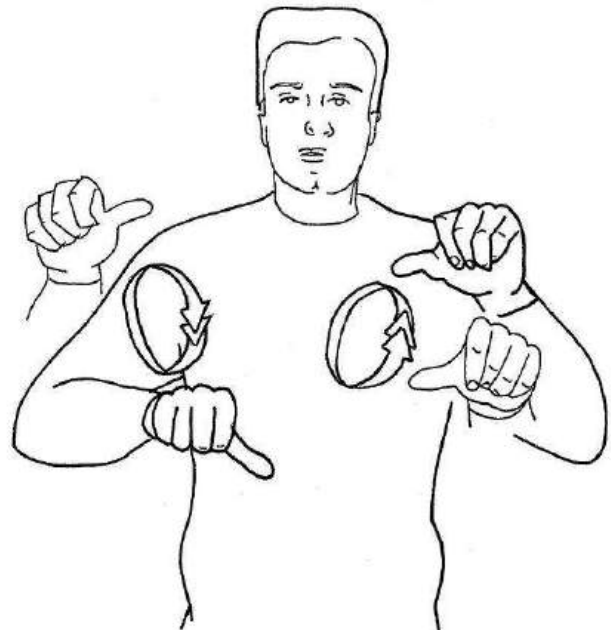
El círculo rojo representa el ecuador terrestre.
© Wikipedia

Elementos (químicos)

La noción de elementos químicos (en plural) se traduce por el signo ELEMENTOS seguido por el signo QUÍMICA. Si queremos evocar un elemento en particular, entonces apuntamos un índice al espacio frente a nosotros (lo que indica que vamos a hablar de una cosa concreta), luego especificamos el símbolo químico del elemento en cuestión, como por ejemplo la C para el carbono. El signo ELEMENTOS se toma del léxico habitual. Se inventó en el siglo XIX, repitiendo tres veces el signo DIFERENTE, formado por los dos índices que se separaban ampliamente uno del otro. La economía gestual ha reducido este signo compuesto a un solo signo, la oscilación de los índices es un vestigio del antiguo trío. El signo QUÍMICA representa los productos que se vierten en tubos de ensayo.



ELEMENTOS

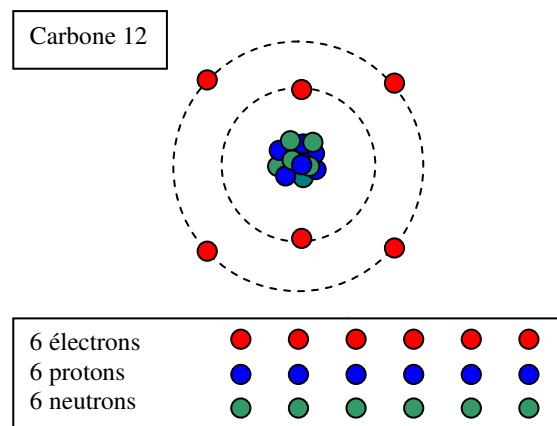


QUÍMICA

Palabras y expresiones asociadas: Big Bang - Electrón - Estrella - Neutrón - Protón - Nuclear - Sol - Universo - Tierra - Vida.

En la antigüedad, los griegos habían observado que la naturaleza, ya sea la madera, el metal, las rocas, el cuero, el agua o el aire que se respira, está compuesto por una multitud de componentes. Según sus hipótesis sobre la estructura de los materiales, éstos últimos resultaban de la combinación de cuatro elementos básicos: **tierra, agua, aire y fuego**. Un quinto elemento, la **quintaesencia**, llenó el Universo pero no se pueden percibir ni sentir sus efectos. En el curso de la historia, el progreso de la química aumentará el número de elementos conocidos hasta que llegue a 118. El progreso de la física y la astronomía hará posible comprender que cada uno de estos elementos apareció durante la evolución del Universo, durante los 13 700 millones de años que siguieron al Big Bang, gracias a las reacciones nucleares que ocurren en el corazón del Sol y las estrellas.

La entrada *Nuclear* de este diccionario describe dos de los principales elementos presentes en el Universo, el hidrógeno (**H**) y el helio (**He**), pero hay muchos otros, algunos de los cuales también están presentes en los organismos (**O**), carbono (**C**) que tiene la propiedad de estar fácilmente ligado a otros cuatro átomos, y nitrógeno (**N**). Estos van seguidos por fósforo (**P**), azufre (**S**), sodio (**Na**), cloro (**Cl**), potasio (**K**), calcio (**Ca**) y magnesio (**Mg**). También se encuentran trazas de metales como hierro (**Fe**), zinc (**Zn**) o cobre (**Cu**).



La paleta de elementos químicos está formada por 118 elementos, 110 de los cuales se clasifican en orden ascendente en una famosa tabla de siete líneas y dieciocho columnas. Las líneas y columnas están organizadas de tal manera que se agrupan los elementos que poseen características comunes, también representados por los diferentes colores: esta es la tabla periódica de elementos debida al químico Dimitri Mendeleev (1834-1907). Hay buenas razones para creer que no hay más de 118 elementos en el Universo; los últimos ocho de los cuales son inestables. Solo sobreviven 90 elementos en la Tierra, que han resistido a 4 500 millones de años de evolución, como el oro y la plata. En esta tabla, el número que acompaña a cada elemento indica su **número atómico**: es el número de protones de cada núcleo. Cuanto mayor sea el número, más "pesado" será el elemento: el mercurio (**Hg**) es mucho más pesado que el aluminio (**Al**) para un volumen idéntico. El número atómico no debe confundirse con la **masa atómica**, que representa el número total de protones y neutrones de un elemento. El núcleo de carbono contiene 6 protones y 6 neutrones: su masa atómica es por lo tanto 12.

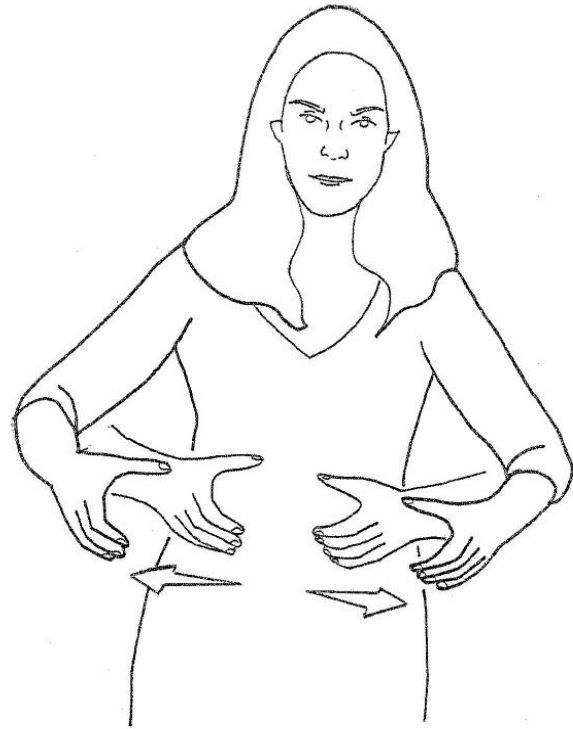
H ¹																	He ²
Li ³	Be ⁴											B ⁵	C ⁶	N ⁷	O ⁸	F ⁹	Ne ¹⁰
Na ¹¹	Mg ¹²											Al ¹³	Si ¹⁴	P ¹⁵	S ¹⁶	Cl ¹⁷	Ar ¹⁸
K ¹⁹	Ca ²⁰	Sc ²¹	Ti ²²	V ²³	Cr ²⁴	Mn ²⁵	Fe ²⁶	Co ²⁷	Ni ²⁸	Cu ²⁹	Zn ³⁰	Ga ³¹	Ge ³²	As ³³	Se ³⁴	Br ³⁵	Kr ³⁶
Rb ³⁷	Sr ³⁸	Y ³⁹	Zr ⁴⁰	Nb ⁴¹	Mo ⁴²	Tc ⁴³	Ru ⁴⁴	Rh ⁴⁵	Pd ⁴⁶	Ag ⁴⁷	Cd ⁴⁸	In ⁴⁹	Sn ⁵⁰	Sb ⁵¹	Te ⁵²	I ⁵³	Xe ⁵⁴
Cs ⁵⁵	Ba ⁵⁶	La ⁵⁷	Hf ⁷²	Ta ⁷³	W ⁷⁴	Re ⁷⁵	Os ⁷⁶	Ir ⁷⁷	Pt ⁷⁸	Au ⁷⁹	Hg ⁸⁰	Tl ⁸¹	Pb ⁸²	Bi ⁸³	Po ⁸⁴	At ⁸⁵	Rn ⁸⁶
Fr ⁸⁷	Ra ⁸⁸	Ac ⁸⁹	Rf ¹⁰⁴	Ha ¹⁰⁵	Sg ¹⁰⁶	Ns ¹⁰⁷	Hs ¹⁰⁸	Mt ¹⁰⁹	Uun ¹¹⁰								

Ce ⁵⁸	Pr ⁵⁹	Nd ⁶⁰	Pm ⁶¹	Sm ⁶²	Eu ⁶³	Gd ⁶⁴	Tb ⁶⁵	Dy ⁶⁶	Ho ⁶⁷	Er ⁶⁸	Tm ⁶⁹	Yb ⁷⁰	Lu ⁷¹
Th ⁹⁰	Pa ⁹¹	U ⁹²	Np ⁹³	Pu ⁹⁴	Am ⁹⁵	Cm ⁹⁶	Bk ⁹⁷	Cf ⁹⁸	Es ⁹⁹	Fm ¹⁰⁰	Md ¹⁰¹	No ¹⁰²	Lr ¹⁰³

La tabla periódica de los elementos. © Wikipedia

Elipse

El signo ELIPSE muestra un círculo que se estira.



Palabras y expresiones asociadas:

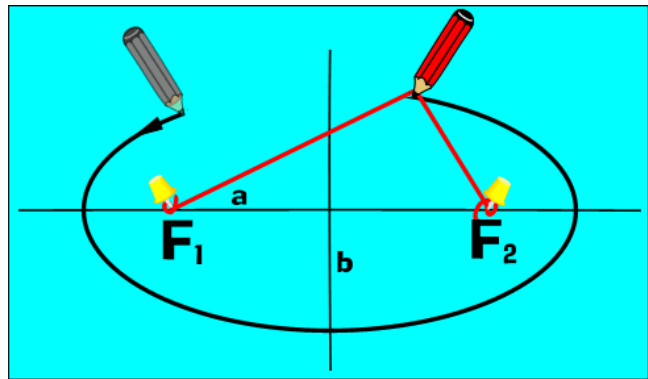
Astrónomo - Excentricidad - Planeta - Sol
- Sistema Solar - Tierra.

Durante muchos siglos, hasta los trabajos de *Nicolás Copérnico* (1473-1543), los astrónomos pensaban que los planetas se movían alrededor de la Tierra a lo largo de trayectorias circulares. Después de la aceptación del modelo heliocéntrico (el Sol en el centro del sistema solar), *Johannes Kepler* (1571-1630) descubrió que las trayectorias de los planetas alrededor del Sol no son círculos sino **elipses**.

La elipse se define por el conjunto de puntos tal que la suma de sus distancias a dos puntos fijos (los *focos*) es constante. En el Sistema Solar, **el Sol ocupa el lugar de uno de los focos**.

La elipse tiene un eje principal (a) y un eje menor (b). La excentricidad (e) de la elipse es la relación de estas dos cantidades:

$$e = a/b$$



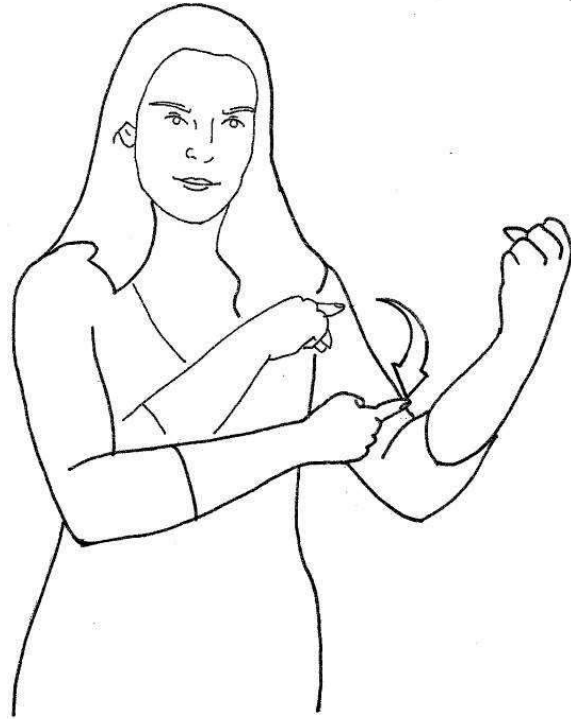
La construcción de una elipse. © Université Laval, Quebec.

Para un círculo, que es un caso particular de la elipse, tenemos $a = b$, es decir, $e = 1$.

La Tierra gira alrededor del Sol describiendo una elipse cuya excentricidad es: $e = 0.0167$.

Energía

El signo ENERGÍA es una metáfora de la fuerza física: un índice dibuja el contorno de un bíceps. El signo se aplica tanto a los organismos vivos como a todas las máquinas que realizan trabajos.



Palabras y expresiones relacionadas:

Año-luz - Estrella - Fuerza - Luz - Nuclear.

En astronomía como en física, la energía es lo que produce movimiento, luz, calor, etc. La energía está vinculada a la noción de fuerza: se debe ejercer una fuerza sobre un sistema para obtener energía. Por ejemplo, el agua que es retenida por un embalse de montaña fluye a las tuberías, y la fuerza de la corriente gira turbinas que proporcionan energía eléctrica al valle. En el corazón de una estrella, las reacciones nucleares que actúan sobre los átomos de hidrógeno para dar helio liberan enormes cantidades de calor que hacen que la estrella brille.

La unidad de energía es **el julio (J)**: es la energía necesaria para mover una fuerza de un newton (ver la entrada de *Fuerza*) una distancia de un metro en la dirección de esta fuerza.

Ejemplo: un peso de 1 kg que cae en caída libre de 1 metro tiene una energía de 1 J.

Por razones históricas, los astrónomos a menudo usan otra unidad de energía llamada **ergio**. Tenemos: $1 \text{ erg} = 10^{-7} \text{ julios}$. En otras palabras, se necesitan diez millones de ergios para tener un julio.

En física, la **energía cinética** E_c de un cuerpo que tiene una masa m y una velocidad v se calcula mediante:

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2$$

Los astrónomos a menudo usan la famosa fórmula de *Albert Einstein* (1879-1955) que relaciona una masa m y una energía E :

$$E = mc^2$$

El término c representa la velocidad de la luz (300,000 km / s). Esta fórmula explica por qué una pequeña masa puede dar una enorme cantidad de energía.

Equinoccio

Los signos DÍA y NOCHE se basan en las mismas metáforas que las expresiones francesas "amanecer" y "anocheecer" (ver solsticio de entrada): las manos se levantan (DÍA) o retroceden cierre (NOCHE). El signo EQUINOCCIO muestra una noche y un día que tienen la misma longitud. Para especificar cuál de los dos equinoccios se habla, se agrega el signo PRIMAVERA o el signo OTOÑO.

Palabras relacionadas: Ecuador - Revolución - Rotación - Estación - Solsticio - Tierra.

Como el eje de rotación de la Tierra está inclinado en un ángulo de $23^{\circ} 27'$, la duración del día y la noche cambian a lo largo del año. Esta variación es la causa esencial de las cuatro estaciones, primavera, verano, otoño e invierno, que no existirían si el eje de la Tierra fuera perpendicular al plano descrito por la órbita de la Tierra alrededor del Sol. En Francia, el día se alarga desde el solsticio (ver esta entrada) de invierno hasta el solsticio de verano, antes de disminuir nuevamente hasta el siguiente invierno. Entre los solsticios hay, por lo tanto, dos fechas en las que el día y la noche son iguales: son los **equinoccios**.

La revolución de la Tierra alrededor del sol. © Wikipedia

Dos veces al año, el Sol cruza el plano del ecuador de la Tierra. El Sol permanece durante doce horas sobre el horizonte, antes de desaparecer durante otras doce horas. Esta igualdad de la duración del día y la noche se denomina equinoccio y ocurre dos veces al año. El equinoccio de primavera, que marca la transición del invierno a la primavera, tiene lugar el 20 o 21 de marzo, según el año. El equinoccio de otoño que marca el paso del verano al otoño tiene lugar los días 22 o 23 de septiembre.

Igualdad de día y de noche en el equinoccio. © NASA

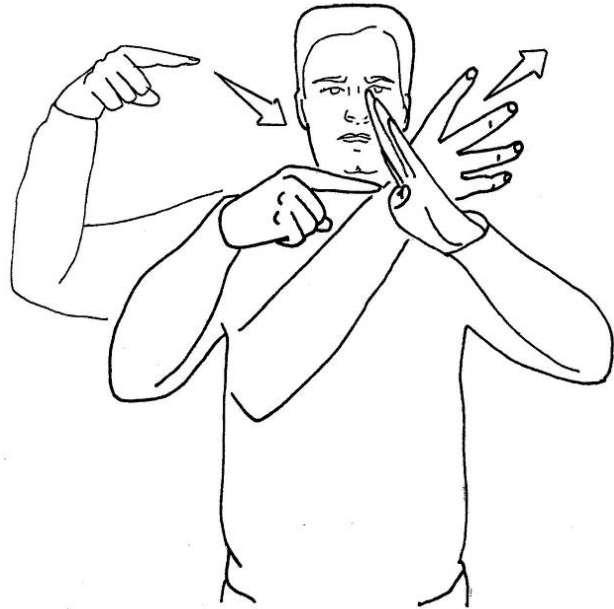
En el hemisferio sur, los solsticios y los equinoccios están invertidos en relación con el hemisferio norte. Así, en Chile, el verano comienza en diciembre y el invierno en junio. El equinoccio de primavera se produce en septiembre y el equinoccio de otoño en marzo.



Espectro electromagnético

Espectroscopia

El signo ESPECTROSCOPIA describe el principio de la descomposición de la luz mediante un prisma. Una mano inclinada es una de las caras de un prisma. El dedo índice de la otra mano representa un rayo de luz que, después de haber cruzado el prisma, se descompone en diferentes longitudes de onda simbolizadas por los dedos separados.

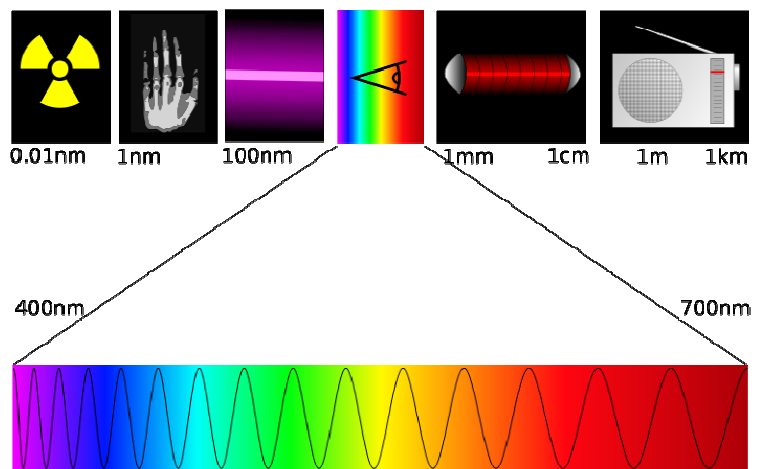


Palabras y expresiones asociadas:

Astrónomo - Electrón - Elemento químico - Estrella - Galaxia - Infrarrojo - Longitud de onda - Luz - Nuclear (reacción) - Onda - Planeta - Radiotelescopio - Rayos IR - Ultravioleta- rayos X - Sol - Telescopio - Universo - Universo (expansión) - Velocidad de la luz.

Todos los componentes del Universo producen emisiones que pueden ser observadas tanto a simple vista (la luz) como utilizando instrumentos especializados en **longitudes de onda** cortas (rayos X o ultravioleta) o grandes (infrarrojo y radio). Todas estas emisiones usan un soporte llamado **onda**, que les permite viajar hacia la Tierra a la velocidad de la luz. Por otro lado, la onda en sí no se mueve: cuando se hace vibrar una cuerda, cada parte de ella oscila pero permanece en el mismo lugar.

En 1666, *Isaac Newton* (1642-1727) descubrió que la luz del Sol se descompone en diferentes colores usando un prisma (ver la entrada *Luz*). Estos colores corresponden a la emisión de una fuente de luz en diferentes longitudes de onda. Pero esta área accesible al ojo representa solo una parte muy pequeña del espectro electromagnético.



El espectro electromagnético, de longitudes de onda más cortas a más largas.

Más adelante, el astrónomo *William Herschel* (1738-1822) descubrió que el Sol también emite una radiación caliente pero invisible: es el **infrarrojo** (IR). Esta misma radiación nos trae la calidez de un fuego de chimenea o de un radiador. Otras radiaciones se descubrieron posteriormente, incluyendo los **rayos X** (*Wilhelm Conrad Röntgen*, 1845-1923), capaces de atravesar objetos y tejidos vivos, y para tomar imágenes del interior, como las radiografías del cuerpo humano. El espectro electromagnético comprende así varios dominios específicos, cada uno con sus propiedades particulares.

Los rayos X y una parte de los rayos ultravioleta de las estrellas y las galaxias son detenidos por la atmósfera terrestre; son estudiados por satélites en órbita alrededor de la Tierra. Los telescopios observan la radiación emitida en el dominio óptico y una parte de la radiación infrarroja mediante cámaras adaptadas. Los radiotelescopios analizan las emisiones correspondientes a las longitudes de onda de radio. Por lo tanto, a cada dominio del espectro electromagnético corresponde un instrumento específico, lo que permite comprender la naturaleza y la evolución de los diferentes componentes del Universo.

La espectroscopia

La luz visible y las emisiones en el ultravioleta, visible e infrarrojo cercano se pueden descomponer usando un **espectroscopio** para analizar las diferentes propiedades.

El arco iris, un espectroscopio elemental

Cuando la luz del Sol pasa a través de las gotas de lluvia, éstas tienen la propiedad de descomponerla en una serie de bandas coloreadas, cada una correspondiente a una longitud de onda específica. Esta longitud se mide en nanómetros (nm) con $1 \text{ nm} = 10^{-9}$ metros (o 0,000000001 metros).

El violeta tiene una longitud de onda de aproximadamente 400 nm y el rojo de 800 nm. Entre los dos, encontramos los colores principales, verde, amarillo, etc.

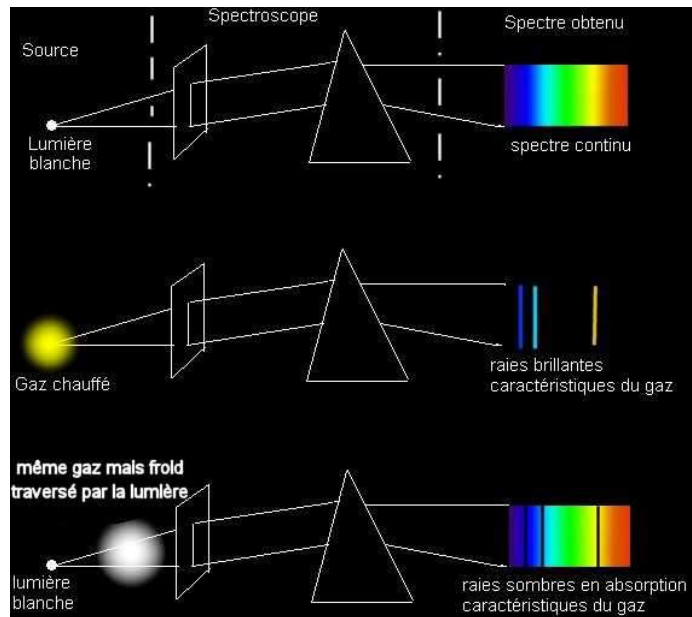
El arco iris es en realidad un espectro del Sol, pero en él no podemos analizar los detalles finos: por eso los astrónomos usan espectroscopios.



Arco iris.



Para descomponer la luz, los físicos han utilizado durante mucho tiempo prismas de vidrio. Hoy, los espectrógrafos contienen un dispositivo extremadamente preciso llamado **red de difracción**. La luz de los planetas, las estrellas y las galaxias contiene una gran cantidad de elementos químicos, comenzando por el hidrógeno, el helio y el carbono, que contribuyen a la radiación de estos cuerpos procedente de las reacciones nucleares. Los electrones de estos elementos son excitados por el calor y "saltan" dejando en el espectro un conjunto de "líneas" características. Estas líneas identifican los diferentes elementos químicos contenidos en la fuente de luz.



Principio de la espectroscopia. © M.Besnier

La intensidad de estas líneas espectrales permite conocer la abundancia de los diferentes elementos químicos de un planeta, una estrella o una galaxia. Los astrónomos han demostrado que una estrella es vieja si tiene poco hierro en su atmósfera; por el contrario, es joven si es abundante. Otra propiedad de las líneas espectrales permite conocer la velocidad de movimiento de un cuerpo en el Universo: así como un policía mide con un radar la velocidad de un vehículo cuyo desplazamiento provoca un cambio de ondas de sonido llamado efecto Doppler - Fizeau (el claxon de un automóvil es más agudo cuando se acerca y más grave cuando se aleja), los astrónomos miden un desplazamiento de las ondas de luz cuando una fuente se está moviendo. Si la fuente se aleja, las líneas espectrales se desplazan hacia las longitudes de onda largas, e inversamente hacia las longitudes de onda pequeñas cuando la fuente se acerca. Esta es una de las pruebas que permitió demostrarla huida de las galaxias debida a la expansión del Universo. Por lo tanto, gracias a la espectroscopia, los astrónomos pueden conocer tanto las características de los movimientos de un cuerpo del Universo, como su composición química y su evolución con el transcurso del tiempo.

Estrella (binaria)

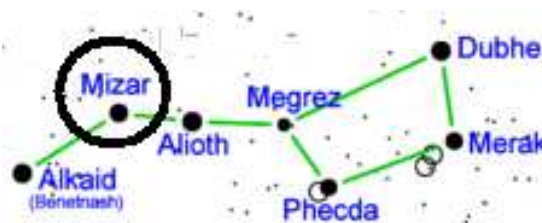
Para traducir el concepto de estrella doble, se hace el signo de ESTRELLA y luego se colocan las manos en forma de pinza representando dos pequeños objetos redondos que se colocan uno al lado del otro. Para la etimología del signo ESTRELLA, vea la entrada *Estrella general*.



Palabras y expresiones asociadas: Año-luz - Astrónomo - Diámetro - Tamaño - Distancia - Estrella (nombre) - Estrella (variable) - Estrella (diámetro) - Estrella de neutrones - Tierra - Planeta - Sol - Tierra - Agujero Negro.

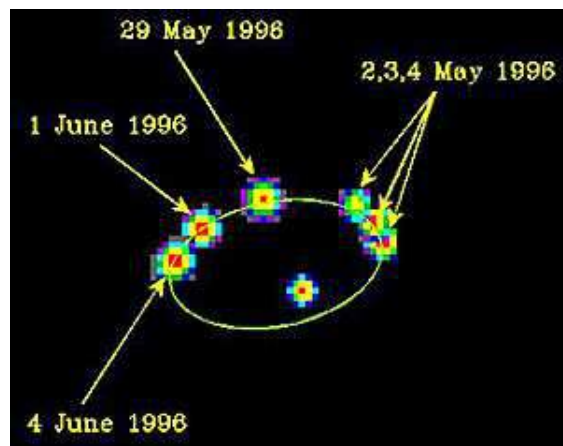
Cuando se ve a simple vista el carro de la Osa Mayor lejos de las luces de la ciudad, es fácil darse cuenta de que la penúltima estrella del carro, ζ UMa también llamada *Mizar*, está acompañada por de una pequeña estrella cercana, cuyo nombre es *Alcor*: esta pareja es una excelente prueba de visión. Decenas de miles de estrellas viven en parejas; algunas de ellas son solamente visuales, cuando se trata de dos estrellas a distancias muy diferentes y que están casi alineadas con la Tierra, pero muchas son parejas físicas, es decir, dos estrellas, una de las cuales está girando alrededor de la otra, de la misma manera que un planeta gira alrededor del Sol.

La observación de estrellas binarias permite conocer su masa a partir de las leyes de la mecánica. Los astrónomos observan regularmente el movimiento de una estrella en relación con la otra midiendo los cambios en la posición y la distancia angulares decir, el pequeño ángulo que visto desde la Tierra separa a las dos componentes. Por lo tanto, la pareja *Mizar-Alcor*, que está a 90 años-luz de distancia de la Tierra, se ve con un ángulo de $0,2^\circ$, que corresponde a 0,25 años-luz. Esta distancia es demasiado grande para que las dos estrellas estén unidas físicamente: forman una pareja visual, que solo se ve como tal debido a su alineación con la Tierra. Sin embargo, *Mizar* tiene una compañera real, visible con un pequeño telescopio, a una distancia angular de



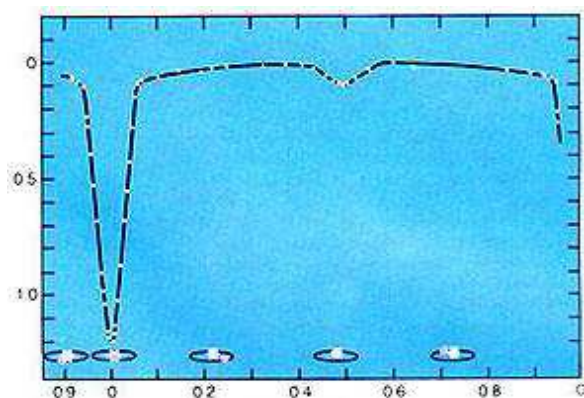
La posición de Mizar en el carro Great Bear.

14". Además, cada una de estas dos componentes es en sí misma una estrella doble muy cercana. Muchas estrellas brillantes son realmente hermosas parejas de colores contrastantes, visibles con un telescopio o un anteojo, como *Albireo* (β Cisne), que consiste en dos estrellas de color amarillo y azul separadas 35", o *Alamak* (γ Andrómeda) que consta de dos estrellas naranja y azul separadas por 10".



El estrecho sistema doble de Mizar. © NASA

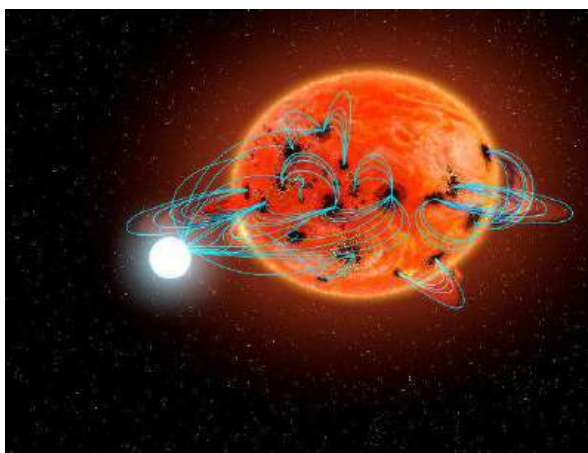
En el *Atlas del cielo*, al final del diccionario, encontramos algunas estrellas dobles clásicas fáciles de observar.



La variación del brillo de Algol.

Estrellas binarias con eclipses

Para muchas estrellas binarias, la Tierra está en el plano de su órbita. Sucede entonces que una de ellas pasa frente a la otra, causando un eclipse que modifica el brillo total de las dos estrellas. Este es el caso de *Algol* (β Perseus), cuya variabilidad fue descubierta por el astrónomo sordo inglés *John Goodricke* (ver entrada *Estrella - variable*).



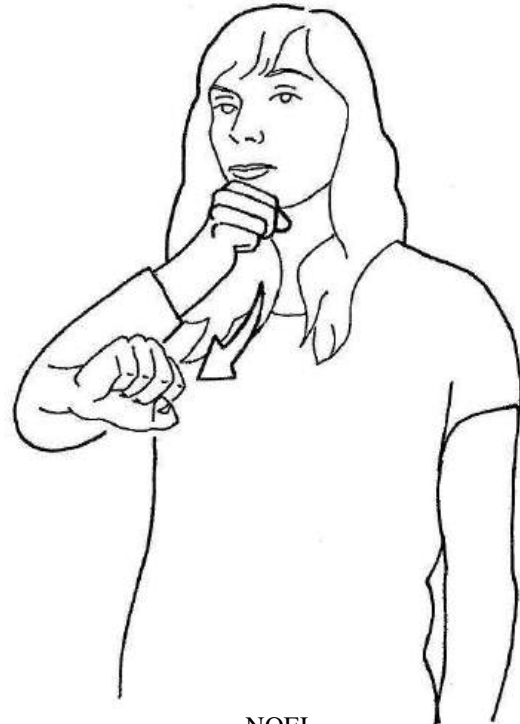
Una estrella binaria que interactúa con intercambiando materiales entre las componentes. © NOAO

Parejas muy diferentes

A medida que avanza el progreso técnico, los astrónomos han descubierto estrellas binarias cada vez más cercanas. Algunas de ellas están lo suficientemente cerca entre sí para intercambiar materia, especialmente si son de tipos muy diferentes. A veces, la pareja está formada por una estrella ordinaria y una compañera, que puede ser una estrella de neutrones o un agujero negro. Su detección es posible solo por los rayos X que emiten. Mediante el estudio de estas parejas tan particulares, los astrónomos buscan entender si las dos componentes han evolucionado de forma conjunta, o si una de ellas habría sido "capturada" por la otra; también intentan averiguar cuál será el destino de estas parejas.

Estrella (de Navidad)

La estrella de Navidad se nombra con el signo ESTRELLA (ver esta entrada) seguido del signo NAVIDAD. Este segundo signo representa la barba de Papá Noel.



NOEL

Palabras y expresiones asociadas: Astrónomo
- Cometa - Estrella - Nova - Solsticio -
Supernova - Tierra.

La Biblia menciona la aparición de una estrella en el cielo coincidiendo con el nacimiento de Jesús. Según la tradición, una estrella o un cometa habrían llevado a los Magos a seguir el camino hacia Belén en Judea. ¿Qué fenómeno pudieron haber observado en ese momento y cuál podría ser la fecha de la Natividad?

La fecha de Navidad del 25 de diciembre fue establecida en el año 334 para reemplazar las fiestas romanas que celebraban el solsticio de invierno. Por otro lado, investigaciones precisas muestran que se introdujo un error de varios años en el calendario cristiano después del nacimiento: Jesús realmente habría nacido en el año 7 a.C. o 5 a.C. Ninguna de las investigaciones arqueológicas ni los documentos antiguos, en especial los de las dinastías chinas, menciona la nueva estrella (nova o supernova) o un cometa espectacular durante este periodo (el cometa Halley pasó cerca de la Tierra catorce años antes).

Sin embargo, a veces los planetas parecen acercarse entre sí, aunque en realidad se encuentran a distancias muy diferentes, dando la impresión desde la Tierra de que se observa una estrella doble o triple particularmente espectacular: este fenómeno relativamente común se llama conjunción. Para los astrónomos, una



La adoración de los Reyes Magos y el cometa Halley pintado por Giotto di Bondone (1267-1337).

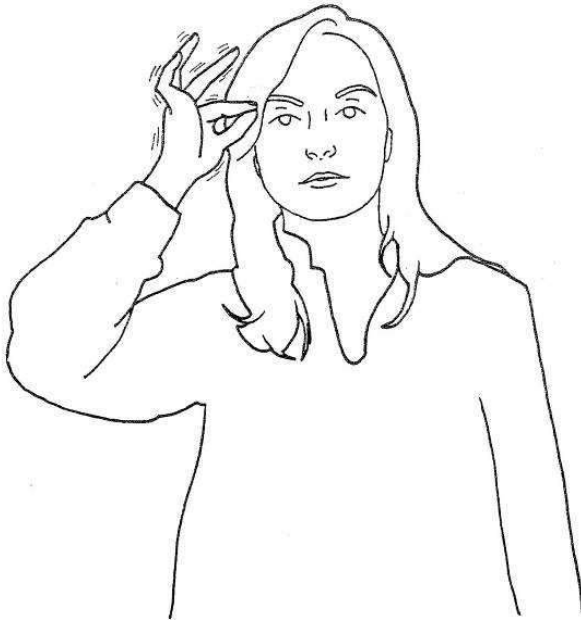
conjunción así, observada en el otoño del año 7 a.C. o en la primavera del año 5 a.C., podría corresponder a la Natividad.

Una conjunción se representa fácilmente en LSF colocando las manos en dos lugares en el espacio, luego acercándolas entre sí hasta que estén casi alineadas con el ojo.

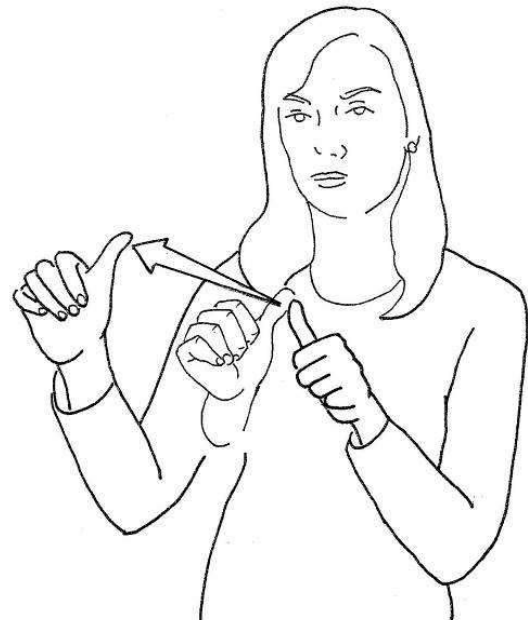


Estrella (distancia)

El concepto de distancia de una estrella se traduce por el signo ESTRELLA seguido por el signo DISTANCIA. Para la etimología de estos dos signos, vea las entradas *Estrella-general* y *Distancia*.



ESTRELLA



DISTANCIA

Palabras y expresiones relacionadas: Año-luz - Astrónomo - Estrella (general) - Luz (velocidad) - Magnitud - Parsec - Sol - Tipo espectral - Bóveda estelar.

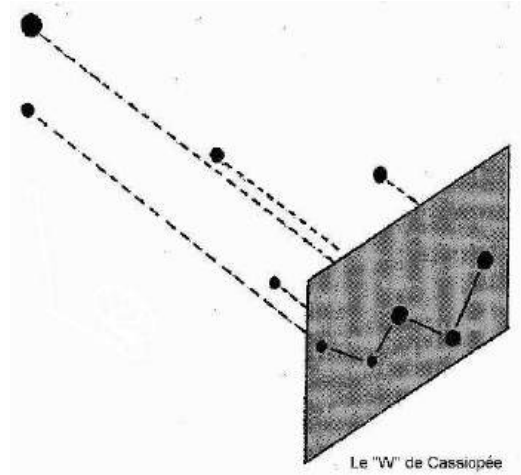
Las distancias a las estrellas son muy grandes. Una estrella es, en efecto, un sol lejano cuya luz tarda años, a menudo décadas, en alcanzarnos a la velocidad de 300 000 km por segundo. Es por eso que los astrónomos miden las distancias a las estrellas en años-luz (A.L) y parsecs (pc), que son unidades mucho mejor adaptadas que el kilómetro para tales números grandes. Aparte del Sol, la estrella más cercana visible a simple vista se llama *Rigil Kent*; es la estrella α (alfa) de la constelación del Centauro, distante 4,2 años-luz.

La observación de la bóveda celeste en una hermosa noche proporciona la impresión de que todas las estrellas están a la misma distancia. En la antigüedad, los hombres creían que las estrellas estaban fijas en una gran esfera negra: la llamaban **esfera de las estrellas fijas**.

Las estrellas están, sin embargo, a distancias muy diferentes; la constelación de Casiopea comprende cinco estrellas brillantes dispuestas en forma de "W". Como muestra la ilustración, estas cinco estrellas están de nosotros a distancias muy diferentes (en A.L):

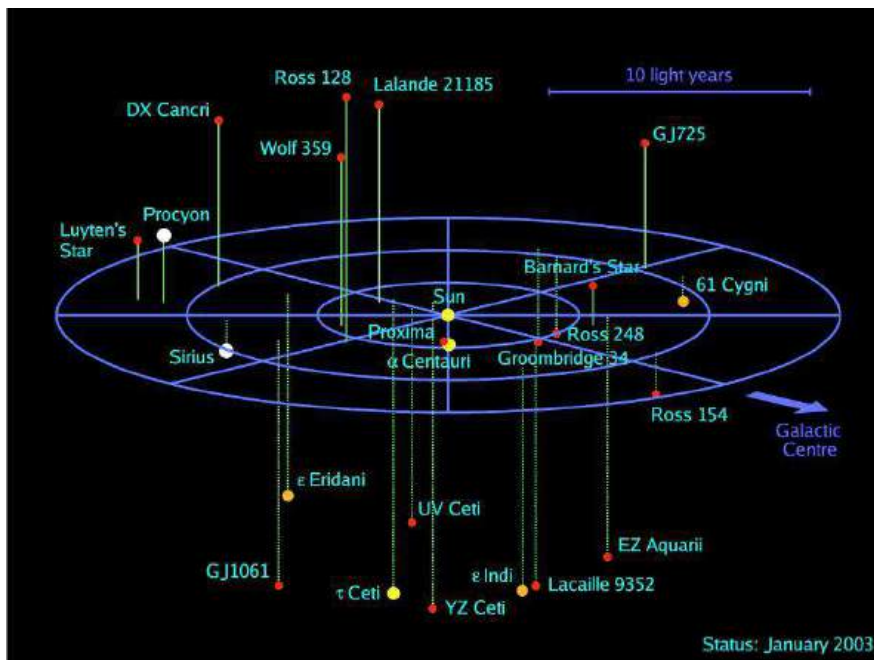


ϵ	γ	β
500 A.L	100 A.L	46 A.L
δ	α	
76 A.L	160 A.L	



Las cinco estrellas forman la "W" de la constelación de Casiopea.

Entre las estrellas más brillantes, *Sirio* (α Canis Major) está a 8,64 A.L., *Vega* (α Lyrae) a 26,42 A.L., *Arturo* (α Boyero) a 35,88 A.L., *Canopus* (α Carina) a 195,7 A.L., *Rigel* (β Orionis) a 815,5 A.L., etc. En otras palabras, la luz que proviene de *Canopus* al final del reinado de Napoleón I, hace 195,7 años, y la de *Rigel* en el momento de la construcción de las catedrales góticas. ¡Cada estrella nos envía su luz desde un pasado tanto más distante como lejos está la estrella! Se puede encontrar en el *Atlas del cielo* al final de este diccionario la descripción de las principales estrellas visibles a simple vista, agrupadas en constelaciones, con su brillo (magnitud), su tipo espectral, la clase y la distancia.



3D Map of Known Stellar Systems in the Solar Neighbourhood

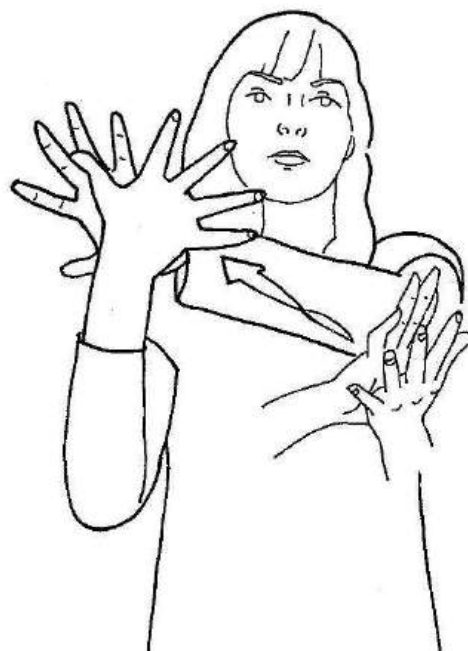
ESO PR Photo 03c/03 (13 January 2003)

© European Southern Observatory

Las estrellas más cercanas al Sol, ubicadas a menos de diez años-luz (10 años-luz). © ESO

Estrella (evolución)

La evolución de las estrellas se representa por el signo ESTRELLA seguido del signo EVOLUCIÓN. Este segundo componente es una metáfora gestual: las manos invierten sus orientaciones durante un movimiento lento y continuo que se desarrolla en el eje del tiempo. Para la etimología de ESTRELLA, ver la entrada de *Estrella - general*.



EVOLUCIÓN

Palabras y expresiones asociadas: Constelación - Distancia - Tamaño - Energía - Estrella - Galaxia - Nebulosa planetaria - Nova - Nuclear (reacciones) - Planeta - Sol - Supernova - Sistema Solar - Temperatura - Tierra.

Las estrellas nacen, viven y mueren. Durante su existencia, producen la mayoría de los elementos de la naturaleza, desde los más "ligeros" como carbono, nitrógeno u oxígeno, a los más "pesados" como plomo, mercurio y uranio. El Sistema Solar y la Tierra se formaron hace 4600 millones de años en una nube de gas y polvo, rica en todos estos elementos (ver la entrada de *Sistema Solar*), proveniente de millones de estrellas cuya materia se dispersó después de su muerte. Por lo tanto, podemos considerar que los humanos están hechos con el polvo de las estrellas.

Describimos a continuación la **evolución de una estrella de tipo solar**. Para las estrellas masivas, vea las entradas *Nova* y *Supernova*.

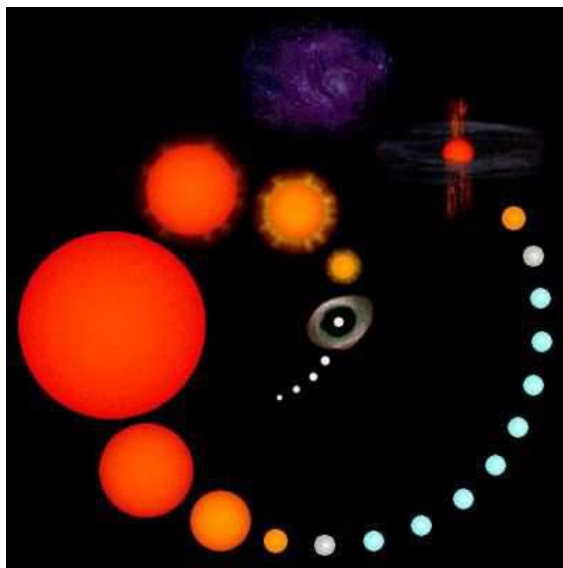
Las estrellas nacen en los brazos de las galaxias ricas en gas. Dentro de estas nubes, el gas es suficientemente caliente y denso como para que puedan formarse burbujas grandes, las protoestrellas ("estrellas bebé"). Cuando la temperatura central es suficientemente alta (alrededor de quince millones de grados), comienzan las reacciones nucleares, transformando el hidrógeno en helio: la estrella comienza su existencia y se separa de su nube. Como se muestra en el **diagrama de las estrellas** de la entrada *Estrella-tipos*, se convierte en un punto de la **secuencia principal**, en la que permanecerá la mayor parte de su vida.



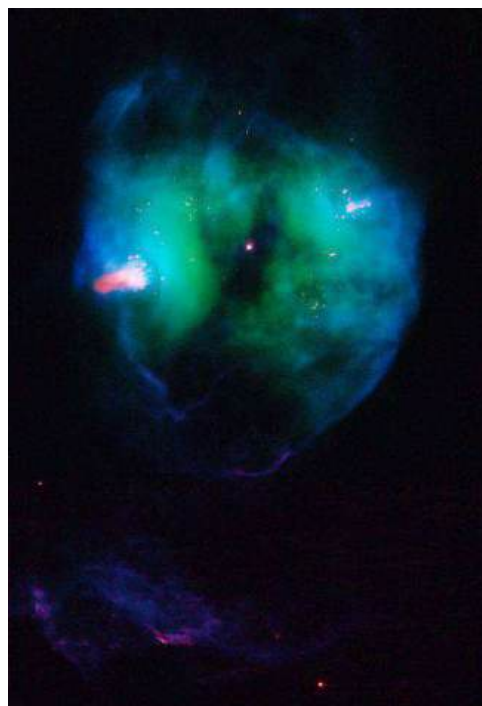
Un vivero de estrellas en una nube molecular. © NASA / Telescopio Hubble.

La estrella usa su hidrógeno como combustible. Las reacciones nucleares que ocurren en sus regiones centrales convierten el hidrógeno en helio; ¡un gramo de hidrógeno libera 600 mil millones de julios de energía! (ver la entrada de *Energía*). La estrella puede continuar su existencia durante varios miles de millones de años, como le ocurre al Sol. ¡Si pudiéramos acelerar el tiempo para que la vida de una estrella fuera igual a la de un hombre, entonces su vida se reduciría a cuarenta segundos!

Cuando no queda suficiente hidrógeno, la estrella quema su helio y lo transforma en carbono, luego oxígeno, silicio, magnesio, etc. Como resultado de estas reacciones, la temperatura central aumenta gradualmente y la estrella se expande, convirtiéndose en una gigante roja que, colocada en el lugar del Sol, se extendería hasta el planeta Marte. Después de unas pocas decenas de millones de años, el material termina cayendo sobre sí mismo, como un soufflé después de salir del horno, mientras que las regiones exteriores ricas en elementos químicos producidos en las estrellas son expulsadas, formando una hermosa nebulosa planetaria (ver esta entrada). La estrella se derrumba sobre sí misma para convertirse en una enana blanca, cuyo diámetro es de solo unos pocos cientos o miles de kilómetros. ¡Comprimido en un espacio tan pequeño, el material es tan denso que un dedal podría contener varios cientos de kilos! Posteriormente, como una moribunda, la estrella se desvanece muy lentamente, mientras que su materia comienza a dispersarse por el espacio circundante. Las dos fases, de gigante roja y enana blanca, se muestran en el diagrama de estrellas de la entrada de *Estrella - tipos*.



El ciclo de vida de una estrella. Después de nacer en una nube de gas, brilla durante varios miles de millones de años y permanece idéntica a sí misma (aquí en azul). Luego se expande para convertirse en una gigante roja, antes de colapsar al expulsar materia (nebulosa planetaria) y terminar en enana blanca. © A. Nadeau

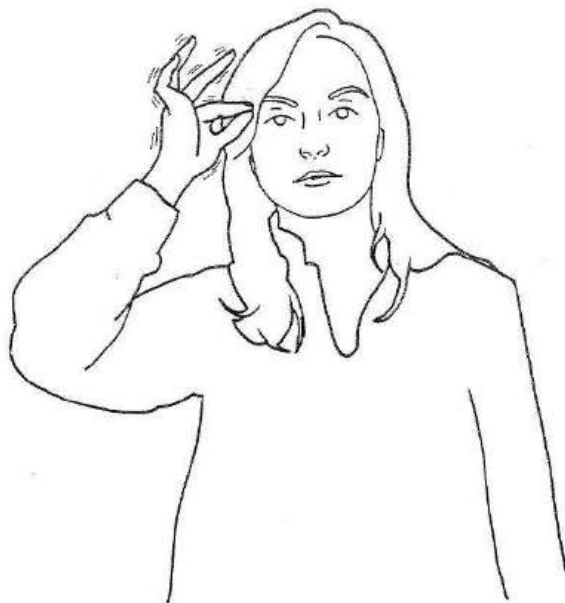


La nebulosa planetaria NGC2371. Se ve la estrella central que expulsó el material. © NASA / HST

Pero la materia que la estrella expulsó antes de salir no se pierde. Es rica en todos los elementos que ha fabricado durante su vida. Este material enriquecido será utilizado en la producción de nuevas estrellas y nuevos planetas en los que puede tal vez aparecer y desarrollarse la vida: la evolución de las estrellas es un ciclo ecológico.

Estrella (general)

En el signo ESTRELLA, la mano en forma de pinza simboliza un objeto de forma redondeada y pequeñas dimensiones aparentes. El movimiento de oscilación de la muñeca imita las estrellas centelleantes. La posición en la sien se refiere a un objeto situado en lo alto.



Palabras y expresiones asociadas:

Astrónomo - Binaria (estrella) - Constelación
- Distancia - Tamaño - Evolución - Nuclear (física) - Sol - Sistema Solar - Telescopio - Temperatura - Variable (estrella) - Bóveda del cielo.

El cielo que vemos es poco diferente al de los antiguos: las estrellas parecen inmutablemente fijas en el cielo. Hace solo cien años, era difícil saber la distancia o el tamaño de las estrellas; era aún más difícil de explicar la causa de su radiación: ¿por qué brillan las estrellas? ¿Cuál es su evolución? No fue hasta el siglo XX con los telescopios modernos y los avances en la física nuclear que se logró entender que las estrellas nacen, viven y mueren como los humanos y están en constante evolución.

La expresión "Bóveda celeste" designa el cielo nocturno como un todo (ver esta entrada).

Desde la antigüedad, los astrónomos han compilado catálogos de estrellas cada vez más importantes. Primero fueron agrupadas en constelaciones. El astrónomo Hiparco en el siglo II a.C., construyó un catálogo de 1024 estrellas. Los astrónomos árabes dieron luego nombre a las estrellas más brillantes (el lector encontrará algunos de estos nombres en el *Atlas del cielo*). A través de los siglos, los catálogos se han ido enriqueciendo. Hoy en día, hay registrados cerca de 200 mil millones de estrellas en nuestra galaxia solamente.

Las estrellas son soles muy lejanos. Se definen por su distancia, su tamaño, la temperatura y otras características tales como binariedad y variabilidad. A través de sus observaciones, los astrónomos son capaces de conocer sus características físicas y su evolución.

El estudio de la evolución de las estrellas es un largo proceso que requiere paciencia,



Part of Baade's Window, with NGC 6528 (FORSAVLT)

ESO Press Photo 34a/06 (12 September 2006)



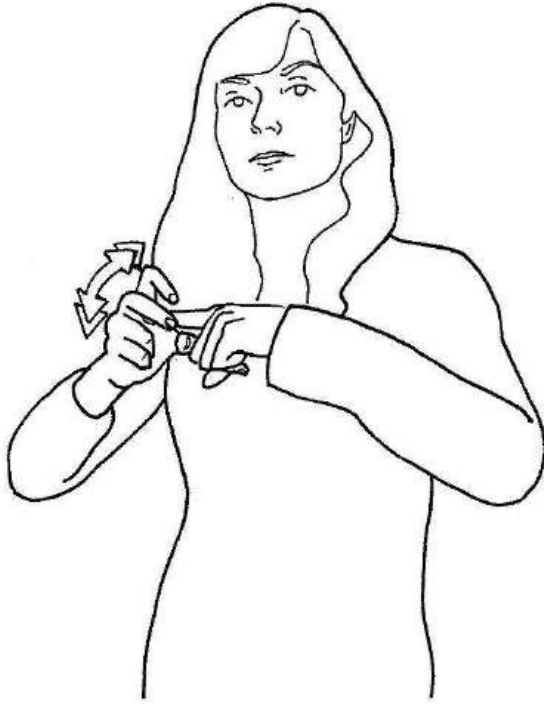
Una pequeña área del cielo con miles de estrellas. © ESO

porque la vida de un ser humano en comparación con la de una estrella es aproximadamente ¡dos segundos de nuestra propia existencia! El astrónomo debe reunir el máximo de información para reconstruir la historia de una estrella cuya vida puede llegar a varios miles de millones de años: el Sol que nació con el Sistema Solar ha tardado alrededor de 4 600 millones de años en llegar actualmente a la mitad de su existencia. Gracias a la astrofísica, ahora es posible asociar el ser humano a las estrellas, porque nosotros mismos estamos hechos de átomos que han sido fabricados por las estrellas, desde los inicios del Universo. **Conocer la vida de las estrellas, es también conocer al hombre.**

Estrellas (tipos)



Las estrellas se dividen en diferentes tipos espectrales, según su temperatura. El tipo espectral de una estrella que se representa con una de las letras O, B, A, F, G, K, M, se indica en LSF por medio de la letra manual correspondiente. Las tres clases, enanas, gigantes, súper gigantes (incluso más grandes que las gigantes), relacionadas con su diámetro, también se designan con los signos correspondientes.



TEMPERATURA



DIÁMETRO

Palabras y expresiones asociadas: Alfabeto - Astrónomo - Constelación - Distancia - Estrella (general) - Estrella (evolución) - Magnitud - Marte - Nuclear (reacciones) - Planeta - Sol - Espectroscopia.

Las estrellas brillan gracias a las reacciones nucleares que ocurren en sus regiones centrales, donde la temperatura alcanza los quince millones de grados. Sin embargo, aunque esta temperatura central es prácticamente idéntica de una estrella a otra, las temperaturas de la superficie varían mucho.

El Sol tiene una temperatura superficial de 5800° que corresponde a su color amarillo, pero hay miles de estrellas más cálidas (azules) o más frías (rojas). El color de una estrella es, por lo tanto, un indicador de su temperatura. El análisis de la luz de las estrellas se realiza por espectroscopia. Es a partir del espectro de las estrellas que los astrónomos pueden clasificarlas de acuerdo con sus características físicas.



Basta observar el cielo a simple vista para comprobar que las estrellas tienen diferentes colores: Vega de la Lira es blanca, mientras que Arturo del Boyero es amarilla; en la constelación de Orión, Rigel es blanca mientras que Betelgeuse es roja. Los astrónomos han clasificado las estrellas en siete categorías principales, subdivididas en nueve subgrupos, que llamamos el tipo espectral. El tipo espectral permite conocer las características físicas y químicas de las estrellas, y deducir todas sus propiedades. La tabla a continuación muestra las siete categorías principales, con la temperatura y el color correspondientes.

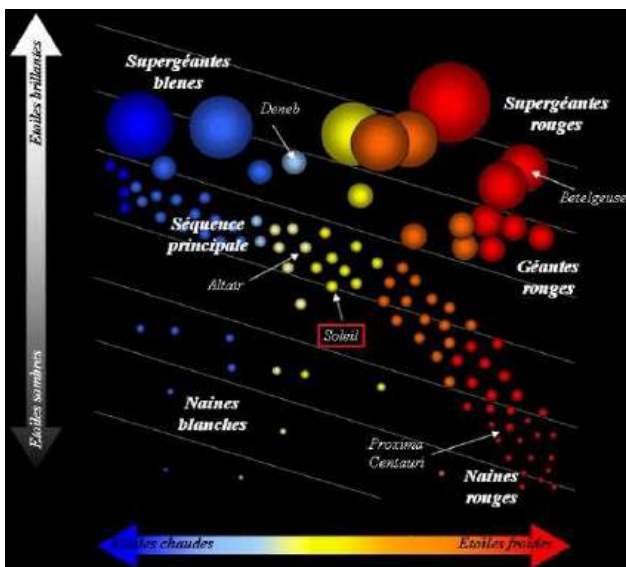


Una pequeña porción del cielo con estrellas de varios colores, mezcladas con gas. © ESO

Tipo espectral	Temperatura	Color	Ejemplos
O	25 000° à 45 000°	azul	Mintaka (δ Orión), Naos (ζ Puppis)
B	9 500° à 25 000°	azul - blanco	Rigel (β Orión), Achernar (α Eridani)
A	7 100° à 9 500°	blanca	Sirio (α Canis Major), Vega (α Lira)
F	5 800° à 7 100°	blanco - amarillo	Proción (α Canis Minor)
G	4 600° à 5 800°	amarillo	Capella (α Cochero), El Sol
K	3 200° à 4 600°	amarillo - naranja	Arturo (α Boyero)
M	1 800° à 3 200°	rojo	Antares (α Escorpio)

Para las estrellas extremadamente frías también hemos creado las clases R, N y S. Cada estrella se define por su magnitud, en otras palabras, por la cantidad de luz que nos envía por la propia naturaleza de esta luz, que corresponde a la clase a la cual pertenece la estrella.

El diagrama de las estrellas

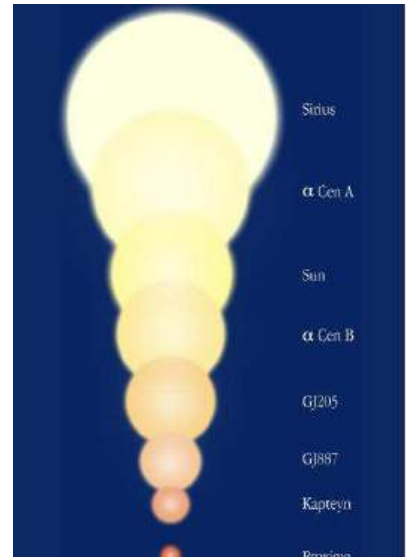


El diagrama de las estrellas (también llamado diagrama de Hertzsprung-Russell). © Florent Renaud

En la década de 1910, dos astrónomos, Hertzsprung y Russell, hicieron un diagrama cuyo eje horizontal representa la temperatura de las estrellas, mientras que el eje vertical representa su brillo o magnitud. Este diagrama muestra que la mayoría de las estrellas (incluido el Sol) están en una tira sinuosa llamada Secuencia Principal que baja de izquierda a derecha. Arriba está la familia de estrellas gigantes y súper gigantes, calientes a la izquierda y frías a la derecha; y debajo la familia de estrellas enanas, blancas y rojas. Por lo tanto, hay tres clases principales de estrellas:

- Estrellas enanas
- Estrellas gigantes
- Estrellas súper gigantes

Las estrellas son de tamaños y temperaturas muy diferentes; pero vista desde la Tierra, una estrella enana fría cerca de nosotros puede parecer tan brillante como una estrella gigante muy lejos. El diagrama anterior en realidad representa las diferentes etapas de la vida de una estrella, desde la juventud hasta la vejez (ver la entrada de Estrella-evolución). El tamaño de las estrellas es bastante notable: si el Sol, a pesar de tener un radio de 700 000 km, es una estrella enana, algunas estrellas súper gigantes, puestas en la posición del Sol ¡se extenderían hasta la órbita de Marte! En el *Atlas del Cielo*, al final de este diccionario, se puede encontrar la descripción de las principales estrellas visibles a simple vista, agrupadas en constelaciones, con su brillo (magnitud), su tipo espectral, clase y distancia.



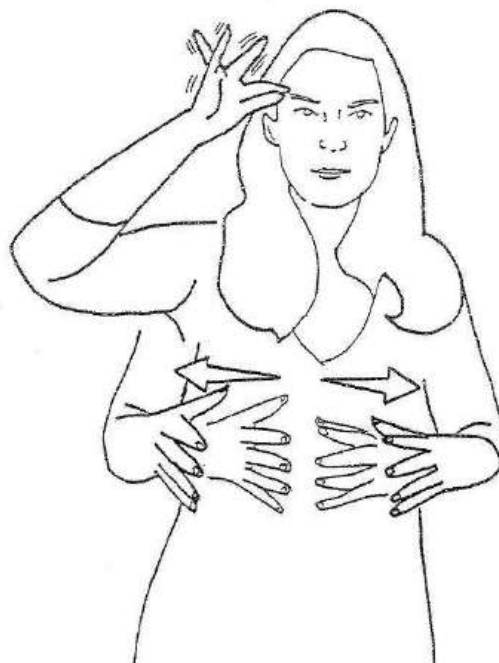
Comparación del tamaño de algunas estrellas cercanas al Sol (Sol en inglés). © ESO

Estrella (variable)

El concepto de estrella variable se traduce por el signo ESTRELLA, seguido por un signo que evoca tanto el aumento y la disminución del brillo aparente de todas las variables, como el movimiento real de dilatación y contracción de las más importantes de ellas, las Cefeidas. Para la etimología de ESTRELLA, ver la entrada de *Estrella-General*.

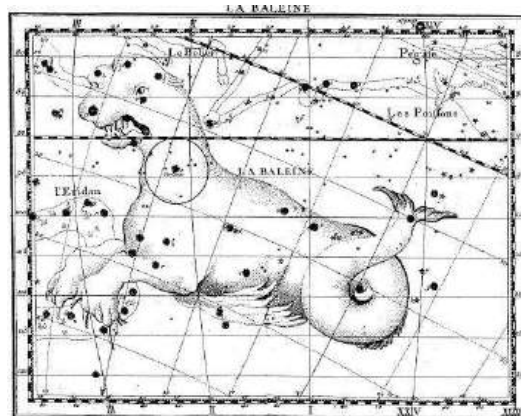
Para designar con mayor precisión una estrella variable del tipo "binaria eclipsante", utilice el signo ECLIPSE (consulte la entrada correspondiente).

Palabras y expresiones asociadas: Constelación - Tamaño - Distancia - Eclipse - Estrella (binaria) - Estrella (nombre) - Galaxia - Anteojo - Nova - Sol - Supernova - Telescopio - Temperatura - Tierra.



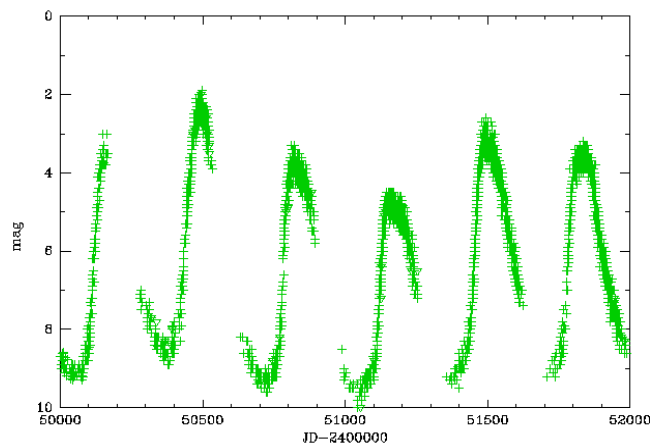
En la antigüedad, se pensaba que las estrellas permanecían eternamente idénticas a ellas mismas. Sin embargo, han aparecido de vez en cuando nuevas estrellas a lo largo de la historia, mientras que otras desaparecen antes de hacerse visibles de nuevo unas pocas semanas o meses después. Se trata de dos familias de estrellas muy diferentes. Aquéllas que aparecen repentinamente en el cielo antes de declinar constituyen la familia de las "novae" (plural de *nova* en latín) y las "supernovae" (plural de supernova en latín). Aquéllas cuyo brillo cambia más o menos regularmente forman la familia de las estrellas variables. Conocemos decenas de miles, que se dividen en varias categorías. Son verdaderos faros en el cielo que se distinguen por su juventud o madurez. Ya se trate de una Cefeida joven, una Mira vieja o una binaria eclipsante, las estrellas variables muestran la vitalidad de los astros que nos rodean. Una descripción de las más representativas se puede encontrar en el *Atlas del Cielo* al final de este diccionario.

La más famosa de las estrellas variables es *Mira Ceti*, "la Maravillosa" de la constelación de la Ballena, conocida desde la antigüedad por desaparecer antes de volver a aparecer. El astrónomo francés *Ismael Bouillaud* (1605-1694) notó el retorno periódico de su brillo cada 333 días. Hoy, miles de estrellas de este tipo han sido identificadas: entre las estrellas variables, éstas constituyen el grupo de las Mira. Son súper gigantes extremadamente frías de tipo M (ver entrada *Estrella-tipos*), cuya magnitud oscila en promedio entre 3 y 10 cada 300 a 500 días.



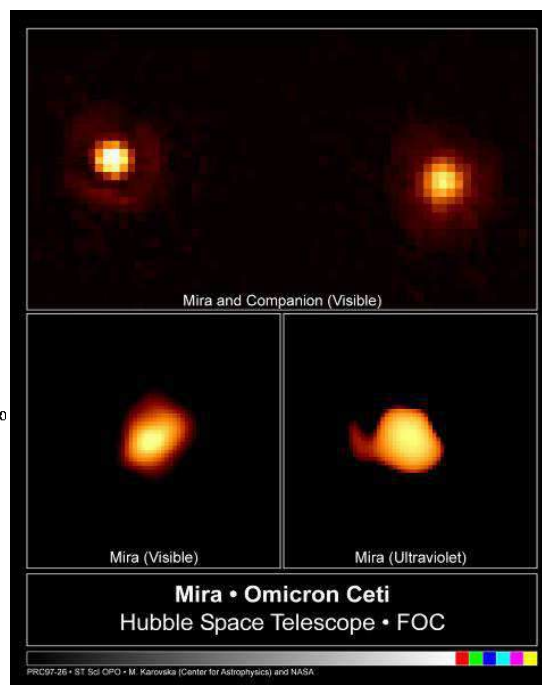
La estrella "Mira Ceti" en el cuello de la constelación de la Ballena, marcada por un círculo.

Los astrónomos estudiaron las causas de la variabilidad de las estrellas Mira; se trata de un mecanismo complejo de ondas de choque que se propagan por su atmósfera. ¡Las observaciones hechas con los grandes telescopios muestran el tamaño de estas estrellas que, puestas en el lugar del Sol, llegarían hasta la Tierra!



La variación del brillo de Mira Ceti entre las magnitudes 2 y 10 durante 5 años.

La estrella Mira Ceti y su atmósfera extendida vista por el Telescopio Espacial Hubble © NASA / HST



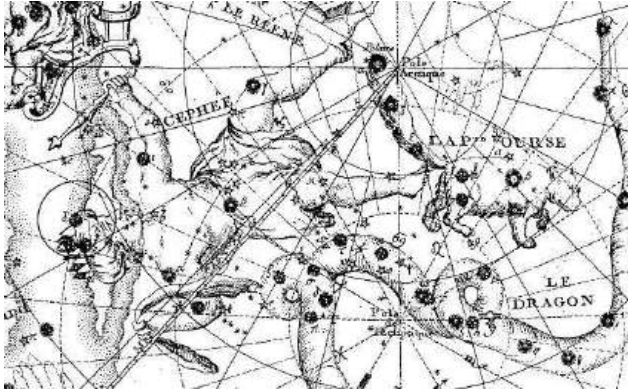
Hay otras familias de estrellas variables. En 1669, el astrónomo Montanari descubrió las variaciones regulares de la estrella Algol (β Perseus, cuyo nombre árabe significa "el portador de la cabeza del diablo"). John Goodricke determinó que esta estrella tiene un ciclo de 2 días, 20 horas y 48 minutos. Algol pertenece a las variables binarias eclipsantes, cuya variación de brillo se debe al paso regular de una estrella menos brillante que su compañera y que gira a su alrededor (ver la entrada *Estrella-binaria*).

John Goodricke, astrónomo sordo



Nacido el 17 de septiembre de 1764 en Groningen, de un padre diplomático inglés y una madre holandesa, John Goodricke se quedó sordo a la edad de cinco años después de una escarlatina. Tras graduarse en la Academia Braidwood, la primera escuela para niños sordos de Gran Bretaña, se apasionó por la astronomía y determinó la duración de la variación del brillo de Algol en 1783. Asimismo, descubrió que Sheliak (β de Lira) también cambia de brillo cada 12 días y 20 horas: es una estrella binaria con eclipses, compuesta por dos estrellas gigantes girando una alrededor de la otra. Otra estrella le llamó la atención: era δ Cefei, en la que observó una

variación del brillo entre las magnitudes 3,7 y 4,6 cada 5 días y 9 horas. Sin embargo, la variación de brillo no ocurría de la misma manera que para Algol y Sheliak: δ Cefei pertenecía a una nueva familia de estrellas variables, las Cefeidas. John Goodricke, miembro de la Royal Society, murió de neumonía el 20 de abril de 1786 en York, Inglaterra. Tenía 21 años.

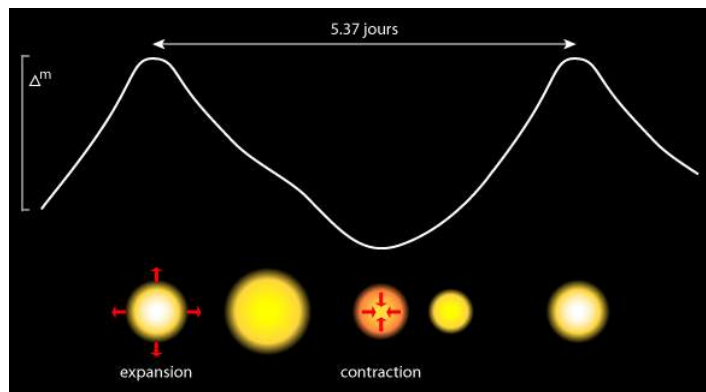


La posición de δ Cefei (a la izquierda, rodeada por un círculo).



Sello de Nicaragua con la imagen de John Goodricke. En un medallón, el retrato de Nicolás Copérnico.

Las cefeidas son estrellas jóvenes y gigantes que se expanden y contraen como los pulmones al respirar. Este movimiento causa una variación muy regular de su brillo, mientras la materia de la estrella en movimiento busca estabilizarse: δ Cefei aumenta así su radio (18 millones de km, o ¡30 veces el del Sol!) de 2 millones de km en cada pulsación. Las Cefeidas se encuentran tanto en nuestra galaxia como en las galaxias vecinas. La Polar también es una Cefeida, pero sus variaciones de brillo son imperceptibles a simple vista.



Las variaciones luminosas de δ Cefei. © SAR

A principios del siglo XX, la astrónoma estadounidense Henrietta Leavitt (1868-1921) descubrió que cuanto mayor es la duración temporal de la variación de una Cefeida, mayor es su magnitud absoluta (véase la entrada de *Magnitud*). Gracias a esta relación, los astrónomos pueden **calcular la distancia a las galaxias cercanas** con precisión muy buena. Cabe señalar que Henrietta Leavitt tenía problemas de audición.

Fuerza o Interacción

El signo de FUERZA (también traducible, según el contexto, por FUERTE) reproduce la actitud de alguien que muestra su fuerza contrayendo ambos puños. En astronomía, este signo puede ser completado por otros que representan una de las cuatro fuerzas (o interacciones) de la naturaleza: gravitatoria, electromagnética, nuclear fuerte, nuclear débil.



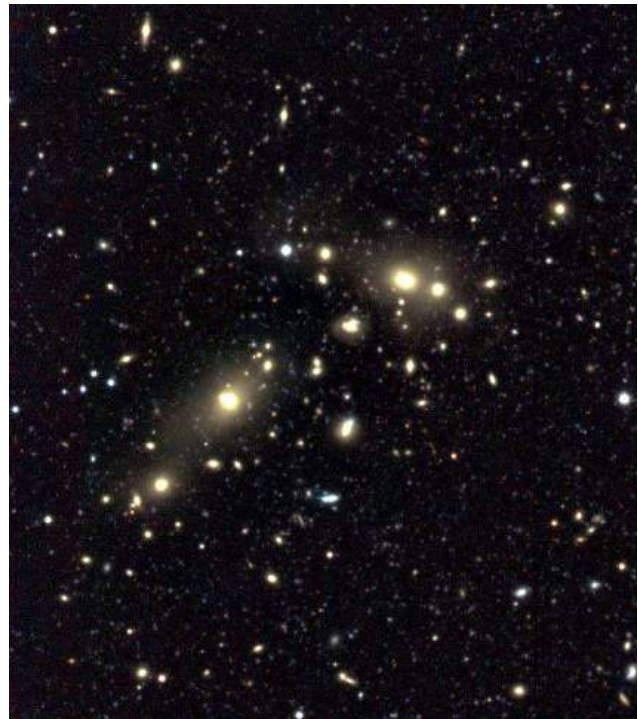
Palabras asociadas: Atracción - Big Bang - Electromagnetismo - Energía - Estrella - Galaxia - Luna - Nuclear - Fotón - Planeta - Sol - Tierra - Universo.

Uno de los aspectos más asombrosos del Universo es que toda la materia que lo compone, planetas, estrellas, galaxias, etc., se puede describir utilizando cuatro fuerzas, también llamadas interacciones:

- **La interacción gravitatoria,**
- **La interacción electromagnética,**
- **La interacción nuclear fuerte,**
- **La interacción nuclear débil.**

Los físicos están tratando de descubrir nuevas fuerzas para comprender mejor algunas propiedades de la materia, pero actualmente estas cuatro interacciones son suficientes para explicar la evolución del Universo desde el Big Bang, hace 13700 millones de años.

La ilustración de la derecha muestra un conjunto de estrellas y galaxias muy distantes, cuya historia y evolución estudian los astrónomos usando estas cuatro fuerzas.



*Un campo de estrellas y cúmulos de galaxias C10053-37.
© ESO*

La interacción gravitatoria

El concepto de fuerza o interacción gravitatoria se representa con el signo FUERZA seguido del signo ATRACCIÓN. Este signo se realiza aquí de arriba a abajo, con referencia a la gravedad.

Esta es la fuerza más directamente perceptible: en la Tierra como en otros planetas, la caída vertical de un objeto está sujeta a la aceleración de la gravedad que produce la interacción gravitatoria.

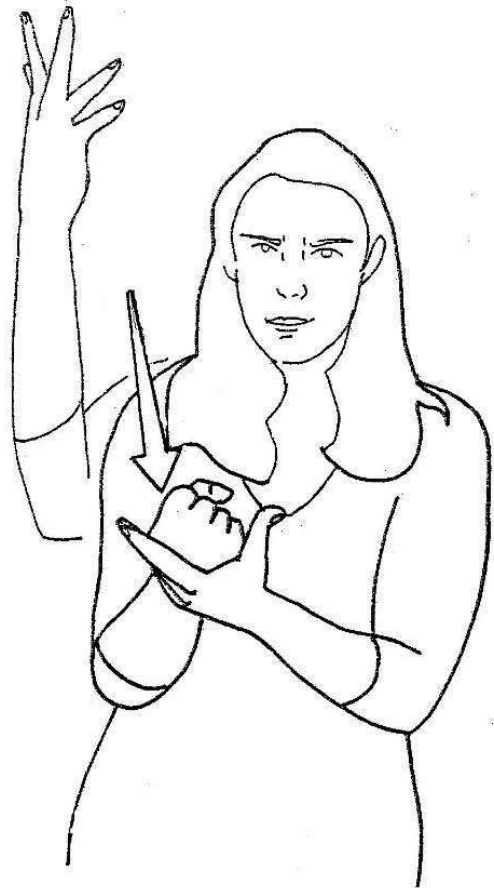
Esta atracción explica por qué tenemos los pies pegados al suelo, no importa en qué parte del mundo nos encontremos. Sin embargo, la aceleración de la gravedad cambia de planeta a planeta.

En física, las unidades de velocidad son m/s o km/s; la unidad de aceleración es m/s^2 . La fuerza es igual al producto de la masa (m) por la aceleración de la gravedad (g):

$$F = mg$$

La unidad de fuerza es el **Newton (N)**:

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \times 1 \text{ m/s}^2.$$



ATRACCIÓN

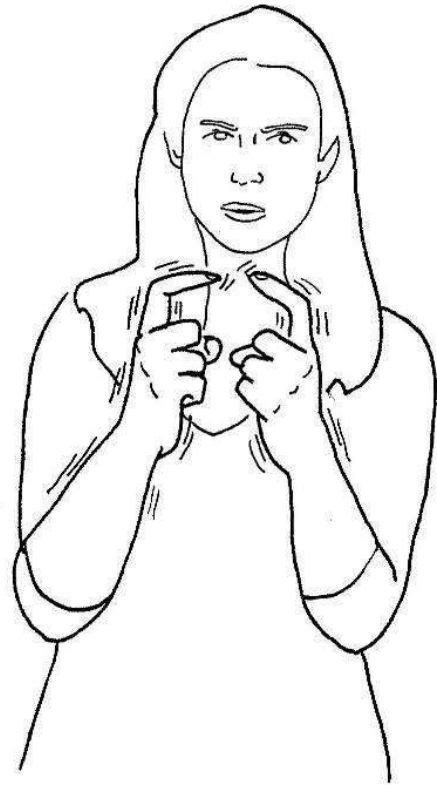
En la Tierra, la aceleración de la gravedad es 9.81 m/s^2 , pero en la Luna es solo $1,63 \text{ m/s}^2$; por el contrario, en Júpiter, alcanza los $23,15 \text{ m/s}^2$. Una persona que pesa 75 kg en la Tierra pesaría $12,4 \text{ kg}$ en la Luna, 177 kg en Júpiter y ¡alcanzaría las 19 toneladas en el Sol!

Esta fuerza gravitatoria actúa sobre el Sistema Solar para mantener los planetas alrededor del Sol, sobre las estrellas para hacerlas girar en la Galaxia y sobre las galaxias para hacerlas girar entre sí. Es 10^{39} veces más débil que la interacción fuerte: **es la más débil de todas las interacciones**, pero actúa en todas partes donde hay materia.

Interacción electromagnética

El concepto de fuerza o interacción electromagnética se representa con el signo FUERZA seguido del signo ELECTRICIDAD. Este último representa dos cables eléctricos que se ponen en contacto para producir una descarga.

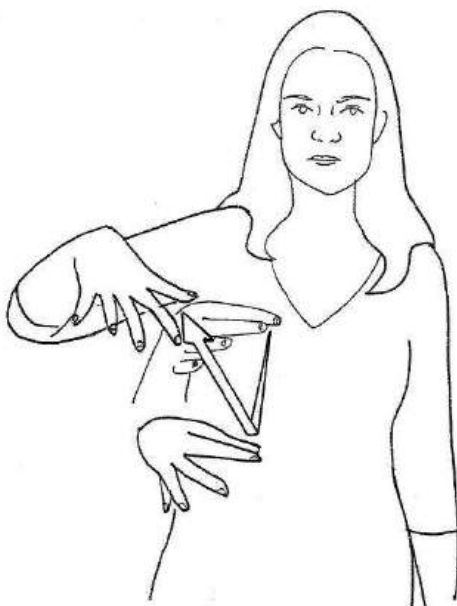
Esta fuerza se puede observar en la vida cotidiana, por ejemplo, cerca de una línea eléctrica o con un imán. Como la gravitación, actúa en todas partes donde hay materia. Es transportada por las partículas que componen la luz: los fotones. Es 137 veces más débil que la interacción fuerte.



ELECTRICIDAD

La interacción nuclear fuerte

El concepto de fuerza o interacción nuclear fuerte se traduce en LSF por el signo FUERZA seguido de los signos NUCLEAR (para su etimología, ver la entrada correspondiente) y FUERTE.



NUCLEAR



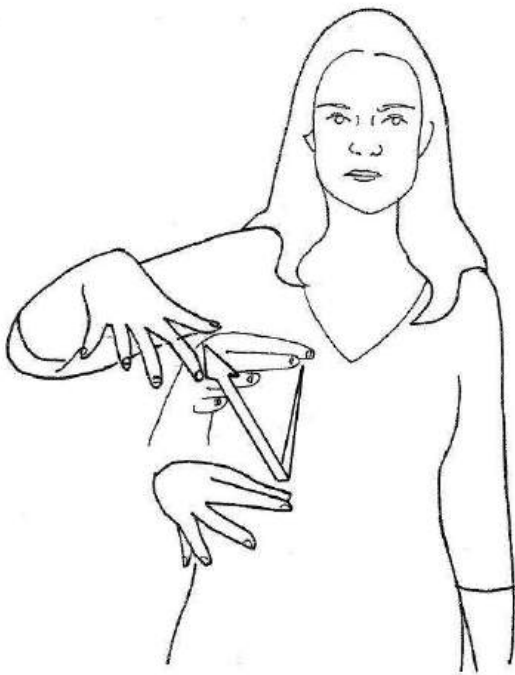
FUERTE



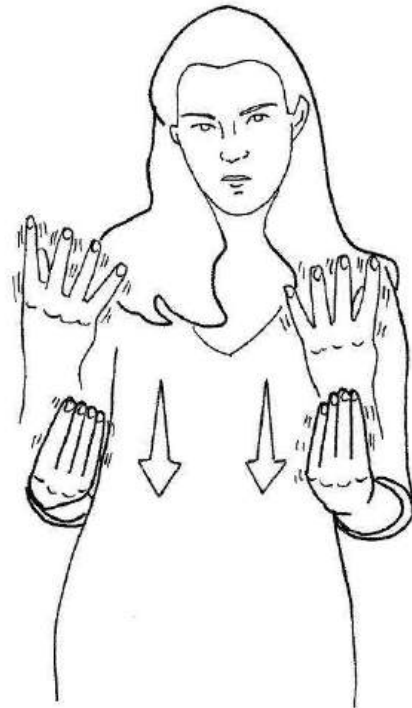
Esta fuerza une las partículas que componen los núcleos de los átomos; es extremadamente intensa: por ejemplo, la ruptura de los núcleos de hidrógeno produce una bomba atómica capaz de destruir todo. Es la fuerza más intensa, pero actúa solo dentro de los átomos, a una distancia máxima de 10^{-15} metros.

La interacción nuclear débil

El concepto de fuerza débil o interacción nuclear débil se representa mediante el signo de FUERZA seguido de los signos NUCLEAR y BAJO. En muchos de los signos del LSF, cerrar las manos abiertas juntando los dedos simboliza una disminución; con, además, un descenso de las manos delante del cuerpo, el signo BAJO representa una disminución de la energía corporal, es decir, un estado de debilidad.



NUCLEAR



DÉBIL

Esta interacción es responsable de ciertos fenómenos de radiactividad y también interviene en reacciones nucleares, como aquellas que hacen brillar a las estrellas. Es 10^{11} veces más débil que la interacción nuclear fuerte y actúa solo dentro de los átomos, a distancias de menos de 10^{-18} metros.

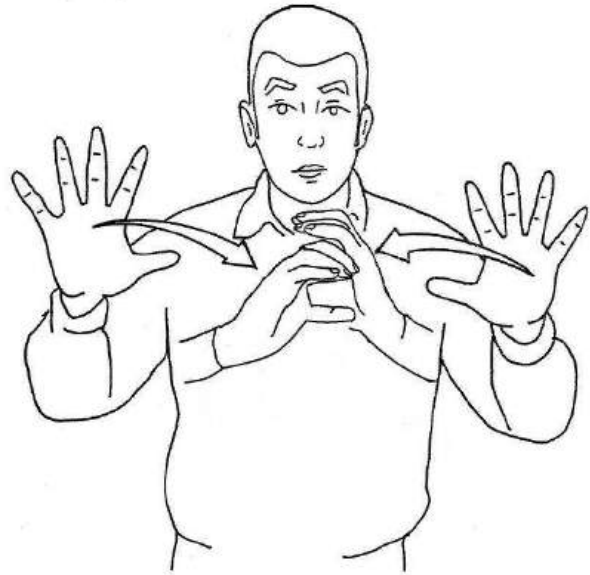


Galaxia (cúmulo)

El concepto de cúmulos de galaxias se traduce con el signo GALAXIA seguido del signo de CÚMULO (en el contexto de los cúmulos globulares). Para la etimología de estos dos signos, ver las entradas de *Galaxia* y *Cúmulos globulares*.



GALAXIA

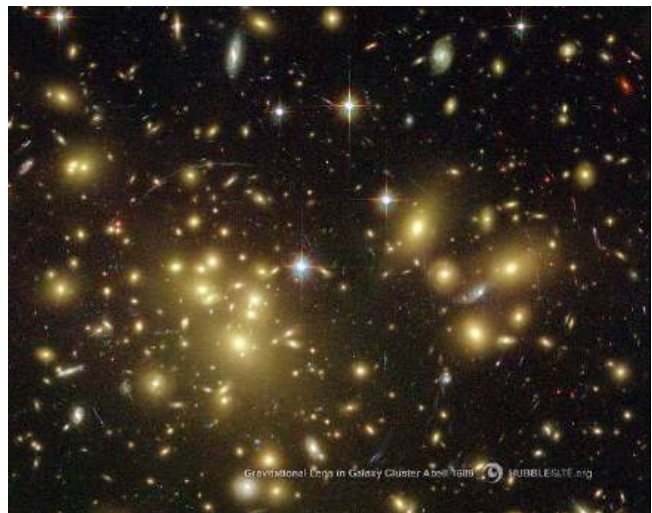


CÚMULO

Palabras y expresiones relacionadas: Año-luz - Big Bang - Cosmología - Fuerza (gravedad) - Galaxia - Galaxia (tipo) - Grupo Local - Luz - Peso - Rayos X - Súper cúmulo local - Telescopio - Universo (expansión) - Velocidad .

En 1784, el astrónomo *William Herschel* (1738-1822) descubrió que las galaxias visibles en su telescopio se reunían en grandes grupos, como el que se observa en la constelación de Virgo. Posteriormente, las observaciones de *Edwin Hubble* (1889-1953) mostraron tanto la extraordinaria proliferación de las galaxias como su distribución irregular: se reúnen en grupos y cúmulos, mientras vastas regiones del Universo parecen vacías de materia.

En contraste con las galaxias distribuidas de forma aislada por el espacio, muchas galaxias forman parte de grandes asociaciones en las que se integran a consecuencia de la fuerza de la gravedad. Las dos estructuras más accesibles a los telescopios se encuentran en las constelaciones de Virgo y Coma Berenices. Estas concentraciones de galaxias forman los cúmulos, que son probablemente las estructuras físicas más grandes del Universo. Nuestra Galaxia es parte de un grupo de galaxias llamado Cúmulo Local (ver esta entrada).



El cúmulo de galaxias Abell 1689. © NASA / HST

Los conocimientos actuales de la cosmología sugieren que los cúmulos de galaxias se adaptaron a las condiciones físicas iniciales del Big Bang, hace 13700 millones de años. Las galaxias actualmente aisladas habrían "escapado" de un cúmulo o grupo. Las imágenes de cielo profundo hechas con los telescopios más potentes en tierra y en el espacio confirman esta teoría de la agrupación de las galaxias.

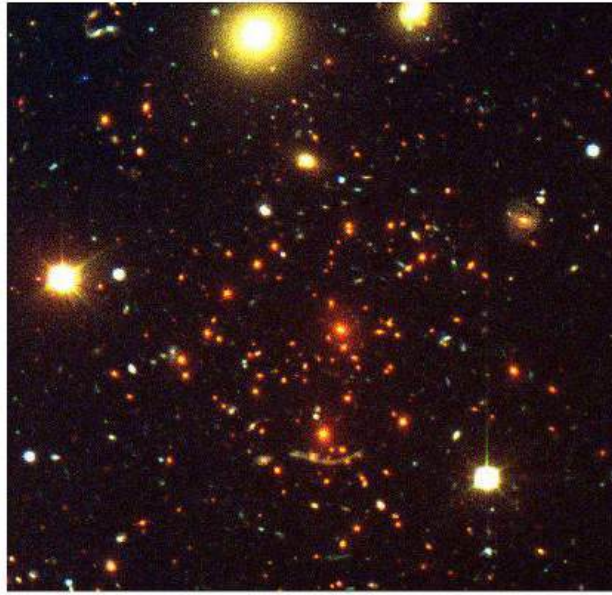
La observación de los cúmulos de galaxias muestra que participan en el movimiento general de expansión del Universo (ver esta entrada). Por lo tanto, cuanto más rápida es la velocidad de recesión de las galaxias, más distante está el cúmulo. Las galaxias en el cúmulo de Virgo están a 52 millones de años-luz de distancia y se alejan de nosotros con una velocidad de 1500 km/s. Las del cúmulo de Coma Berenices, situadas a 200 millones de años-luz de distancia, tiene una velocidad de recesión de 7300 km/s. Situadas a más de 3 mil millones de años-luz de distancia, las galaxias en el cúmulo A1942 se alejan a 65 000 km/s.



Entre las estrellas de la Vía Láctea, el cúmulo A1942 se compone de tantas galaxias distantes que sólo son pequeños borrones. © ESO / D.Proust

Los astrónomos también han observado que algunas galaxias constituyen en sí mismas un "cúmulo de cúmulos" o súper cúmulo de galaxias, ¡con dimensiones de hasta 150 millones de años-luz! Por tanto, el Súper cúmulo local contiene, además de nuestra Galaxia y del Grupo local, el de Virgo.

Para los cúmulos más cercanos, las observaciones muestran que las galaxias elípticas se encuentran preferentemente hacia el centro del grupo, mientras que las galaxias espirales están distribuidas por su periferia. En el centro del cúmulo, a menudo hay una galaxia llamada **galaxia cD** gigante, sospechosa de absorber como una glotona a galaxias cercanas pequeñas. Por último, la mayoría de los grupos contienen gas caliente cuya temperatura alcanza 10^8 grados, emitiendo en el dominio de los rayos X. Este gas caliente está mezclado con nubes más frías y con las propias galaxias, dotando a los cúmulos de masas muy importantes, ¡del orden de 10^{15} veces la del Sol! En la década de 1980, los astrónomos descubrieron que tales masas eran capaces de desviar los rayos de luz de una galaxia distante, situada en la misma dirección, provocando un **arco gravitatorio** (véase la entrada *Luz*). Se observan muchas imágenes de estos arcos en los cúmulos de galaxias, como A370.



Galaxy Cluster Abell 370
(VLT UT1 + FORS1)

ESO PR Photo 47c/98 (26 November 1998)

© European Southern Observatory



El grupo A370 y su arco gravitatorio. © ESO



Galaxia (estructura)

A partir del signo de GALAXIA (véase la entrada *Galaxia - general*), podemos describir la estructura de estos objetos: por ejemplo, especificar que están girando a una velocidad en km/s, o indicar que su masa se mide en función de la del Sol elegida como unidad: de unos pocos millones a varios miles de millones de veces su masa.



GALAXIA

Palabras y expresiones asociadas: Estrella - Galaxia (evolución) - Galaxia (tipo) - Gas - Masa - Polvo - Potencia - Rotación - Sol - Universo - Velocidad - Vía Láctea.

Las galaxias se formaron hace miles de millones de años y han seguido evolucionando hasta hoy (ver la entrada *Galaxia-evolución*). Están compuestas por una mezcla de estrellas, gas y polvo, todo con un movimiento de rotación lento. Pertenecen a tres familias distintas: las elípticas (E), las espirales (S) y las irregulares (ver entrada *Galaxia-tipo*).

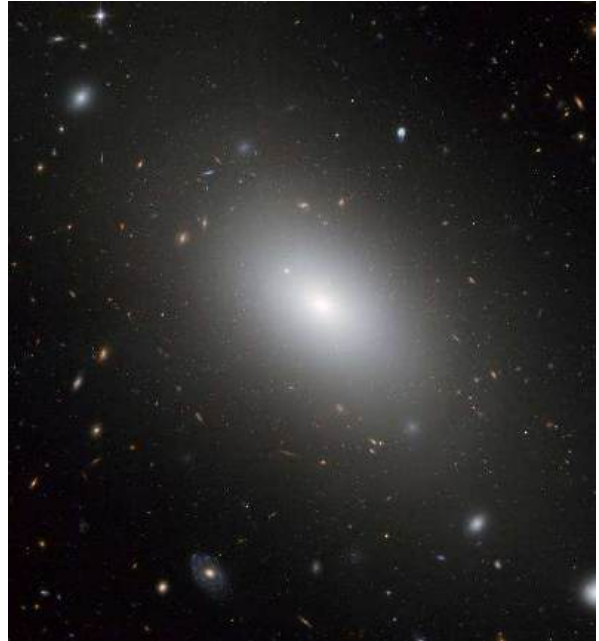
Estructura - Las galaxias espirales consisten en un bulbo central con forma de huevo, rodeado por un disco con brazos, al contrario que las galaxias elípticas que carecen de ellos. Hay una diferencia entre las estrellas de las galaxias espirales y las estrellas de las galaxias elípticas: se encuentra en los brazos espirales de las primeras una mayor cantidad de estrellas jóvenes y calientes o maduras (como el Sol), mientras que las segundas son más ricas en estrellas viejas. Las estrellas de las galaxias espirales están sumergidas en vastas nubes de gas (principalmente hidrógeno) y polvo (a base de carbono). Las galaxias elípticas están relativamente desprovistas de gas y



La hermosa galaxia espiral M101 en la constelación Ursa Major. © NASA / HST

polvo: son las estrellas las que las hacen brillar. La cohesión de una galaxia también está garantizada por todos los restos de estrellas muertas, así como por una "materia oscura", cuya naturaleza y ubicación no se conocen actualmente.

Rotación - Todas las galaxias giran por sí solas, ya que la nube de gas de la que provenían giraba. Las regiones centrales rotan más rápido que las regiones externas. En la ubicación del Sol, nuestra galaxia tiene una velocidad de 220 km/s. Las galaxias cercanas tienen una velocidad promedio de entre 40 y 300 km/s. Los períodos de rotación aumentan de los bulbos elípticos a los espirales, yendo desde aproximadamente 5 millones de años (elípticas) hasta 80 millones de años (espirales) . Estos períodos de rotación son mucho más altos para los brazos de las galaxias espirales: al nivel del Sol, nuestra Galaxia realiza un giro en 220 millones de años.



Galaxia elíptica en el cúmulo de galaxias Abell S740.
© NASA / HST

Masa: es extremadamente difícil saber con precisión la masa de las galaxias, aunque solo sea por la incertidumbre sobre su tamaño, el tamaño del halo y la cantidad de materia oscura. La incertidumbre aumenta con objetos más grandes, pero las galaxias elípticas gigantes deben tener masas superiores a 10^{13} veces la del Sol. Las masas más comúnmente adoptadas son las siguientes (siempre expresadas en masas solares): galaxias elípticas gigantes: 10^{13} ; espirales grandes: 3×10^{11} ; nuestra galaxia: 1.5×10^{11} ; espirales pequeñas e irregulares: 10^{10} ; elípticas pequeñas: 10^6 .

Las galaxias representan la etapa intermedia entre las estrellas y el Universo. Contienen las primeras sin las cuales la vida no existiría, y están contenidas en el segundo, sin el cual nada existiría.

Galaxia (evolución)

La evolución de las galaxias está representada por el signo GALAXIA seguido del signo EVOLUCIÓN. Para la etimología de Galaxia, vea *Galaxia-general*. Para la de EVOLUCIÓN, vea *Estrella-evolución*.



GALAXIA



EVOLUCIÓN

Palabras y expresiones relacionadas: Cúmulos de galaxias - Año-luz - Estrella - Masa - Momento angular - Nubes de Magallanes - Rotación - Universo - Velocidad - Vía Láctea.

Las galaxias no permanecen idénticas a sí mismas con el paso del tiempo; al igual que las estrellas, evolucionan desde su formación, tanto individualmente como en relación con su entorno. Se agrupan en vastas estructuras, cúmulos de galaxias (ver esta entrada), dentro de las cuales sufren colisiones e interacciones de todo tipo.



La variedad morfológica de las galaxias, ya sean elípticas, espirales o irregulares (ver entrada *Galaxia-tipo*) refleja las condiciones iniciales de su formación y evolución. Originalmente, una galaxia se forma por la contracción de una gran nube de gas en rotación, que gradualmente se aplana dando origen a las primeras estrellas. Esta nube de gas se caracteriza por su masa y velocidad de rotación, cuyo producto define un término físico: el **momento angular**. Cuando es alto, la galaxia resultante es espiral o lenticular; por el contrario, una galaxia elíptica resulta de un momento angular débil.

Algunas galaxias tienen regiones centrales de gas en interacción a alta temperatura, que emite en longitudes de onda de radio: son las **radiogalaxias** como la galaxia NGC 5128 en la constelación de Centauro, que consta de dos galaxias en colisión.

Bajo el efecto de la lenta rotación de las galaxias, las estrellas les devuelven una parte del gas enriquecido en elementos pesados que estas fabrican. Por el contrario, la formación de estrellas en una galaxia agota el medio de gas.

Las galaxias se formaron en los primeros tiempos del Universo con sus propias características y luego evolucionaron a diferentes velocidades dependiendo de la cantidad de gas que contenían inicialmente, su aislamiento o su pertenencia a grupos o cúmulos. La transformación de la mayor parte del gas en estrellas ocurrió rápidamente en las galaxias elípticas, mucho más lentamente en las galaxias irregulares.

La proximidad de las galaxias dentro de un grupo o cúmulo influye fuertemente en su evolución (ver la entrada *Galaxia-cúmulo*). Por ejemplo, cuando la pequeña galaxia IC 4970 colisionó con la galaxia NGC 6872, los efectos gravitatorios sobre el gas de esta última condujeron a un fuerte aumento en la formación de estrellas.



La galaxia NGC 5128 en la constelación Centauro, a 14 millones de años-luz de distancia. © ESO



Las galaxias en interacción NGC 6872 (espiral) e IC 4970 (lenticular) a 300 millones de años-luz. © ESO

Galaxia (general)

El signo GALAXIA primero dibuja un núcleo esférico, luego los brazos que lo rodean en un plano horizontal. Los dedos extendidos y oscilantes simbolizan las innumerables estrellas que forman el brazo de una galaxia; permiten evitar cualquier confusión con un objeto rodeado por un disco, como Saturno.



Palabras y expresiones asociadas: Año-luz - Grupo Local - Estrella - Nebulosa - Nubes de Magallanes - Rotación - Sol - Sistema solar - Universo (expansión) - Velocidad - Vía Láctea.

Las galaxias son enormes objetos aplastados donde las estrellas nacen, viven y mueren inmersas en vastas nubes de gas y polvo. La más conocida es aquella en la que se encuentran el Sol y el Sistema Solar: es la Vía Láctea, que puede ser admirada fácilmente en una hermosa noche estrellada.

La primera galaxia de la que se hace mención en la historia de la astronomía fue observada en la constelación de Andrómeda por el astrónomo árabe *Al Sufi* en el año 964, y más tarde por *Simon Marius* en 1612. La primera observación con un instrumento fue realizada por *Charles Messier* (1730-1817), que estableció una lista de 104 "objetos difusos" en la que la galaxia de Andrómeda es el número 31, de ahí su nombre actual Messier 31 (o M31). *William Herschel* (1738-1822) descubrió más de 2000 "nebulosas" que completan la lista de Messier; su hijo John Herschel publicó una lista de 5079 objetos. En 1888, los astrónomos registraron 7840 "objetos nebulosos". En 1908, contaron 15000, la mayoría de los cuales constituyen el Nuevo Catálogo General (NGC) y el Catálogo Índice (IC).



La galaxia espiral M31 de Andrómeda y la galaxia elíptica M32 a continuación. © Observatoire de Paris

Así, la galaxia de Andrómeda (M31) es también NGC 224. Hoy en día, las galaxias se cuentan por cientos de millones en las imágenes obtenidas por los grandes telescopios en tierra o en órbita alrededor de nuestro planeta.

Hubo que esperar hasta la década de 1920 para estar seguros de que algunas de estas "nebulosas" son galaxias (de la palabra griega *gala* "leche"), enormes discos compuestos de estrellas bañadas en gas y polvo, en rotación lenta y ubicados muy lejos de nuestra Vía Láctea. Su verdadera naturaleza se sospechaba desde el siglo XIX, especialmente tras el descubrimiento en la década de 1850 de la estructura espiral de muchas de ellas. El término "universo-isla" refleja su gran tamaño y las enormes distancias que las separan.

Tamaños: las galaxias tienen morfologías y tamaños muy diferentes (ver entrada de *Galaxia - tipos*). La Gran y Pequeña Nube de Magallanes, claramente visibles a simple vista en el hemisferio sur, están a 22 000 y 10 000 años-luz de distancia, mientras que nuestra propia galaxia (la Vía Láctea) tiene un diámetro de 100 000 A.L.; en la constelación de Andrómeda, M31 alcanza 150 000 A.L, mientras que M32 mide solo 3 500 A.L.



La galaxia M51 en la constelación de los Lebreles.
© NASA / HST

Distancia: las galaxias salpican el espacio hasta distancias inmensas. Las Nubes de Magallanes son nuestras vecinas a 169 000 A.L., mientras que M31 está a 2 800 000 A.L. Las galaxias que forman el Grupo Local se encuentran a unas pocas decenas de millones de años-luz, ¡pero los grandes telescopios son capaces de detectarlas a distancias de hasta 8 mil millones de años-luz!

Rotación: las galaxias giran sobre sí mismas, lo que explica la estructura de brazos espirales que se enrollan progresivamente. Nuestra galaxia, en la posición del Sol, tiene una velocidad de rotación de 220 km/s; realizamos un giro completo en 220 millones de años. Además, las galaxias generalmente se alejan unas de otras debido a la expansión del Universo; pero, localmente, la fuerza de la gravedad las puede acercar. Así, M31 se dirige hacia nosotros a una velocidad de 275 km/s; colisionará con la Vía Láctea dentro de entre cuatro y cinco mil millones de años.

Masa: las galaxias tienen masas muy diferentes según su tipo. Compuesta por miles de millones de estrellas, gas y polvo, nuestra Galaxia alcanza 150 mil millones de veces la masa del Sol, M31 el doble, mientras que las galaxias pequeñas tienen masas de entre unos cientos de millones y mil millones de veces la del Sol.



Spiral Galaxy NGC 4565
(FORS / VLT)

ESO PR Photo 24a/05 (August 10, 2005)



La galaxia NGC 4565, vista de perfil. © ESO

Origen de las galaxias

De manera general, las galaxias provienen de una inmensa nube de gas en rotación, que se derrumba lentamente sobre sí misma mientras se forman estrellas. Si todavía hay mucho gas, este se mezcla con las estrellas para dar a luz a los brazos espirales, resultando en una velocidad de rotación mayor cerca del centro que fuera. Por lo tanto, hace unos diez mil millones de años, nuestra propia Galaxia habría evolucionado desde una gigantesca burbuja de gas hasta convertirse en el disco plano que vemos hoy.



Galaxia (tipos)

El concepto de "tipo" de galaxia está representado por el signo GRUPO, eventualmente seguido por el signo GALAXIA.



GRUPO

Palabras y expresiones relacionadas: Año-luz - Astrónomo - Distancia - Elipse - Estrella - Galaxia (cúmulo) - Nubes de Magallanes - Telescopio - Vía Láctea.

En la década de 1920, las observaciones del astrónomo *Edwin Hubble* (1889-1953) utilizando grandes telescopios establecen definitivamente las grandes distancias entre las galaxias (M31, la galaxia grande más cercana a la nuestra, se encuentra a 2 800 000 años-luz) así como su estructura. De acuerdo con su morfología, los astrónomos distinguen tres clases básicas de objetos: **galaxias espirales**, **galaxias elípticas** y **galaxias irregulares**. La primera categoría tiene dos subclases de espirales, una llamada **espirales normales** y la otra llamada **espirales barradas**; la segunda categoría incluye **galaxias lenticulares**. Las galaxias irregulares carecen de simetría.



La galaxia elíptica NGC 1132 y su núcleo brillante.
© ESO



La hermosa galaxia lenticular M104, llamada el "Sombrero" debido a su forma. © ESO



Galaxias elípticas (E) y lenticulares (S0)

Las galaxias elípticas (E) no tienen brazos espirales, sino un bulbo grande. Se clasifican en varios grupos E1, E2, etc., según la estructura más o menos esférica del bulbo. Su ligero aplanamiento se debe a una rotación particularmente lenta. Algunas de ellas tienen un pequeño disco circundante: estas son las galaxias **lenticulares**, cuyo tipo es S0.

En LSF, una galaxia elíptica se designa con un bulbo elíptico grande (ver esta entrada).



La galaxia espiral NGC1232. © ESO



Barred Galaxy NGC 1365
(VLT UT1 + FORSI)
La galaxia espiral barrada NGC 1365. © ESO

Galaxias espirales (S)

Las galaxias espirales forman la primera categoría de galaxias descubiertas, debido a su luminosidad. Esta proviene principalmente de estrellas jóvenes concentradas en brazos espirales, así como de gas caliente (hidrógeno) que se concentra en regiones densas favorables a la formación estelar. También encontramos estrellas viejas de baja masa, distribuidas uniformemente por el disco de las galaxias. A diferencia de las elípticas, las galaxias espirales muestran, en la parte visible, una estructura muy aplanada, una verdadera tortita de estrellas alrededor de un pequeño bulbo central. Dependiendo de la apertura de los brazos, se clasifican en diferentes tipos Sa, Sb, Sc, etc. Los astrónomos distinguen dos tipos de núcleos: cuando es esférico, la galaxia se llama **espiral**, pero cuando tiene una forma alargada, las galaxias con esta característica son las **espirales barradas**. Estas también están divididas en varios grupos, SBa, SBb, SBc, etc.



GALAXIA ESPIRAL



Galaxias irregulares (Irr)

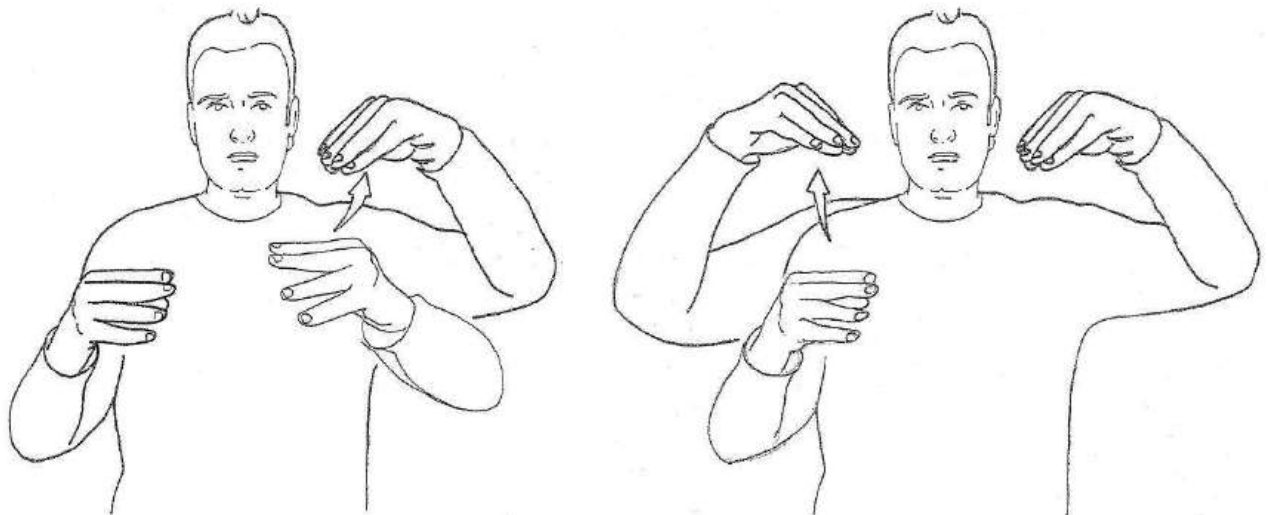
A las galaxias regulares elípticas y espirales, debemos agregar las galaxias **irregulares** de las cuales las dos Nubes de Magallanes son buenos ejemplos.

El "pájaro cósmico" que consiste en la colisión de dos galaxias irregulares. © ESO



The Cosmic Bird

ESO Press Photo 54a07 (21 December 2007)



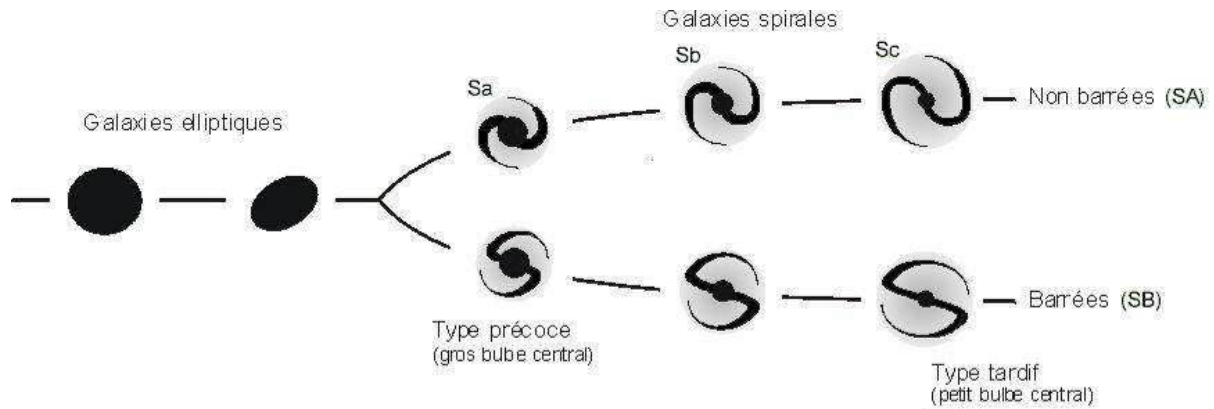
GALAXIA IRREGULAR

Las galaxias se reparten en 69% espirales, 28% elípticas y lenticulares, y solo 3% irregulares. Las galaxias más masivas son de tipo E y S0. Las espirales tienen masas entre 30 y 300 mil millones de veces la del Sol, o entre 0,2 y 2 veces la masa de nuestra galaxia (excluyendo el gas y el polvo). Las galaxias no están uniformemente distribuidas en el Universo: se agrupan en grupos y cúmulos (ver la entrada *Galaxia-grupos y cúmulos*).

El diapasón de Hubble

En la década de 1930, *Hubble* propuso una clasificación de todas las galaxias según su morfología; esta clasificación se llama "en diapasón", debido a la forma del diagrama de Hubble. Las barras son uno de los motores esenciales de la evolución de las galaxias; existen en 2/3 de las galaxias espirales.





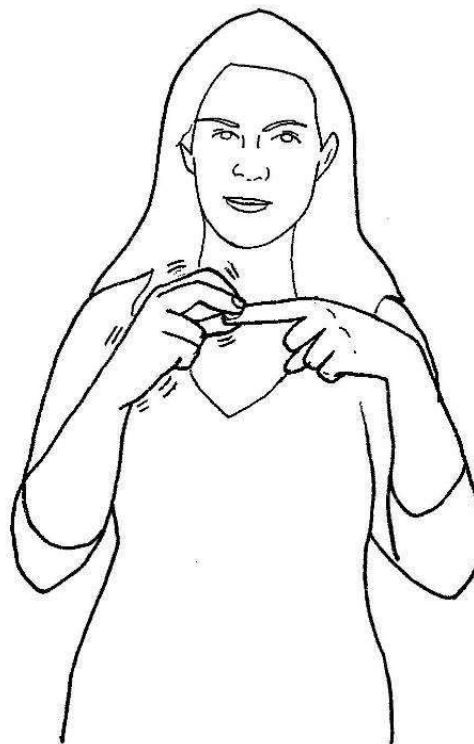
La clasificación de las galaxias, o "diapasón" de Hubble. © Observatoire de Paris

Desde hace tiempo, se considera que este "diapasón" representa las diversas etapas de la evolución de las galaxias, sin que se sepa en qué orden tuvo lugar esta evolución. Algunos astrónomos pensaban que una galaxia elíptica evolucionaba hacia una espiral, mientras que otros pensaban lo contrario. Hoy sabemos que las galaxias se unen para formar grupos y cúmulos de galaxias dentro de los cuales encontramos una mayoría de galaxias elípticas, ya menudo en el centro una galaxia muy grande "caníbal" que puede absorber y digerir a sus vecinas con el paso del tiempo. Las galaxias espirales se encuentran fuera de los cúmulos. Al estar más distantes unas de otras, están menos sujetas al riesgo de colisiones. Como resultado, no pueden perder sus brazos espirales para volverse elípticas.

Con la ayuda del índice y del dedo medio estirados y extendidos horizontalmente, se representa en LSF un diapasón musical en el que se colocan los diferentes tipos de galaxias.

Grados (temperatura)

El signo GRADO reproduce la forma de un termómetro de mercurio: el dedo índice de una mano representa el tubo, mientras que la otra mano forma una pequeña garra que representa el depósito esférico. La adición de las letras manuales C o K permite especificar si uno se refiere a grados Celsius o Kelvin.



Palabras relacionadas: Universo - Temperatura.

En física, la **temperatura** se mide en **grados Celsius** que se denotan como " $^{\circ}\text{C}$ " o en **Kelvin**, que simplemente se indican como la letra mayúscula "K". La astronomía muestra que la temperatura del Universo en su conjunto es hoy 3K, lo que corresponde a -270°C . La existencia de estas dos escalas se explica por la historia del concepto de temperatura.

Anders Celsius (1701-1744) fue profesor de astronomía en la Universidad de Uppsala en Suecia. Definió su escala entre 0°C , que corresponde a la temperatura a la que el agua cambia a hielo, y 100°C , que corresponde a la temperatura a la que el agua hierve y se convierte en vapor. Atención: esta escala se define para la presión atmosférica de la Tierra a nivel del mar. En la cumbre del Mont Blanc en los Alpes (4807 metros), la presión atmosférica es solo la mitad de lo que es en Dieppe o Biarritz, y el agua ya está hirviendo a 85°C .

Lord Kelvin (1824-1907), cuyo verdadero nombre era William Thomson, era un físico británico. Él descubrió que cuando las moléculas de un gas se enfrían a -273.15°C , pierden su agitación y se vuelven inmóviles: esta temperatura extrema se denomina **cero absoluto**. Sin más presión, el gas ya no puede enfriarse.

Definición de **cero absoluto**: $0\text{ Kelvin (K)} = -273.15\text{ grados Celsius (}^{\circ}\text{C)}$

Para pasar de una escala a otra, es suficiente sumar o restar 273.15. Por lo tanto, una temperatura de 20°C corresponde a 293.15K.

Grupo Local, Cúmulo Local y Supercúmulo Local

El Grupo Local de galaxias al que pertenece la nuestra está representado en LSF por el signo GALAXIA (véase la entrada *Galaxia-general*) seguido por el signo de GRUPO y luego el signo LA. En este contexto, LA tiene el significado de "local"; se forma por la combinación de las letras L y A.

El Cúmulo Local de galaxias, estructura más grande que el Grupo Local, es representado por el signo GALAXIA seguido por el signo CÚMULO (véase la entrada *Cúmulo globular*), y finalmente el signo LOCAL.



GRUPO



LOCAL

Palabras y expresiones relacionadas: Año-luz - Fuerza (gravedad) - Galaxia (tipo) - Nubes de Magallanes - Radiogalaxia - Sol - Sistema Solar - Telescopio - Universo - Vía Láctea.

La organización del Universo se parece a la de las muñecas rusas que encajan unas dentro de otras por orden de tamaño: el Sistema Solar es parte de nuestra galaxia (la Vía Láctea), que a su vez forma parte del Grupo Local de galaxias. El mismo se encuentra en la periferia de una estructura mayor, el **cúmulo de galaxias de Virgo**, situado en la dirección a la constelación de Virgo, con el que forma el **Cúmulo Local** de galaxias (véase la entrada *Galaxias-cúmulo*). Este Cúmulo Local forma parte de una estructura aún más grande, el **Súper cúmulo Local**.





Las "Matrioshkas" son muñecas rusas que encajan unas dentro de otras.

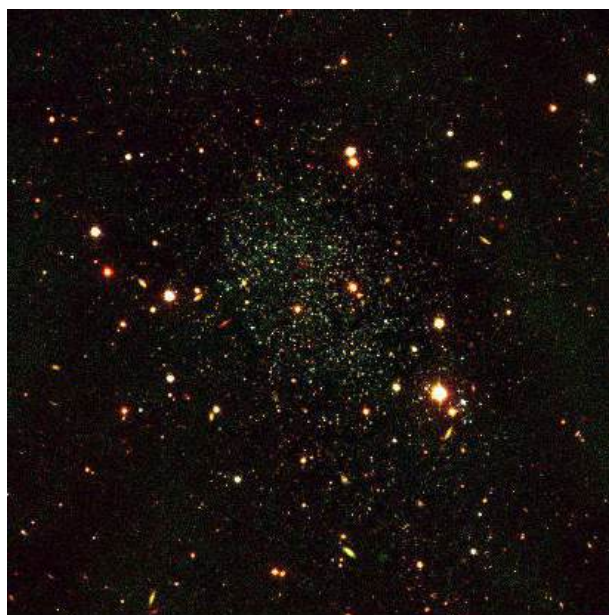
La "matrioshka" del Universo.

- La **Tierra** está dentro del Sistema solar.
- El **Sistema solar** está dentro de la **Vía Láctea**.
- La **Vía Láctea** se encuentra en el **Grupo Local**.
- El **Grupo Local** está en el **Cúmulo Local**.
- El **Cúmulo Local** se encuentra en el **Súper cúmulo Local**.
- El **Súper cúmulo Local** está dentro del **Universo**.

El **Grupo Local** al que pertenece nuestra propia galaxia (la Vía Láctea), tiene un diámetro de unos diez millones de años-luz (A. L.) y contiene los principales tipos de galaxias. La Vía Láctea y la galaxia M31, que se encuentra a 2,8 millones de A. L. en la constelación de Andrómeda, son las dos más importantes. También se encuentra la galaxia espiral M33 en la constelación del Triángulo, a 3 millones de A. L. del Sol. Muchas galaxias elípticas forman parte del Grupo Local, como M32 en Andrómeda a 2,3 millones de A.L., así como galaxias enanas cercanas, como la que se encuentra en la constelación de la Máquina Neumática, a 3,75 millones de A. L. Las dos Nubes de Magallanes, fácilmente visibles a simple vista en el hemisferio sur, también forman parte del Grupo Local.

Todas las galaxias que componen el Grupo Local están unidas entre sí por la fuerza de la gravedad. Así, la galaxia M31 se acerca a nosotros a una velocidad de 300 km/s, y chocará con la Vía Láctea dentro de cinco mil millones de años.

El cúmulo de galaxias de Virgo está a una distancia de entre 50 y 70 millones de años-luz. Consiste en cerca de 2 000 galaxias, algunas de las cuales son fácilmente visibles con un telescopio pequeño. Hay diferentes tipos de galaxias: espirales, elípticas e irregulares. Su masa se estima en 10^{14} veces la del Sol.



ESO PR Photo 10a/09 (27 February 1997) Dwarf Galaxy Antlia (VLT UT1 + FOIRS1) © European Southern Observatory

Galaxia enana del Grupo Local en la constelación de la Máquina Neumática. © ESO

El cúmulo de galaxias de Virgo forma parte de una estructura aún más grande en la él que ocupa el centro: el Súper cúmulo Local. Incluye varios miles de galaxias, como la radiogalaxia del Centauro, que se encuentra 14 millones de años-luz del Sol.



Cúmulo de galaxias de Virgo. © NASA / HST

El Universo contiene muchos súper cúmulos de galaxias, como el de Coma Berenices situado más allá del Súper cúmulo Local, a una distancia de 300 millones de años-luz. Las observaciones indican que estos súper cúmulos están conectados por enormes filamentos de decenas de millones de años-luz de longitud, compuestos por galaxias individuales.



Centaurus A Radio Galaxy (VLT KUEYEN + FORS2)

ESO PR Photo 08b/018 February 2003

© European Southern Observatory



La radio galaxia de Centauro. © ESO

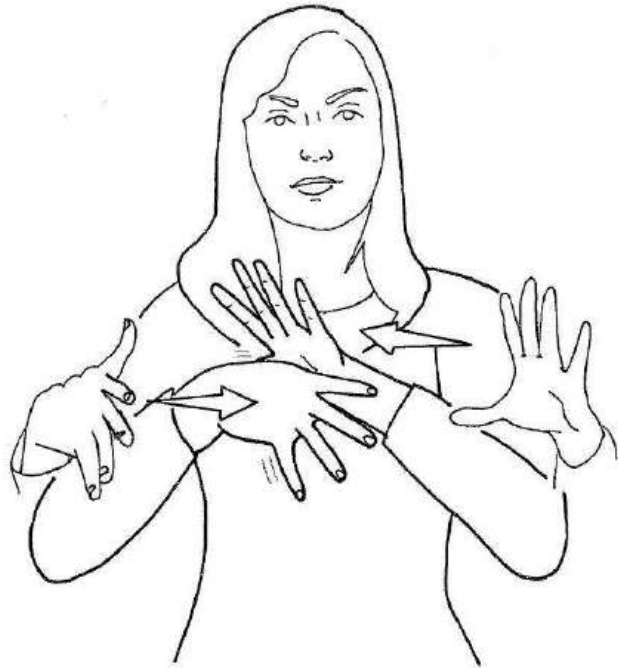


*Parte del súper cúmulo de galaxias de Coma Berenices.
© NASA / HST*



Imagen

Las imágenes astronómicas se signan con el signo IMAGEN, que puede ir seguido del signo ASTRONOMÍA (ver esta entrada). También se puede especificar el color usando AZUL, ROJO, etc., dependiendo de los filtros utilizados. En el siglo XIX, el signo IMAGEN, que se refería a las páginas ilustradas de los libros escolares, era un cuadrado dibujado en el espacio por las dos manos abiertas. Bajo la presión de la economía gestual, evolucionó al signo actual.

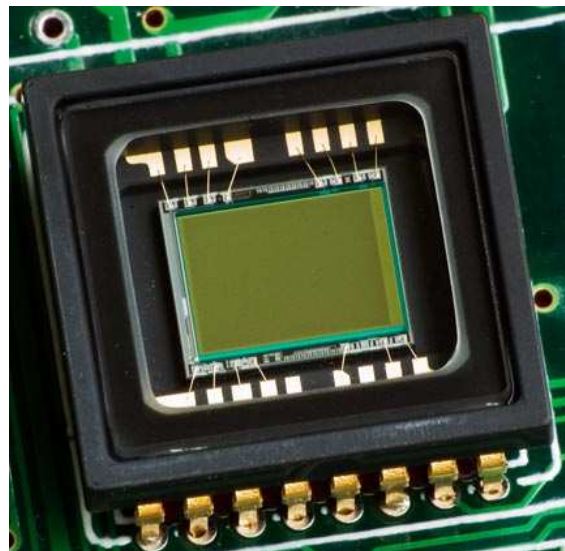


Palabras y expresiones asociadas:

Astrónomo - Cometa - Electrón - Estrella - Galaxia - Luz - Magnitud - Fotón - Planeta - Tierra - Universo.

El estudio de los componentes del Universo, planetas, cometas, estrellas, galaxias, etc., se realiza utilizando telescopios. Desde el advenimiento de las técnicas fotográficas, los astrónomos han adaptado y mejorado este método para que las imágenes constituyan documentos indispensables para comprender la estructura y la evolución de estos objetos.

Durante mucho tiempo, los astrónomos solo tenían sus ojos para estimar las características de una estrella. Desde finales del siglo XIX, usan la placa fotográfica; luego desarrollaron nuevas técnicas, como la cámara electrónica que apareció en la década de 1960. Hoy, la adquisición de la imagen de un astro, estrella o galaxia, se lleva a cabo utilizando una cámara cuyo detector es un CCD (dispositivo de carga acoplada). Un rectángulo contiene cientos de millones de sensores, cada uno de los cuales transforma los fotones recibidos en electrones, y su número indica la cantidad de luz recibida por este sensor. Esto restaura la imagen a partir de la información digital.



Detector CCD de carga acoplada.





Imágenes de la constelación de Orión en tres longitudes de onda diferentes: visible, roja e infrarroja.
© ESA / ISO

La luz se recoge tal como se ve o interponiendo filtros, lo que permite medir su intensidad en otras longitudes de onda. Se obtienen así las magnitudes características en longitudes de onda cortas (B o "azules") o largas (R o "rojas"). Estas magnitudes tienen aplicaciones directas para estudiar la evolución de las estrellas y su entorno. Por ejemplo, el dominio infrarrojo permite estudiar el gas y el polvo de nuestra Galaxia, como muestran estas imágenes de la constelación de Orión.



Imagen CCD de la galaxia M51 en la constelación de los Lebreles, obtenida por el Telescopio Espacial Hubble. © NASA / HST



Imagen de un campo celeste profundo, con una mezcla de estrellas y galaxias, obtenido por el telescopio de 2.20 m de ESO en Chile. © ESO

Chandra Deep Field South (Detail)
(MPG/ESO 2.2-m + WFI)

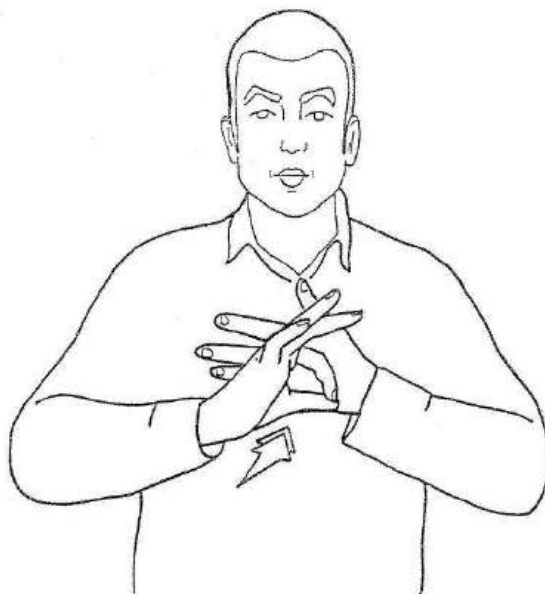
ESO PR Photos 02_03 (11 January 2005)

© European Southern Observatory



Júpiter

En el signo JÚPITER, una mano abierta representa la superficie del planeta, mientras que la otra mano en forma de alicates redondeados representa la famosa mancha.



Palabras y expresiones asociadas: Anillo - Luna - Satélite - Sonda espacial - Sistema solar - Volcán.

Al igual que el dios Júpiter dominó a los otros dioses de la antigüedad y utilizó el relámpago y el trueno para afirmar su poder, el planeta Júpiter es el más grande del Sistema Solar. Es muy brillante en el cielo y unos binoculares bastan para observarlo como un pequeño disco con sus cuatro satélites principales.

Distancia: Júpiter está a 778 412 000 km del Sol.

Diámetro: 143 000 km, que es once veces el diámetro de la Tierra.

Masa: es 318 veces más grande que nuestro planeta: ¡un hombre de 75 kg pesaría casi 177 kg en Júpiter!

Inclinación: su eje está inclinado solo $3^{\circ} 6'$.

Rotación: un pequeño telescopio es suficiente para notar que el planeta está muy achatado por los polos, en la proporción 1/16. Este achatamiento proviene de su gran velocidad de rotación: un día en Júpiter dura solo 9 h 53 min.

Órbita: el año de Júpiter dura 11 años y 315 días.

Temperatura: alrededor de -120°C .

Atmósfera: tendría más de 50 000 kilómetros de espesor y está compuesta de hidrógeno (H_2) 86%, de helio (He) y 13% de metano (CH_4), amoníaco (NH_3) y etano (C_2H_6). Los instrumentos más pequeños le permiten observar grandes bandas paralelas al ecuador, formadas por cristales de hielo de amoníaco, con vientos que alcanzan los 360 km/h. El campo magnético de Júpiter es catorce veces más intenso que el de la Tierra.



Júpiter visto por la sonda espacial Voyager. © NASA / JPL

La famosa **mancha roja** es un gran anticiclón, observado por los astrónomos desde principios del siglo XIX; de forma ovalada, alcanza los 40 000 km de longitud y gira sobre sí mismo en unos seis días, con vientos de más de 400 km/h. En un mundo tan tormentoso, es poco probable que se pueda encontrar vida.



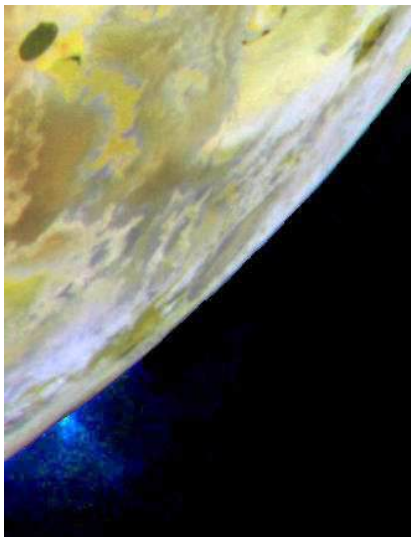
La mancha roja de Júpiter. © NASA / JPL



Júpiter tiene varios **anillos** muy finos, compuestos de polvo oscuro, que son invisibles desde la Tierra. Fueron descubiertos por la nave espacial *Voyager 1* en 1979.

Júpiter está acompañado por 63 satélites, de los cuales los cuatro más grandes, del tamaño de la Luna, fueron descubiertos por *Galileo Galilei* (1564-1642) en 1610. Unos binoculares son suficiente para apreciar y realizar un seguimiento de su movimiento alrededor del planeta.

Los cuatro satélites galileanos de Júpiter. De arriba a abajo: Io, Europa, Ganímedes, Calisto. © NASA / JPL



Las sondas espaciales han permitido analizar en detalle la superficie de estos cuatro satélites principales. **Io** es el más cercano a Júpiter con varios volcanes en erupción que emiten dióxido de azufre (SO₂) a su superficie; es por eso que parece amarillo. **Europa** está cubierta por una corteza de hielo que recubre grandes masas de agua. Hay pocos cráteres en su superficie. **Ganímedes** muestra áreas muy oscuras, así como muchos cráteres y grietas. La superficie de **Calisto** incluye una gran cuenca de 3000 km de ancho.

Un volcán activo en la superficie del satélite Io. © NASA / JPL



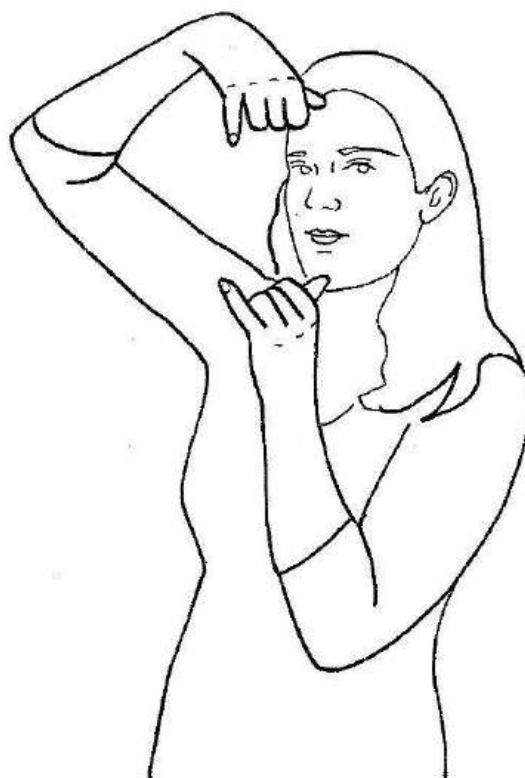
Los cuatro satélites principales tienen las siguientes características:

Nombre	Distancia al planeta (km)	Diámetro (km)	Duración de la revolución	Descubrimiento
<i>Io</i>	421 800	3 642	1 j 18 h 27 mn	Galileo (1610)
<i>Europa</i>	671 100	3 122	3 j 13 h 13 mn	Galileo (1610)
<i>Ganímedes</i>	1 070 000	5 262	7 j 3 h 43 mn	Galileo (1610)
<i>Calisto</i>	1 883 000	4 821	16 j 16 h 32 mn	Galileo (1610)



Luna

De acuerdo con la iconografía popular que atribuye características humanas a la Luna, la cara se usa para representar el disco lunar. En el siglo XIX, una mano plana dividía en dos la cara, representando la Luna en el cuarto. En el signo actual, las dos manos con cuernos se extienden para representar el creciente lunar.



Palabras y expresiones asociadas:

Calendario - Eclipse - Interacción gravitatoria - Marte - Planeta - Revolución - Rotación - Satélite - Sol - Tierra.

La Luna ofrece un espectáculo del que nunca nos cansamos. Con un pequeño antejo o telescopio podemos observar cráteres, llanuras, fallas y montañas cuya iluminación cambia con la fase. La Luna es el satélite natural de la Tierra; es el único otro mundo al que ha ido el ser humano. Siempre ha fascinado a los hombres, inspirado a muchos poetas y muchos calendarios se establecen a partir de su ciclo. La Luna creciente es uno de los símbolos del Islam.

La Luna juega un papel importante en la evolución de la Tierra por la acción gravitatoria que ejerce sobre nuestro planeta. Aunque esta acción es menor que la que ejerce la Tierra sobre la Luna, está en el origen de las mareas oceánicas y parte de la actividad sísmica; también contribuye a la circulación atmosférica terrestre. Como la duración de la rotación sobre sí misma es idéntica a la duración de su revolución alrededor de la Tierra, la Luna siempre tiene la misma cara orientada hacia nosotros.



Distancia: la Luna gira alrededor de la Tierra a una distancia promedio de 384 400 km.

Revolución alrededor de la Tierra: la Luna gira alrededor de la Tierra en 27 días, 7 horas 43 minutos y 11,5 segundos.

Diámetro: 3 475 km, apenas más de una cuarta parte del de la Tierra.

Masa: la masa de la Luna es 1/81 de la masa de la Tierra. La gravedad en su superficie es aproximadamente una sexta parte de la gravedad de la Tierra: un hombre que pesa 75 kg en la Tierra solo pesaría 12,4 en la Luna.

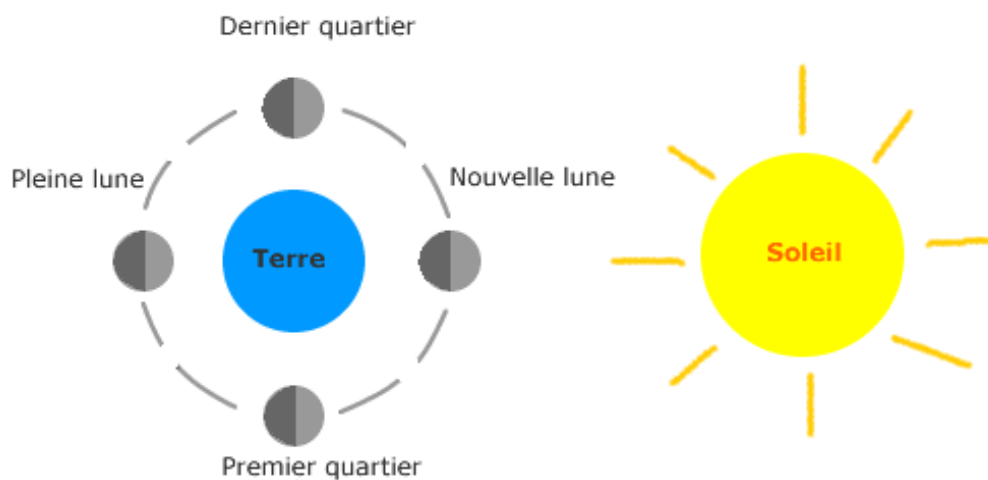
Atmósfera: la Luna no tiene atmósfera.

Temperatura: el suelo lunar puede absorber el 93% de la luz del Sol; esta es la razón por la cual la temperatura de la Luna varía entre + 100°C cuando su superficie está iluminada por el Sol y - 150°C cuando está sumergida en la noche. La Luna tiene un campo magnético extremadamente débil en comparación con el de la Tierra.



Fases de la Luna

Según su posición en relación con la Tierra y el Sol, podemos ver la Luna parcial o totalmente iluminada: después de la **Luna nueva** (cuando no está iluminada), las fases principales son el **primer cuarto**, la **Luna llena** (el disco es circular) y el **último cuarto**. El ciclo de estas cuatro fases, llamado **ciclo sinódico**, se realiza en 29 días, 12 horas, 44 minutos y 2,8 segundos. Para recordar la apariencia de los cuartos de la Luna, baste señalar que el primer cuarto tiene la forma de la parte superior de la letra "P" (como el primero), mientras que el último cuarto tiene la forma de la letra "D" (como último, *dernier*, en francés).



Las fases de la Luna



El relieve de la Luna

La superficie de la Luna es muy abrupta. Hay grandes extensiones oscuras, mal llamadas mares, cubiertas con basalto de origen volcánico. El suelo está plagado de multitud de cráteres debido a múltiples impactos de meteoritos; el más grande, el cráter *Clavius*, tiene un diámetro de 200 km; también está estriada con numerosas fallas y grietas fácilmente observables con un pequeño telescopio. Varias cadenas importantes de montañas también son visibles, incluyendo los *Montes Roots*, que se elevan a más de 8 000 metros. No parece haber ningún rastro de agua en la superficie de la Luna.



Mapa de las principales regiones lunares visibles con binoculares.

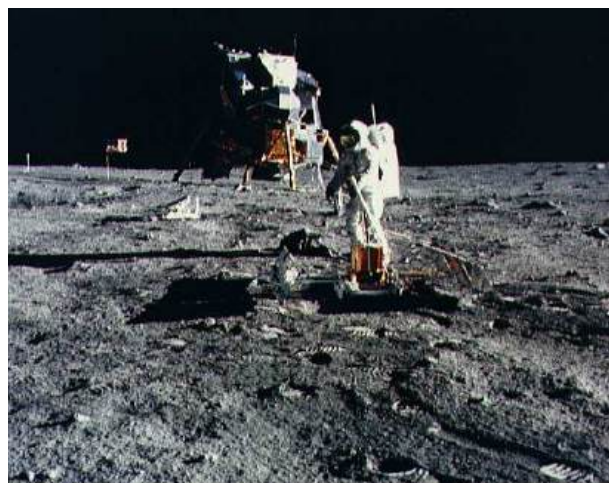
La Luna nació hace cinco mil millones de años cuando la Tierra colisionó con un planeta del tamaño de Marte. Esto explica por qué se encuentran los mismos materiales en la Luna y en la Tierra, aunque en diferentes proporciones. Hace más de 4 500 millones de años, la superficie de la Luna estaba cubierta de magma líquido que se enfrió para formar una corteza de cuarenta kilómetros de espesor. Esta corteza está cubierta por una capa de polvo llamada regolito, cuyo espesor promedio es de cuatro metros en los "mares", pero puede alcanzar los quince metros en las mesetas.

Los eclipses

Cuando la Luna pasa exactamente entre el Sol y la Tierra, hay un eclipse solar; cuando la Tierra está alineada entre la Luna y el Sol, hay un eclipse de Luna. En ambos casos se trata de fenómenos espectaculares (ver la entrada *Eclipse*).

El hombre en la luna

La Luna es el único cuerpo celeste aparte de la Tierra al que ha viajado el hombre. Neil Armstrong y Edwin Aldrin aterrizaron el 21 de julio de 1969, aunque según Hergé, Tintin, Haddock y el profesor Tornasol (que no era sordo sino simplemente "un poco duro de oído") les habrían precedido. Hasta la fecha, doce hombres han caminado sobre la Luna; trajeron 380 kg de rocas a la Tierra y depositaron allí un conjunto completo de instrumentos científicos, incluidos reflectores que permiten realizar mediciones de distancias mediante telemetría láser con una precisión de unos pocos centímetros.



Neil Armstrong en la luna. © NASA / JPL

Luz (velocidad)

La velocidad de la luz está representada por el signo LUZ, la mano se proyecta hacia sí misma al abrirse, al igual que una fuente de luz proyecta sus rayos. Le sigue el signo VELOCIDAD, que dibuja un objeto lanzado a alta velocidad.



LUZ



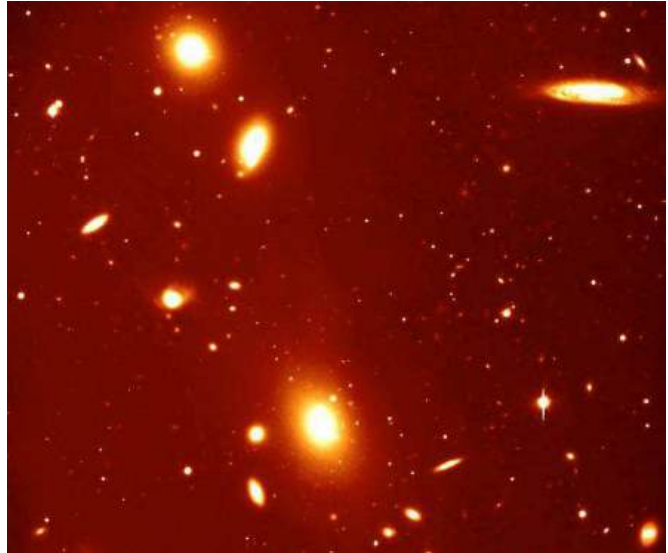
VELOCIDAD

Palabras y expresiones asociadas: Cúmulos de galaxias - Estrella - Galaxia - Longitud de onda - Onda - Planeta - Relatividad - Sol - Espectro electromagnético - Universo.

La luz se define como el conjunto de ondas del espectro electromagnético (ver esta entrada) que el ojo puede ver, en un rango de longitudes de onda que van de 400 a 800 nanómetros (un nanómetro = 10^{-9} metros, eso es 0.000000001 metros). *Isaac Newton* (1642-1727) propone en 1669 una teoría sobre la naturaleza de la luz blanca, que él cree que es un conjunto de partículas. Esta idea culmina en el siglo XX, cuando los físicos demuestran que el aspecto ondulatorio de la luz refleja el comportamiento colectivo de partículas llamadas **fotones** que se mueven a la velocidad de la luz. Por lo tanto, la luz que recibimos del Sol está compuesta por fotones que la abandonaron ocho minutos antes.



La luz procedente de todos los componentes del Universo viaja por el espacio a una velocidad de 299 792 kilómetros por segundo. Es gracias a esto que podemos conocer tanto la naturaleza física y química de los planetas como la de las estrellas y las galaxias, tal como era en el momento en que el rayo de luz partió para viajar hasta nosotros. Podemos conocer, por ejemplo, la naturaleza de las galaxias que formaron un cúmulo como ACO 3341 hace varios cientos de millones de años, el tiempo que los rayos de luz han tardado en llegarnos. La luz nos trae innumerables mensajes del pasado, desde el más cercano al más lejano.

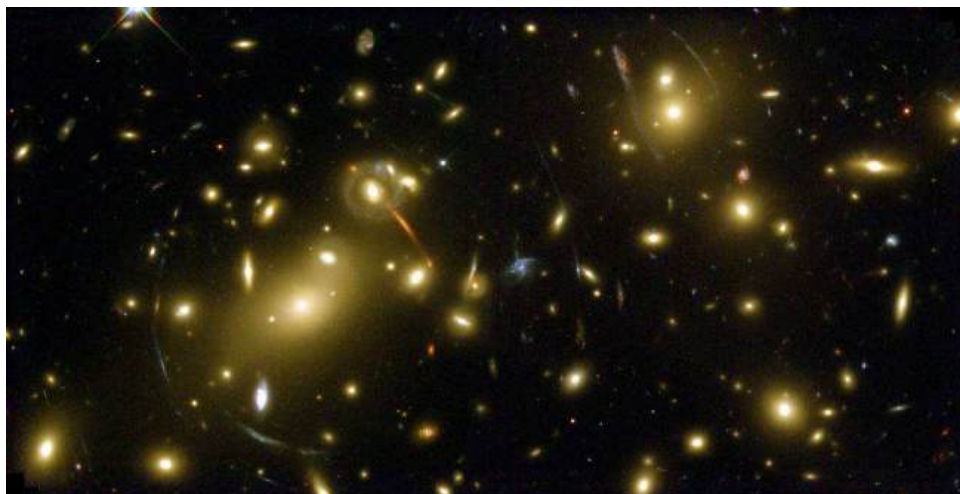


Las galaxias del cúmulo ACO 3341. © ESO

La luz tiene propiedades sorprendentes que han sido evidenciadas por muchos físicos, incluido *Albert Einstein* (1876-1955). Por ejemplo, si un viajero puede moverse a una velocidad cercana a la de la luz junto a un rayo de luz, encontrará que la velocidad de este rayo es la misma que si se midiera desde el suelo (ver entrada *Relatividad*). No podemos sumar o restar nuestra propia velocidad a la de la luz: **es constante**.

Otra propiedad demostrada por Albert Einstein es que si los rayos de luz se mueven en línea recta en el vacío, se curvan por la atracción gravitatoria cuando pasan cerca de un cuerpo masivo, estrella o galaxia. Por lo tanto, los rayos de luz que provienen de una galaxia muy distante y que tienen que atravesar un cúmulo de galaxias (ver esta entrada) producen un arco gravitatorio. El análisis de la luz de este arco mediante espectroscopia proporcionará información que permitirá conocer la distancia a la galaxia lejana.

Debido a que todos los componentes del Universo emiten luz es posible conocer el pasado y la evolución de los cuerpos que lo constituyen.



Arcos gravitatorios en el cúmulo de galaxias A2218. © NASA / HST



Magnitud (fotometría)

El concepto de "magnitud", asociado con la medición del brillo de una estrella, se traduce por el signo LUZ, posiblemente seguido por la letra M manual (inicial de la palabra *magnitud*) y por un valor numérico.

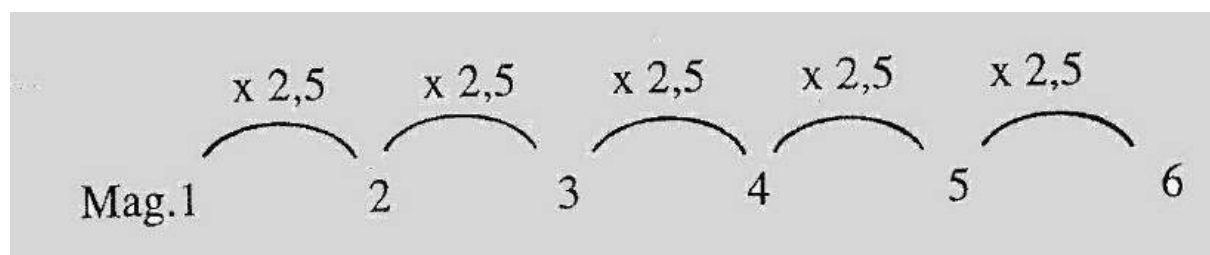


LUZ

Palabras y expresiones asociadas: Año-luz - Constelación - Color - Estrella - Galaxia - Luz - Parsec - Planeta - Espectroscopía - Sistema Solar - Temperatura - Tierra - Tipo espectral - Unidad astronómica - Universo.

La magnitud visual de una estrella, un planeta o cualquier otro objeto luminoso en el Universo mide la cantidad de luz recibida en la Tierra. Esta cantidad es más o menos intensa, del mismo modo que una bombilla de 100 vatios emite más luz que una bombilla de 40 vatios.

El astrónomo Hiparco, que vivió en el siglo II a.C., estableció un catálogo de 1 024 estrellas visibles a simple vista. De acuerdo con la "magnitud" de su brillantez, las clasificó en seis categorías, desde la más brillante (primera magnitud) hasta la más débil (sexta magnitud). Hoy en día, el término magnitud visual reemplaza a la magnitud, pero el principio sigue siendo el mismo. En esta escala, una estrella de magnitud n es 2.5 veces más brillante que una estrella de magnitud $n + 1$; esta relación se denomina matemáticamente *escala logarítmica*, como se muestra en la figura a continuación:



La escala de magnitudes.

Por lo tanto, una estrella de magnitud 1 es 2.5 veces más brillante que una estrella de magnitud 2; es $2.5 \times 2.5 (= 6.25)$ veces más brillante que una estrella de magnitud 3, y así sucesivamente. Una estrella de magnitud n es por lo tanto cien veces más brillante que una estrella de magnitud $n + 5$. Los astrónomos han asignado a la estrella Vega de la constelación de la Lira la magnitud 0 (cero), por lo que las estrellas que son más brillantes que Vega tienen

magnitudes negativas. La siguiente tabla muestra las magnitudes de algunos cuerpos del Sistema Solar y de las veinte estrellas más brillantes con el nombre de su constelación:

Sol	-26,73	Vega (Lira)	0,0	Betelgeuse (Orión)	0,8
Luna Llena	-12,6	Capella (Auriga)	0,1	Antares (Escorpio)	0,9
Venus (máximo)	-4,4	Procyon (Canis minor)	0,3	Spica (Virgo)	1,0
Marte (máximo)	-2,8	Achernar (Eridanus)	0,5	Pollux (Géminis)	1,1
Sirio (Canis mayor)	-1,6	Agena (Centaurus)	0,6	Fomalhaut	
Canopo (Carina)	-0,7	Altair (Águila)	0,7	(Piscis Austrinus)	1,2
Rigel (Centaurus)	-0,3	Aldebaran (Tauro)	0,8	Deneb (Cisne)	1,3
Arturo (Boyero)	-0,1	Ácrux (Cruz del sur)	0,8	Mimosa (Cruz del Sur)	1,3
				Regulus (Leo)	1,3

En el Sistema Solar, la magnitud de un planeta o cometa se hace cada vez más débil a medida que uno se aleja de él. Las estrellas, cuya distancia a la Tierra se puede considerar casi invariable en la escala de nuestros instrumentos de medición, conservan aproximadamente la misma magnitud.

Los astrónomos también usan **la magnitud absoluta**, que corresponde al brillo de una estrella ubicada a 10 parsecs. Parsec es la distancia a la que se ven los aproximadamente 150 millones de kilómetros que separan la Tierra del Sol (unidad astronómica) con un ángulo de 1 segundo de arco. A una distancia de 10 parsecs, el Sol sería apenas perceptible a simple vista con una magnitud aparente de 5,3.

Fotometría

Todos los componentes del Universo emiten radiación en todos los rangos de longitud de onda, desde el ultravioleta al infrarrojo pasando por el visible. Las intensidades luminosas de un astro se miden a través de diferentes filtros; así podemos deducir el color, la temperatura, el tipo espectral (para una estrella) y muchas otras características. Este método se llama **fotometría**, una valiosa herramienta que complementa la información proporcionada por la espectroscopía para conocer la estructura y la evolución de una estrella o galaxia.

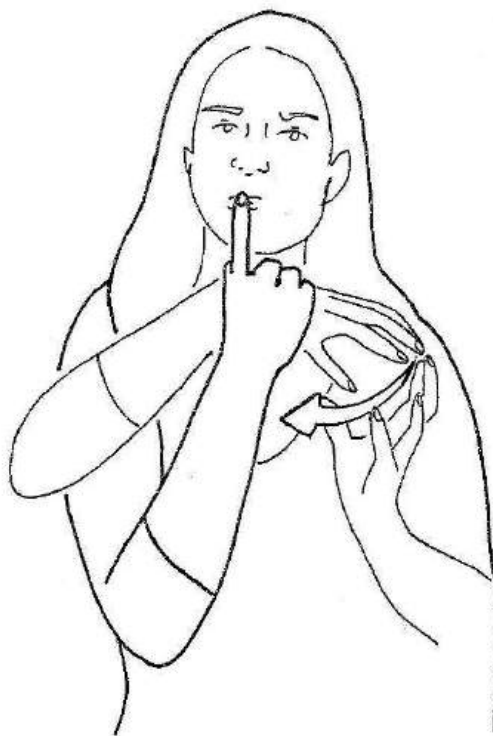


La Nebulosa M42 de Orión, un vivero de estrellas nacientes, se encuentra a 1 500 años-luz de distancia y es visible a simple vista. Su magnitud visual es +5. © ESO

Marte

El nombre de Marte en LSF emplea su nombre popular: PLANETA seguido de ROJO. Este último componente se refiere al color de los labios. Para la etimología de PLANETA, mira la entrada *Tierra*.

Cabe señalar que el signo utilizado para el mes de marzo es bastante diferente: no se refiere al planeta, sino a la abstinencia durante el período de Cuaresma.



Palabras y expresiones asociadas: Astrónomo - Cráter - Elipse - Estrella (doble) - Planeta - Satélite - Sistema Solar - Tierra - Volcán.

El planeta Marte es uno de los cinco planetas visibles a simple vista. Muchas civilizaciones han asociado su color rojo (color de la sangre) con el tema de la guerra. Es por esta razón que lleva el nombre del dios romano de la guerra: Marte. Su aparente movimiento en el cielo fue objeto de largas y minuciosas observaciones por parte del astrónomo danés *Tycho Brahe* (1546-1601). Al analizar las mediciones de *Brahe*, el astrónomo alemán *Johannes Kepler* (1571-1630) descubrió que el movimiento de Marte alrededor del Sol no es un círculo, sino una elipse. Es lo mismo para todos los cuerpos que giran alrededor de una estrella más masiva que ellos, planetas, satélites o estrellas dobles.

Distancia: Marte se encuentra a una distancia promedio de 227 936 600 km del Sol.

Diámetro: con un diámetro de 6 804 km, éste es un planeta más pequeño que la Tierra.

Inclinación: su eje tiene casi la misma inclinación que el de la Tierra: 25 ° 19 ' ; hay verano e invierno en Marte.

Rotación: Marte gira sobre sí mismo en 24 h 37 mn y 22 s: un día en Marte es casi igual a un día en la Tierra.

Órbita: Marte gira alrededor del Sol en un año y 322 días.

Temperatura: en Marte, la temperatura desciende a -140°C en invierno, pero puede subir a + 20°C en el ecuador en verano.



Marte observado por el Telescopio Espacial. El norte está arriba y el sur abajo.

Atmósfera: Marte está rodeado por una **atmósfera muy delgada**, unas 150 veces menos densa que la de la Tierra. Está compuesta esencialmente por gas carbónico (dióxido de carbono, CO₂) al 95% y nitrógeno (N₂) al 3%: por lo tanto, no es posible respirar en su superficie sin un traje espacial. El viento sopla, levantando grandes nubes de polvo.

Las similitudes entre la Tierra y Marte son numerosas. Esta es la razón por la cual los astrónomos han pensado durante mucho tiempo que los dos planetas eran idénticos y supusieron que los "marcianos" podrían existir. Las observaciones realizadas con telescopio en el siglo XIX parecían mostrar líneas rectas y oscuras, que recibieron el nombre de **canales**. Por estas razones, el planeta Marte es objeto de interés particular por parte de los hombres. La exploración espacial ha demostrado que estos canales no existían; solo eran ilusiones ópticas debido a la imperfección de los viejos instrumentos.

El suelo es rojo debido al óxido de hierro (Fe₂O₃) en su superficie. Con las sondas espaciales lanzadas desde la Tierra y los vehículos que se han colocado sobre su suelo, ahora tenemos un buen conocimiento del relieve marciano. Está dividido en **dos regiones muy diferentes**. El hemisferio norte es bastante plano, cubierto de óxido de silicio (arena oxidada) y de rocas volcánicas. Por el contrario, el hemisferio sur se compone de **altas mesetas** con muchos cráteres. En el pasado, había agua en la superficie de Marte, tal vez incluso un océano que cubría el hemisferio norte. También hay **lechos de ríos antiguos** y torrentes secos, que descienden de las colinas.

Uno de los dos casquetes polares de color blanco es claramente visible en la parte inferior de la ilustración de arriba. Cada capa de hielo polar se compone principalmente de hielo de agua, así como de dióxido de carbono congelado. El hielo tiene unos diez metros de grosor.



La superficie de Marte, con las huellas de las ruedas de un vehículo robótico. © NASA / JPL



Los antiguos torrentes que se secaron en Marte. © NASA / JPL

Hay **volcanes** en la superficie de Marte. El más grande, *Olympus Mons* (Monte Olimpo) es la montaña más alta del Sistema Solar, con una elevación de 25 000 m (el Monte Everest en la Tierra alcanza los 8 827m). El diámetro de este volcán alcanza 600 km. Los volcanes de Marte ya no están activos; los flujos de lava más recientes tienen aproximadamente dos millones de años de edad.

Las futuras misiones espaciales nos enseñarán, excavando el suelo de Marte, dónde está el agua del planeta y si han sobrevivido formas de vida en el subsuelo.



El volcán Olympus Mons. © NASA / JPL

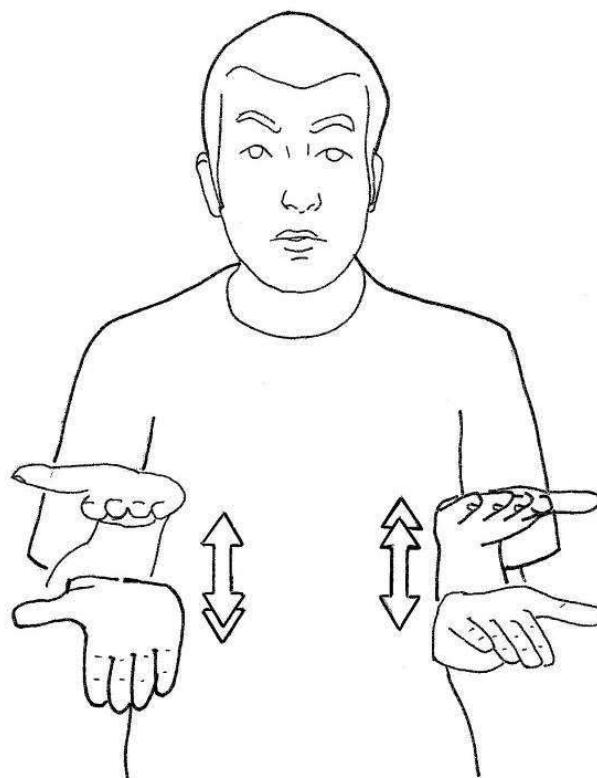
El planeta Marte está acompañado por dos satélites muy pequeños que tal vez sean asteroides que el planeta habría capturado. Los nombres que llevan, Fobos y Deimos, son los de los caballos enganchados al carro de Marte, el dios de la guerra. Tienen las siguientes características:

Nombre	Diámetro (km)	Distancia al planeta (km)	Duración de la órbita	Descubrimiento
<i>Fobos</i>	22	9 385	7h 29 min	Hall (1877)
<i>Deimos</i>	13	23 450	1d 6h 17min	Hall (1877)



Masa

La noción de masa está asociada a la de peso. Por lo tanto, representamos la masa LSF con el signo PESAR, posiblemente especificando si estamos tratando con un cuerpo "ligero" o "pesado".



Palabras asociadas: Atracción - Elemento - Fuerza - Júpiter - Masa atómica - Tierra.

La masa es una propiedad específica de un cuerpo, relacionada tanto con su cantidad de materia como con la naturaleza de la misma. Sin embargo, si un kilo de plumas y un kilogramo de plomo tienen el mismo peso, se necesitan muchas más plumas que plomo para lograr ese equilibrio. Esto está relacionado con la naturaleza de la pluma, compuesta de una gran cantidad de carbono cuya masa atómica es 12 (6 protones y 6 neutrones, ver la entrada *Elementos*) así como otros elementos ligeros, mientras que la del plomo es 207.

La masa de un cuerpo permite conocer la fuerza de atracción que ejerce, y en consecuencia su peso, al multiplicar esta masa por la aceleración de la gravedad en un lugar determinado (ver la entrada *Fuerza*). Por lo tanto, es necesario no confundir la masa, que tiene un valor absoluto, con el peso, que tiene un valor solo relativo que varía según el lugar.

Una masa se mide al compararla con otra que sirve como estándar. Medimos la masa de los planetas en relación con la de la Tierra: la masa de Júpiter es 318 veces la de la Tierra. Medimos la masa de estrellas y galaxias en relación con la del Sol: la masa de M31 (la galaxia de Andrómeda) es 300 mil millones de veces mayor que la del Sol.



Mecánica celeste

La noción de mecánica celeste se traduce por el signo MECÁNICA, que dibuja un engranaje de dos ruedas dentadas, seguido del signo ESFERA CELESTE (ver la entrada correspondiente).



MECÁNICA

Palabras asociadas: Estrella - Gravitación (fuerza) - Planeta - Relatividad - Sol - Tierra - Universo.

La mecánica celeste es el conjunto de leyes físicas y matemáticas que hacen posible describir el movimiento de los componentes del Universo, como los planetas y las estrellas. Hoy en día, la mecánica celeste hace posible calcular las **efemérides**, es decir, todos los fenómenos celestes clásicos: órbitas y posiciones de planetas y cometas, fechas de eclipses, etc. También es la mecánica celeste la que permite regular los diferentes eventos de los calendarios, como las fechas de las festividades religiosas o el ajuste del tiempo en la Tierra. En Francia, el **Instituto de Mecánica Celeste y Cálculo de Efemérides (IMCCE)** del Observatorio de París tiene la misión de investigar en el campo de la mecánica celeste y la misión de proporcionar el servicio de elaboración de las efemérides.

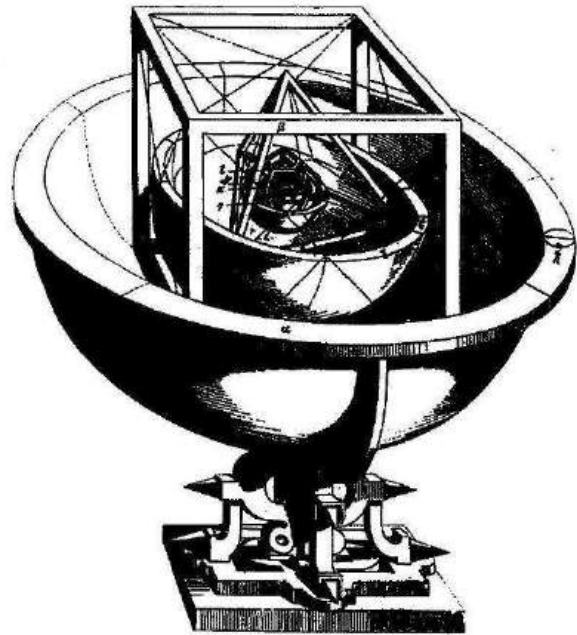
En la antigüedad, los griegos distinguían la mecánica terrestre, donde los objetos "caían", de la mecánica celeste, donde los objetos "caminaban" y volvían a su lugar en el cielo después de un plazo más o menos largo. Durante mucho tiempo, se pensó que los planetas se mueven en esferas anidadas entre sí, siendo la más distante la **esfera de las estrellas fijas**, que lleva a las estrellas. *Johannes Kepler* (1571-1630) descubrió las tres leyes que rigen el movimiento de los planetas alrededor del Sol, pero restringe las órbitas de los planetas a figuras geométricas complicadas llamados **poliedros regulares** (caras regulares idénticas, vértices idénticos).



En 1687, *Isaac Newton* (1642-1727) descubre la ley de la gravitación universal según la cual los cuerpos se atraen entre sí en función de su distancia. No fue sino hasta el siglo XX que *Albert Einstein* (1879-1955) describió la gravitación en el contexto de la teoría de la relatividad general.

Tabula

Orbium planetarum dimensiones et distantias per quinque regularia corpora geometrica exhibeas.



α Sphaera Saturni. β Cubus. γ Sphaera Jovis. δ Tetraëdron. ε Sphaera Martis. ζ Dodecaëdron. η Orbis Terræ. θ Icosaëdron. ι Sphaera Veneris. κ Octaëdron. λ Sphaera Mercurii. μ Sol, Medium sive centrum immobile. (Comp. Fol. 214.)

El Sistema Solar de Johannes Kepler.



Mercurio

El signo MERCURIO muestra un planeta (representado aquí por un puño cerrado) iluminado por la luz proyectada sobre él por el Sol, representado por el otro puño que se abre ampliamente.



Palabras y expresiones asociadas: Cráter
- Luna - Fase - Cuartos - Sol - Sistema Solar - Telescopio - Venus.

De todos los planetas, Mercurio es el más cercano al Sol; solo es visible por la mañana poco antes del amanecer o por la noche, poco después de la puesta del Sol. Ahogado bajo la luz de esta estrella, es difícil de detectar. Debido a la velocidad de su movimiento en el cielo, los antiguos griegos le dieron el nombre de *Mercurio*, dios de los viajeros y mensajeros.

Distancia: Mercurio está a 57 900 000 km del Sol.

Diámetro: 4 880 km.

Masa: su masa es solo 0,05 veces la de la Tierra.

Rotación: Mercurio gira muy lentamente sobre sí mismo: un día dura 58 días y 15 horas

Inclinación: su eje solo está inclinado 7 °.

Órbita: Mercurio completa su órbita alrededor del Sol en 88 días.

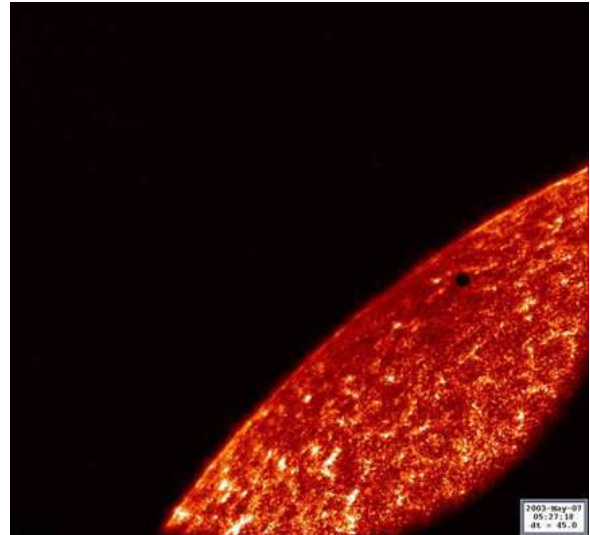
Atmósfera: casi inexistente, la atmósfera de Mercurio se reduce a una capa fina de gas compuesto de potasio (K) en un 31%, sodio (Na) en un 25% y oxígeno (O₂) al 10%.

Temperatura: la casi inexistencia de atmósfera provoca grandes diferencias de temperatura, entre + 178°C en el lado iluminado por el Sol y -180°C en el que está en la noche. El mismo fenómeno ocurre en la Luna.



El planeta Mercurio © NASA / JPL

Relieve: el relieve de Mercurio es bastante plano, lo que indica una importante actividad volcánica en el pasado distante. Al igual que en la Luna, una gran cantidad de cráteres cubre su superficie.



Mercurio pasando frente al Sol el 7 de mayo de 2003.
© NASA / JPL

Dado que Mercurio está más cerca del Sol que la Tierra, a veces pasa entre estos dos astros. Entonces es posible observarlo como una pequeña mancha negra que se mueve sobre el disco solar, **sin olvidar proteger los ojos de la luz del sol**. El próximo paso de Mercurio frente al Sol tendrá lugar el 9 de mayo de 2016.

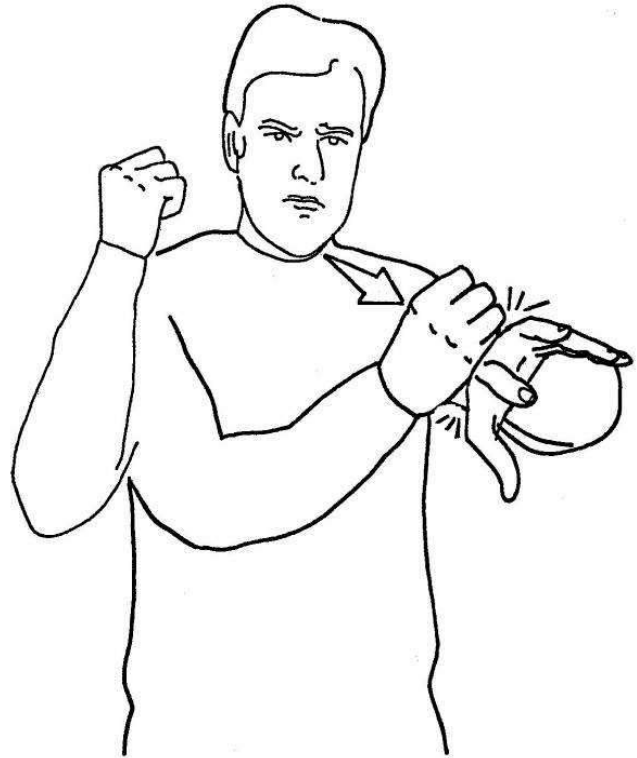
Según Mercurio esté iluminado desde la parte frontal o lateral, presenta fases como Venus y la Luna, con los cuartos y crecientes (ver entradas *Venus* y *Luna*), observables con un pequeño telescopio.

Al igual que Venus, Mercurio no tiene satélite.



Meteoritos (meteoros)

El signo METEORITO muestra un objeto duro y de forma más o menos redondeada, representada por un puño cerrado, que colisiona con la Tierra representada por la otra mano abierta.



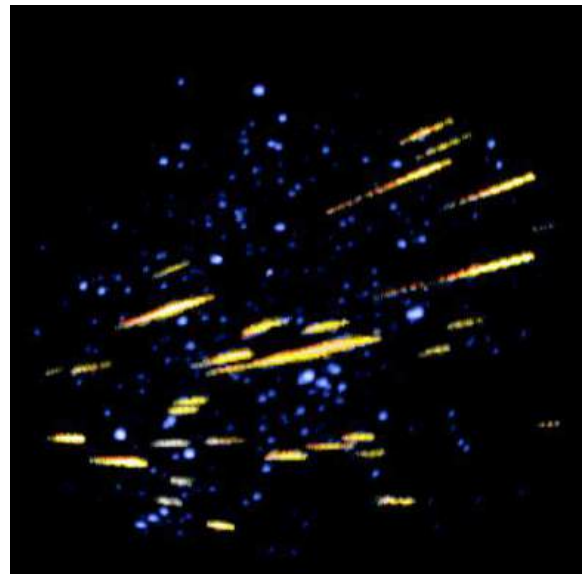
Palabras y expresiones asociadas:

Cometa - Luna - Planeta - Planetesimal - Órbita - Sol - Sistema solar - Tierra.

La formación del Sistema Solar se completó hace unos 4 500 millones de años. Los diferentes planetas se solidificaron tras aglomerar planetesimales y polvo (ver entrada *Sistema Solar*). Pero, como en cualquier construcción, aún quedan escombros en forma de rocas, guijarros y polvo que también están en órbita alrededor del Sol y que la Tierra se encuentra durante su giro.

Al ingresar en las capas superiores de la atmósfera de la Tierra, los meteoritos experimentan una fricción intensa. Esto provoca un calentamiento muy rápido y una emisión de luz visible desde el suelo: estas son las famosas estrellas fugaces. Si la gran mayoría de los granos de polvo son destruidos, las piedras más grandes pueden llegar al suelo; cuanto más grandes son, más daño pueden hacer.

Las caídas de meteoritos son, por lo tanto, un peligro permanente para los astronautas que se quedarán en la Luna o en planetas que no tienen una atmósfera lo suficientemente densa para ser bloqueados. Pero incluso en la Tierra, nunca estamos a salvo de la caída de un meteorito.



Una lluvia de meteoritos en agosto de 1995.
© NASA / JPL

Durante su revolución alrededor del Sol, la Tierra cruza cada año las mismas nubes de

escombros y polvo; algunos de ellos son restos de cometas cuya trayectoria cruzó la órbita de nuestro planeta. Las lluvias de estrellas fugaces más notables, que regresan cada año en las mismas fechas han recibido nombres: las **perseidas** (alrededor del 12 de agosto) llegan desde un punto de la constelación de Perseo. Del mismo modo, las **boótidas** (alrededor del 3 de enero) parecen provenir del Boyero, las **leónidas** (17 de noviembre) de Leo, las **gemínidas** (14 de diciembre) de Géminis, etc.



Un fragmento del meteorito de Allende. © DP



El Cráter del Meteorito en Arizona. © NASA / JPL

A pesar de la atmósfera de la Tierra, muchos meteoritos caen al suelo. El 8 de febrero de 1969, un meteorito cayó sobre la aldea de *Pueblo de Allende* en el norte de México, afortunadamente sin bajas. Se encontraron más de dos toneladas de rocas en forma de miles de fragmentos, el más grande de los cuales supera los 100 kg, distribuidos en un área de 300 km².

En el pasado, grandes meteoritos formaron cráteres en la Tierra. El de *Goss Bluff* en el centro de Australia tiene cinco kilómetros de diámetro. El meteorito que lo excavó, hace más de 140 millones de años, tuvo que pesar varios cientos de miles de toneladas. Es hoy un sitio sagrado de los aborígenes australianos.

Hace aproximadamente 50 000 años, un meteorito de cuarenta metros que pesaba 300 000 toneladas cayó en Arizona, excavando un cráter de 1 200 metros de diámetro y 170 metros de profundidad. Se estima que unas pocas toneladas de meteoritos alcanzan el suelo todos los días.

Los meteoritos se dividen en diferentes tipos. Los más comunes pertenecen a dos familias principales:

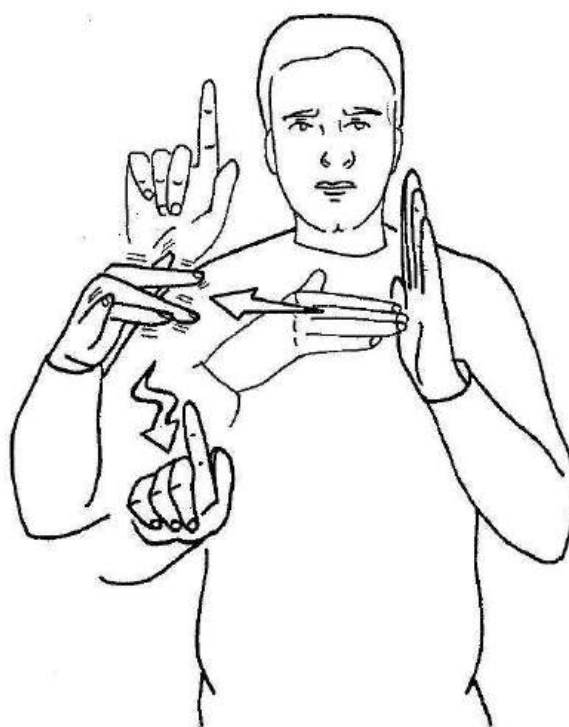
Las **condritas** están constituidas por una mezcla de silicatos, hierro y níquel. Tienen la edad del Sistema Solar. El meteorito de Allende es rico en carbono: es una **condrita carbonácea**.

Las **sideritas** están hechas esencialmente de hierro y níquel. Son particularmente densas y habrían escapado de los planetas durante su formación.



Nebulosa planetaria

El concepto nebulosa planetaria se expresa mediante el signo compuesto NEBULOSA GASEOSA, seguido del signo PLANETA. El signo NEBULOSA representa la materia en movimiento que se escapa de la superficie de una estrella; va seguido por el signo GAS. Este segundo componente está formado por la letra G dotada del movimiento de la letra S, respectivamente inicial y final de la palabra *gas*. Para la etimología del signo PLANETA, vea la entrada *Tierra*.



NEBULOSA



PLANETA

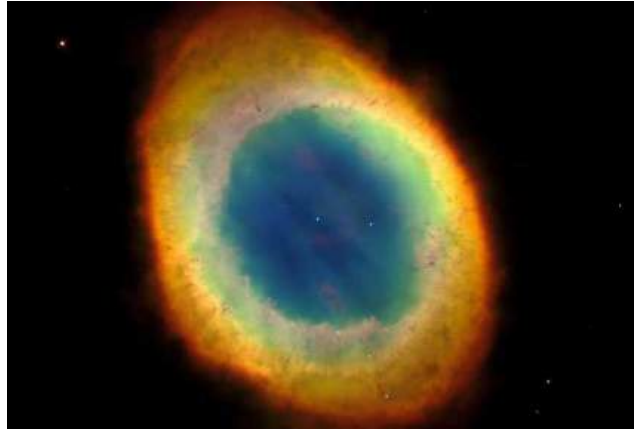
Palabras y frases asociadas: Año-luz - Tamaño - Distancia - Estrella - Estrella (tipo) - Estrella (evolución) - Nuclear (reacciones) - Planeta - Sol - Supernova - Telescopio - Temperatura - Tierra.

Las estrellas a menudo están rodeadas por un anillo o una burbuja de materia. En un anteojo o telescopio pequeño, a menudo se ven bajo el aspecto de un pequeño disco similar a un planeta. Más tarde esto llevó a *William Herschel* (1738-1822) a llamarlas **nebulosas planetarias**. Este nombre se ha mantenido por conveniencia, aunque hoy se sabe que estos objetos no tienen nada en común con los planetas.

A diferencia de una estrella masiva que se convirtió en una supernova al final de su vida, una estrella que tenga como mucho diez veces la masa del Sol comienza a expandirse cuando, después de haber terminado la combustión de su hidrógeno, quema helio en sus regiones centrales (ver entrada *Estrella-evolución*). El helio se transforma en carbono mientras la



temperatura central de la estrella puede alcanzar decenas de millones de grados. A medida que se expande, se convierte en una estrella gigante roja que, situada en el lugar del Sol, alcanzaría hasta la órbita de la Tierra. En este movimiento de expansión, la estrella expulsa algunas de sus capas exteriores en forma de una cáscara de material, mientras que bajo la acción de su propio peso comienza a implosionar para convertirse en una estrella enana blanca.



La nebulosa planetaria M57 y su estrella central en la constelación de la Lira, a una distancia de 2 300 años-luz. © NASA / HST

Vistas a través del telescopio, las nebulosas planetarias son espectaculares. Podemos distinguir la estrella central que se ha contraído y cuyas expulsiones de partículas "alimentan" el caparazón de materia. Sobrevive solo 12 000 años en promedio antes de diluirse gradualmente en el espacio, enriqueciéndolo en elementos químicos fabricados durante la vida de la estrella. Estos elementos se pueden reciclar para dar nacimiento a nuevas estrellas, cada una de las cuales posiblemente esté rodeada por un conjunto de planetas.



La nebulosa planetaria NGC 2346 en la constelación del Unicornio, a una distancia de 2 000 años-luz. Su diámetro es de aproximadamente 0.3 años-luz. © NASA / HST

M27 nebulosa planetaria en la constelación de Vulpécula, descubierta por el astrónomo francés Charles Messier (1730-1817) en 1764. Dista 1 250 años-luz. © ESO



Neptuno

Neptuno se representa por el signo PLANETA, seguido por el contorno de un anillo delgado e inclinado. En la segunda parte del signo, la mano toma la forma de una pinza que, en LSF, es un símbolo de delgadez.



Palabras y expresiones

asociadas: Anillo - Observatorio - Planeta - Plutón - Satélite - Sistema Solar - Urano - Telescopio - Tierra.

Neptuno es el planeta más lejano del Sistema Solar; Plutón fue degradado en 2006 convirtiéndose en el primero de los "planetas enanos". Neptuno fue observado por primera vez por el alemán *Johann Gottfried Galle* el 23 de septiembre de 1846, a partir de los cálculos basados en las perturbaciones de la órbita de Urano llevados a cabo bajo la dirección de *Urbain Le Verrier* (1811- 1877) en el Observatorio de París. Neptuno se puede observar con un telescopio pequeño.

Distancia: Neptuno está a 4 498 253 000 km del Sol.

Diámetro: tiene un diámetro de 46 300 km; por lo tanto, es mucho más grande que la Tierra.

Masa: es 17,26 veces más grande que la de la Tierra.

Inclinación: su eje está un poco más inclinado que el de la Tierra: 29 °.

Rotación: un día en Neptuno dura 15 horas, 6 minutos y 36 segundos.

Órbita: Neptuno completa una revolución alrededor del Sol en 164 años y 343 días.

Temperatura: la temperatura superficial promedio es -220 ° C.



Imagen de Neptuno tomada por la nave espacial Voyager II, 20 de agosto de 1989. © NASA / JPL.

Atmósfera: la atmósfera de Neptuno, con más de 8000 km de espesor, es bastante similar a la de Urano. Se compone principalmente de hidrógeno (H_2) en más del 84%, de helio (He) en más del 12%, de metano (CH_4) en un 2%, de amoníaco (NH_3) y de etano (C_2H_6). Tiene nubes que forman bandas en regiones cercanas al ecuador. Los vientos pueden alcanzar los 2 000 km/h, y hay enormes tormentas eléctricas.

Anillos: Neptuno está rodeado por anillos oscuros muy finos, apenas observables. Fueron descubiertos en 1984; su naturaleza sigue siendo misteriosa.

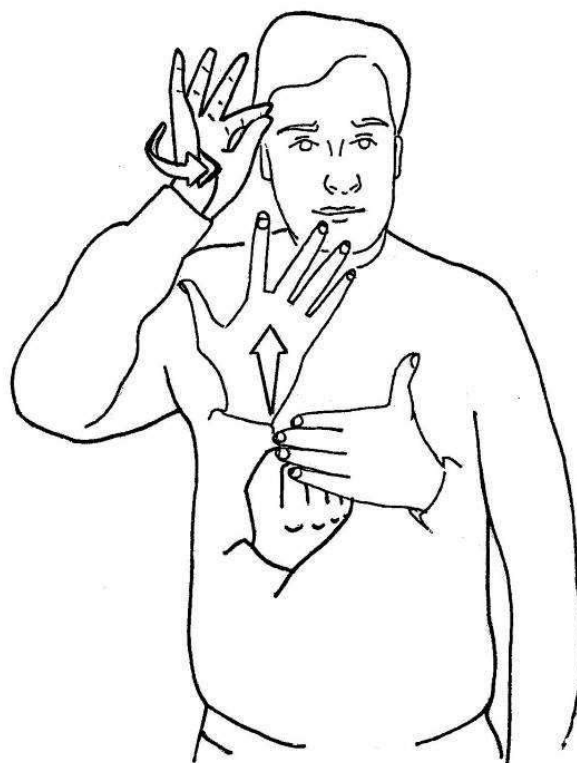
Satélites: Neptuno está acompañado por al menos trece satélites. Tritón tiene una órbita retrógrada: gira en dirección opuesta a la dirección de revolución de todos los satélites de los demás planetas. Los dos satélites más grandes tienen las siguientes características:

Nombre	Diámetro (km)	Distancia al planeta (km)	Duración de la revolución	Descubrimiento
<i>Tritón</i>	2 707	354 800	5d 21h 2min	Lassel (1946)
<i>Nereida</i>	340	5 513 400	359d 21h 9min	Kuiper (1949)



Nova

Una nova, estrella que aparece repentinamente en el cielo, se representa con el signo ESTRELLA seguido del signo NUEVO. En el siglo XIX, el segundo componente, "hacer como brotar los dedos de la mano derecha del interior de la mano izquierda" (Abbé Lambert, 1865), tiene el sentido de "primavera": simboliza el crecimiento de la vegetación. Su significado luego se extendió a cualquier fenómeno que presentara un carácter novedoso. Para la etimología de ESTRELLA, ver la entrada *Estrella-general*.



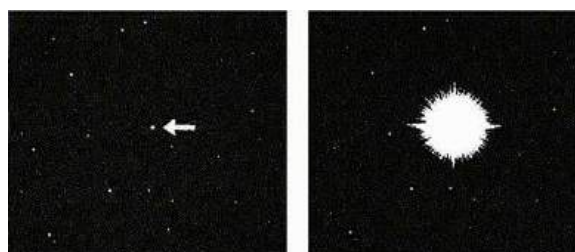
Palabras y expresiones asociadas:

Cúmulo Globular - Año-luz - Astrónomo - Estrella - Estrella (binaria) - Estrella (evolución) - Estrella (tipo) - Estrella de neutrones - Galaxia - Magnitud - Nuclear (reacciones) - Rayos X - Sol - Temperatura - Agujero negro.

La palabra nova (novae en plural) es una abreviatura del latín *nova stella*, "nueva estrella". Designa estrellas que aparecen de repente en el cielo. En un pasado lejano, los astrónomos supusieron que una nova era una estrella que nacía. Muchas novas se han observado a lo largo de la historia. Por ejemplo, apareció una estrella en la constelación del Águila el 8 de junio de 1918; fue la "estrella de la victoria" de los combatientes de la Gran Guerra. Aunque a 1 500 años-luz de distancia (por lo que el fenómeno realmente ocurrió en la era carolingia), se volvió tan brillante como la estrella Sirio. Hoy en día es una estrella débil de magnitud 11 que lleva el nombre de *V603 Aql*. Más recientemente, se observó una nova en la constelación del Cisne. Alcanzó magnitud 1,7 el 31 de agosto de 1975, llegando a ser cuatro millones de veces más brillante que su brillo inicial. A fines de diciembre de 1975, su brillo había vuelto a la magnitud 10 (véase la ilustración que muestra su curva de luz); se llama *VI500 Cyg*. Hoy en día, se descubren docenas de novas cada año.

Algunas novas tienen la particularidad de reaparecer de vez en cuando; es el caso de *RS Oph*, en la constelación de *Ofiuco*, que fue descubierta en 1901 pero reapareció en 1933, 1958, 1967 y 1985: este tipo de objeto recibe el nombre de **nova recurrente**.

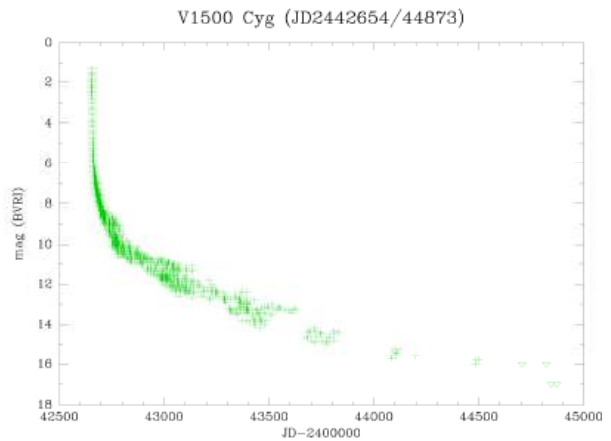
Los telescopios actuales permiten comprender el fenómeno que está en el origen de las novas. **Una nova no es una estrella nueva**, sino una estrella binaria compuesta por una gigante roja acompañada por una enana blanca (ver entrada



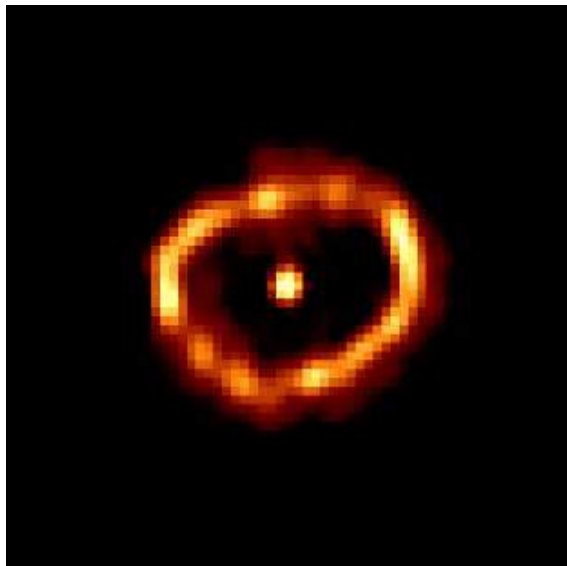
Aparición de la nova *RS Oph*, en la constelación de *Ofiuco*.

Estrella - tipo) rica en carbono y oxígeno. Una gran corriente de hidrógeno escapa de la gigante por la atracción de la enana, formando un anillo de gas a su alrededor. Esto es suficiente para desencadenar reacciones nucleares que liberan una gran cantidad de energía: más o menos lo que quema el Sol en 10 000 años. El anillo de materia es observable en imágenes obtenidas usando telescopios grandes en tierra o en órbita.

El fenómeno nova no es específico de nuestra galaxia; también se observa en cúmulos globulares y en galaxias cercanas. Las observaciones más precisas, específicamente de la emisión de rayos X, indican que en algunas binarias, la enana blanca sería una estrella de neutrones o incluso un agujero negro.



La disminución del brillo de la nova del Cisne 1975 observado durante 2 500 días. Los "agujeros" en la curva corresponden a los períodos en los que el Cisneno era observable en Francia. © AFOEV



Anillo de materia escapada de una nova.
© NASA / HST



La nova Z Cam recurrente en la constelación de la Jirafa. © NASA / HST



Nubes de Magallanes

Las Nubes de Magallanes están representadas por el signo NUBE, realizado con una oscilación de los dedos en referencia a la multitud de estrellas que las componen. Eventualmente es seguido por uno de los signos GRANDE o PEQUEÑO. Para evitar dudas, el nombre "Magallanes" puede escribirse o reducirse a su letra inicial M.



Palabras y expresiones

relacionadas: Año-luz - Astrónomo
- Diámetro - Distancia - Ecuador -
Estrella - Galaxia - Grupo local -
Masa - Sol - Supernova - Vía Láctea.

La tradición atribuye la observación de estas dos galaxias del hemisferio sur al navegante *Fernando de Magallanes* (1480-1521). De hecho, eran conocidas por todas las civilizaciones antiguas al sur del ecuador. A simple vista, parecen como dos piezas de la Vía Láctea que se han desprendido de ella. Son dos galaxias pequeñas ubicadas en las cercanías de nuestra propia galaxia. Se distinguen por su dimensión aparente, la Gran Nube y la Pequeña Nube. Los astrónomos han observado un largo cinturón de gas en movimiento que conecta las dos Nubes con el polo sur de nuestra galaxia, lo que demuestra una interacción real. Las dos Nubes de Magallanes forman parte del Grupo Local (ver esta entrada).

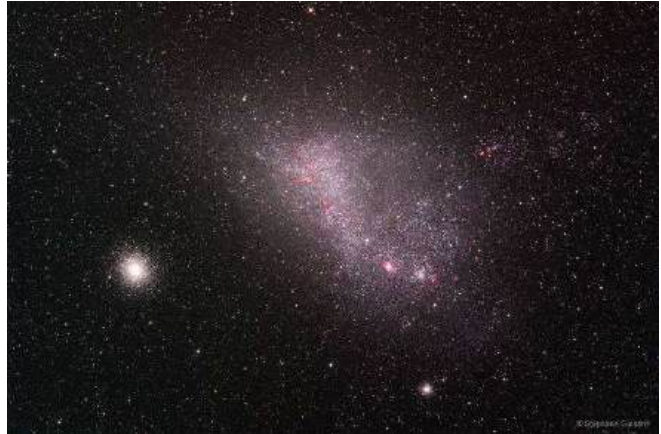
La **Gran Nube de Magallanes** es una galaxia irregular (ver la entrada *Galaxia - tipos*) ubicada en la constelación de Doradus, a una distancia de 173 000 años-luz. Su diámetro es de 22 000 años-luz. Gira sobre sí misma a una velocidad de 70 km/sy se acerca a nuestra galaxia a una velocidad de 275 km/s. Su masa es diez mil millones de veces la del Sol. La aparición de una supernova el 23 de febrero de 1987 confirmó su distancia. Hay tres poblaciones de estrellas en la Gran Nube. La presencia de estrellas calientes y jóvenes (menos de mil millones de años) demuestra que hay una intensa actividad estelar en esta pequeña galaxia. También hay estrellas más



La gran nube de Magallanes © ESO

antiguas, de uno a tres mil millones de años de edad, y un grupo cuyos componentes tienen más de diez mil millones de años.

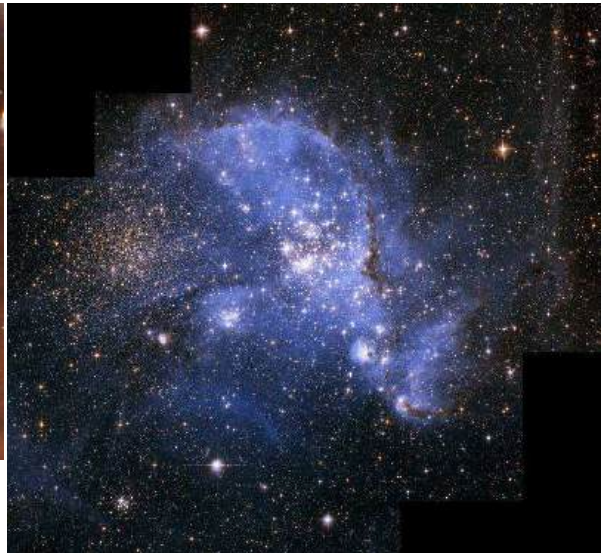
Ubicada en la constelación del Tucán, la **Pequeña Nube de Magallanes** tiene una estructura más compleja que la Gran Nube. Los astrónomos han observado que se nos presenta "de frente", lo que hace que su morfología sea difícil de estudiar. Menos masiva que la Gran Nube, sin embargo es más rica en gas, que alcanza el 20% de la masa total. Su diámetro es de 10 000 años-luz, a una distancia de 196 000 años-luz de nosotros. Tiene una masa de dos mil millones de veces la del Sol.



La pequeña nube de Magallanes © ESO / Stéphane Guisard

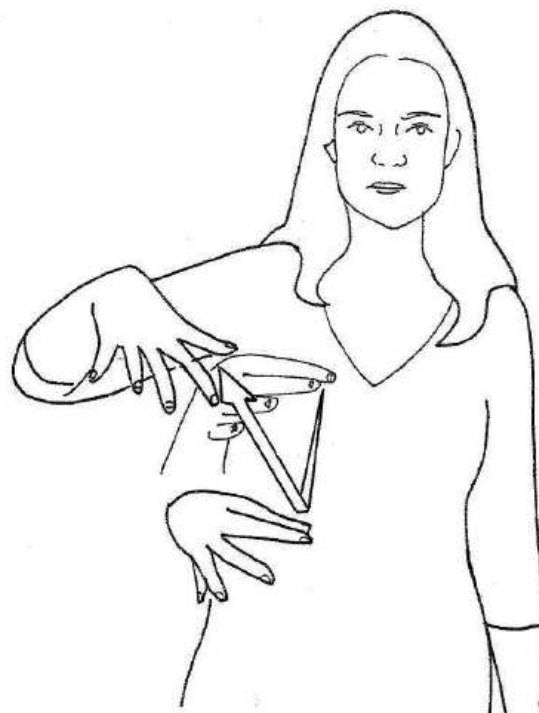


Detalles de la Gran y Pequeña Nube de Magallanes observadas por el Telescopio Espacial. © NASA / HST



Nuclear (reacciones)

El signo polisémico ATÓMICA/ NUCLEAR combina varias imágenes: la intensidad del movimiento descendente evoca la caída de una bomba atómica; la mano abierta hacia arriba representa la nube que causa, mientras que la mano en forma de pinza describe el pequeño tamaño de un átomo.



Palabras y expresiones asociadas: Elemento - Energía - Estrella (evolución) - Nova - Rayos cósmicos - Sol - Supernova - Sistema Solar - Tierra - Velocidad de la luz.

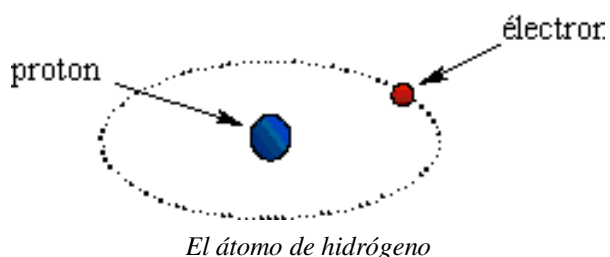
La física nuclear describe las reacciones de los átomos en el corazón de las estrellas, donde la temperatura alcanza los quince millones de grados y donde la densidad es muy alta. Las estrellas consisten esencialmente en hidrógeno (H) (ver entrada *Estrella-evolución*). En las regiones centrales, el hidrógeno se convierte en helio (He): es una **reacción nuclear** que libera una enorme cantidad de calor y energía, como una bomba atómica gigantesca, cuya explosión fuera permanente. Por lo tanto, una estrella como el Sol puede brillar y dispersar su energía por el espacio durante varios miles de millones de años.

La reacción nuclear de hidrógeno-helio

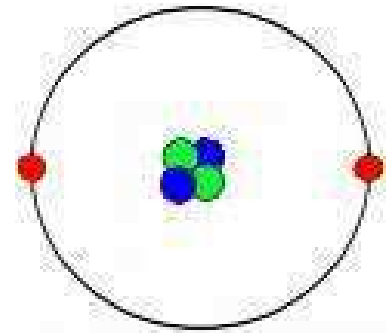
De todos los átomos presentes en la naturaleza, el de hidrógeno es el más simple; consiste en un **protón** de carga eléctrica positiva (+) y un **electrón** que gira alrededor de él, de carga eléctrica negativa (-). En el corazón de una estrella, cuatro átomos de hidrógeno (cuatro protones y cuatro electrones) interactúan, pero cuando un protón y un electrón se combinan, dan un **neutrón** sin carga eléctrica (las cargas "+" y "-" se cancelan):



Se forma un nuevo átomo que consiste en dos protones, dos neutrones y dos electrones: es el de **helio**.



Una estrella como el Sol brilla durante miles de millones de **años convirtiendo el hidrógeno en helio**, parte del cual se recicla nuevamente en hidrógeno.



El átomo de helio (los neutrones están representados en verde)

La cantidad de energía **E** obtenida se calcula utilizando la célebre fórmula de *Albert Einstein* (1879-1955), multiplicando la masa **m** de material por el cuadrado de la velocidad de la luz (**c**):

$$E = mc^2$$

Esta fórmula, muy simple, explica cómo una bomba atómica puede destruir todo sobre una gran superficie con una pequeña cantidad de hidrógeno. El Sol es, por lo tanto, un enorme reactor nuclear que utiliza hidrógeno para generar la energía que necesita.

Cuando una estrella ha agotado sus reservas de hidrógeno, las nuevas reacciones nucleares transforman el helio. Esto da sucesivamente berilio (Be), carbono (C), oxígeno (O), silicio (Si), y así sucesivamente (ver la entrada *Elemento*). Por lo tanto, las estrellas han "fabricado" desde su formación todos los elementos de la naturaleza, desde los más ligeros (hidrógeno, helio ...) hasta los más pesados (plomo, mercurio, uranio ...), pasando por el hierro o el oro .



Alpha Centauri and the Southern Cross

ESO PR Photo 40a/05 (December 21, 2005)



Miles de estrellas en la región de la Cruz del Sur. Cada una de ellas fabrica los elementos de la naturaleza mediante una serie de reacciones nucleares. © ESO

Los diferentes elementos químicos existen solo gracias a las estrellas que los fabrican. En la Tierra, provienen de la formación del Sistema Solar hace 4600 millones de años a partir de un enorme disco de gas y polvo. **Sin su presencia en nuestro planeta, la vida probablemente no se habría desarrollado.**

La reacción nuclear más simple es la que convierte hidrógeno en helio, pasando por la formación de una partícula, el neutrón, sin carga eléctrica (las cargas eléctricas opuestas del protón y el electrón se cancelan). Para explicar esta reacción nuclear en LSF, primero especificamos la naturaleza del átomo de hidrógeno, luego indicamos por qué se necesitan cuatro para obtener un átomo de helio.

*Si **e** es un electrón, **p** es un protón y **n** es un neutrón, podemos realizar así la explicación:*

*cuatro átomos de hidrógeno reaccionan: **p - e, p - e, p - e, p - e***

*se forman dos neutrones: **p + e = n, p + e = n**, los restantes **p - e, p - e***

*Se forma un átomo de helio: **e - pnpn - e***

Observatorio

Un observatorio se representa con el signo ANTEOJO, seguido del signo CÚPULA.



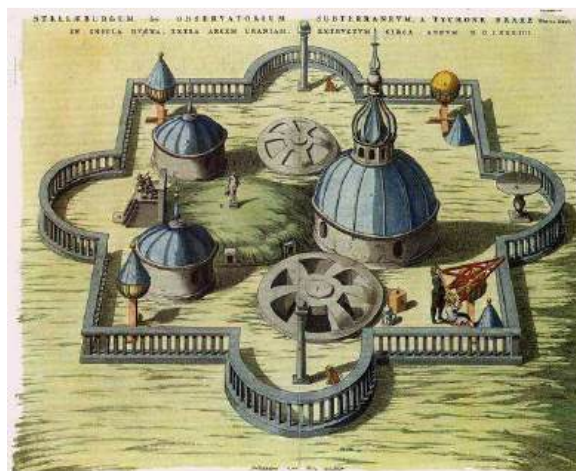
Palabras y expresiones asociadas:

Astronomía - Cosmología - Estrellas -
Luna - Anteojo - Planeta -
Radiotelescopio - Rayos cósmicos -
Satélite *ISO* - Sol - Telescopio -
Telescopio espacial - Tierra -
Universo.

Desde las más antiguas civilizaciones hasta la actualidad, los hombres han observado el cielo para entender el lugar de la Tierra en el Universo, cuál es la naturaleza de los planetas y de las estrellas que nos rodean, y, finalmente, cuales son sus propios orígenes. Para ello, se establecieron en lugares privilegiados para observar el cielo y construyeron edificios especialmente adaptados para ello: son los **observatorios**.

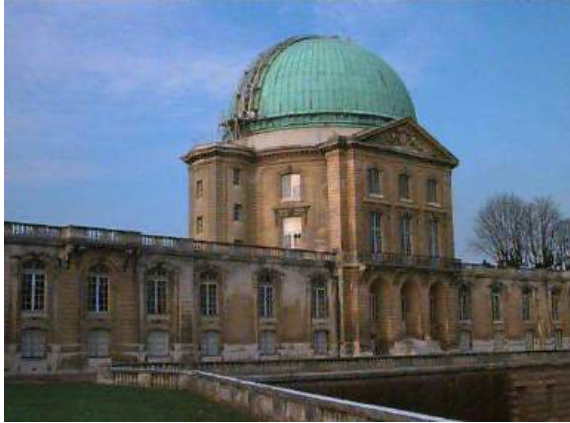


Un observatorio antiguo: Tongariki en la isla de Pascua, donde según la tradición, las estatuas gigantes velan por los habitantes y observan las estrellas. © DP



El observatorio "Uraniborg" de Tycho Brahe, construido en la isla de Hven en el norte de Dinamarca.

Por toda la Tierra, las diferentes civilizaciones han tenido sus observatorios y astrónomos que deseaban conocer los secretos del Universo y el origen del hombre. Las mejoras en los instrumentos condujeron gradualmente a la construcción de lugares específicos para la observación, como el observatorio del astrónomo *Tycho Brahe* (1541-1601) en Dinamarca.



La cúpula que contiene el gran telescopio del Observatorio de Meudon, cerca de París, construida en el siglo XIX sobre un antiguo castillo.
© Observatoire de Paris.



El Observatorio Pic du Midi en los Pirineos en 1937.
© IMCCE

Poco a poco los observatorios crecen y se acercan a ciudades como Meudon, junto a París, hasta que el alumbrado público, el desarrollo industrial y la contaminación lumínica obligaron a los astrónomos a trabajar en las zonas más remotas de la Tierra, donde el cielo es más puro. Los observatorios se construyen entonces en las montañas altas, como el Pic du Midi, en los Pirineos.



Vista aérea de las cúpulas del Observatorio Europeo Austral (ESO) en La Silla, en los Andes chilenos.
© ESO



Los cuatro cúpulas del Very Large Telescope del Observatorio Europeo Austral (ESO), instaladas en Paranal en Chile. Cada cúpula contiene un telescopio de 8.20 m de diámetro. © DP

Con el fin de gozar de las mejores condiciones meteorológicas, los observatorios modernos están instalados en los lugares más áridos de la Tierra, especialmente en los Andes de Chile, donde la comunidad europea tiene un impresionante conjunto de instrumentos, como el telescopio gigante VLT del Observatorio Europeo Austral (ESO). Otros observatorios también se construyeron en la misma área. Existen asimismo observatorios muy grandes en los Estados Unidos, China, Rusia, y en las islas como Hawái y las Canarias, en las que los océanos actúan como un regulador de las condiciones atmosféricas.

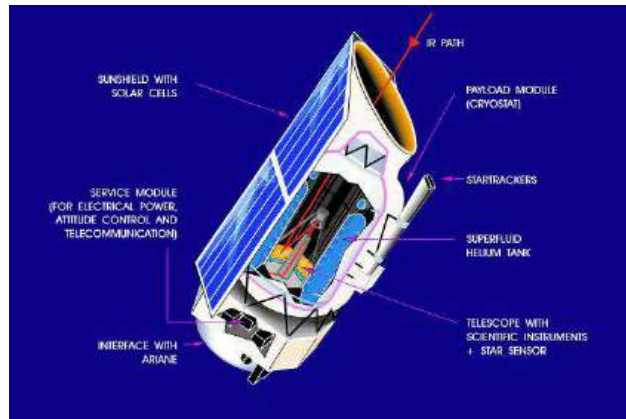
Con el progreso de la ciencia y de las técnicas, los astrónomos han construido en los últimos años diversos tipos de observatorios, incluyendo algunos, como el telescopio espacial o el satélite *ISO*, en órbita alrededor de la Tierra. Pueden observar el Universo sin los problemas relacionados con la atmósfera de la Tierra (turbulencia, nubes ...).

Algunos observatorios se dedican a la observación del cielo en longitudes de onda infrarrojas y de radio, en particular con ayuda de radiotelescopios, como el de Nançay Sologne. Finalmente, los trabajos recientes en cosmología han llevado a la construcción de observatorios altamente especializados para la detección de partículas de alta energía tales como los rayos cósmicos. Hoy en día, los observatorios urbanos son verdaderos laboratorios donde los científicos preparan y analizan las observaciones, construyen instrumentos diferentes y llevan a cabo sus investigaciones.

Detalles del observatorio infrarrojo ISO (Infrared Space Observatory) que gira alrededor de la Tierra. © ESA / ISO



Sala de control de un telescopio (Dominique Proust a los mandos del telescopio de 3,60 m de ESO en Chile).



Parsec

No se atribuye ningún signo específico a la noción de parsec: las letras manuales P-C, transcripción de la abreviatura *pc*, son suficientes. Están precedidas por la letra K manual para *kiloparsec* (*kpc*) o M *paramegaparsec* (*Mpc*).

Palabras y expresiones asociadas: Año luz - Sol - Sistema solar - Tierra - Unidad astronómica.

En astronomía, las distancias grandes a menudo se expresan en años-luz (ver esta entrada). Sin embargo, para los cálculos, con frecuencia es más conveniente usar el **parsec** que proviene de la contracción de dos palabras: **paralaje** y **segundo**. Sabemos que la distancia de la Tierra al Sol es de 149,6 millones de km. Si nos alejamos del Sistema Solar, vemos que la Tierra se acerca al Sol, hasta que su distancia aparente es de solo un segundo de arco (1 "). En ese momento, nos encontramos a 30,85 millones de km, lo que corresponde por definición a 1 parsec:

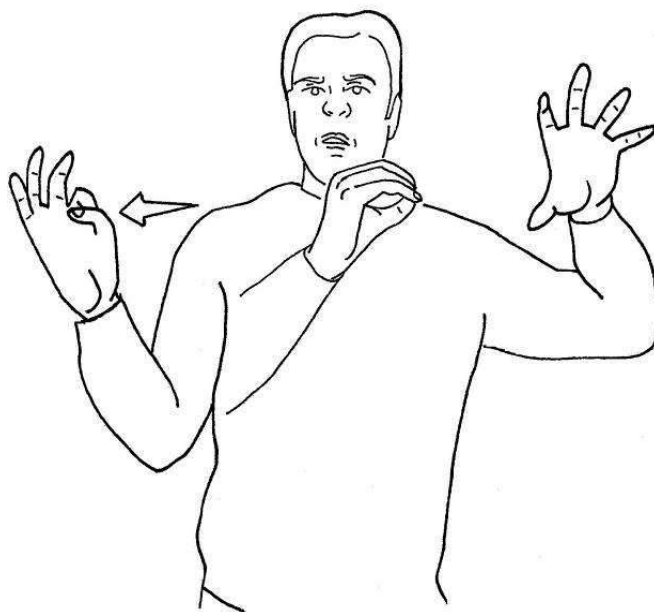
$$1 \text{ parsec} = 3.26 \text{ años-luz}$$

Para medir las distancias a las galaxias, usamos el **kiloparsec** (*kpc*) que vale 1000 parsecs, y el **megaparsec** (*Mpc*) que vale 1 000 000 parsecs.



Plutón

El planeta **PLUTÓN** se representa haciendo referencia a su pequeño tamaño y a su ubicación en los límites del Sistema Solar. Una mano abierta muestra el Sol, mientras que la otra mano en forma de O representa a Neptuno, el planeta más lejano. Esta misma mano se extiende aún más, mientras toma forma de pinza que simboliza un objeto de pequeñas dimensiones.



Palabras y expresiones asociadas:

Asteroide - Estrella - Excentricidad -
Júpiter - Luna - Planeta - Satélite -
Saturno - Sistema solar - Tierra - Titán.

El planeta **Plutón** fue descubierto por el astrónomo estadounidense Clyde Tombaugh el 18 de febrero de 1930. Fue considerado el planeta más distante del Sistema Solar hasta 2006, cuando el descubrimiento de otros planetas más grandes y distantes llevó a la Unión Astronómica Internacional a modificar su clasificación y eliminarlo de la lista de planetas principales. Plutón también es más pequeño que la Luna, más pequeño que los cuatro satélites principales de Júpiter y Titán, el gran satélite de Saturno. Tiene otras anomalías con respecto a los planetas: el plano de su órbita está inclinado 18° con respecto al plano del Sistema Solar, y esta órbita tiene una fuerte excentricidad de 0,2. A la distancia de Plutón, el Sol aparece solo como una estrella brillante.

Distancia: Plutón está a 5 906 451 000 km del Sol.

Diámetro: su diámetro es de 4 600 km, o $\frac{2}{3}$ del diámetro de la Luna.

Masa: su masa es solo $\frac{1}{10}$ de la masa de la Tierra.

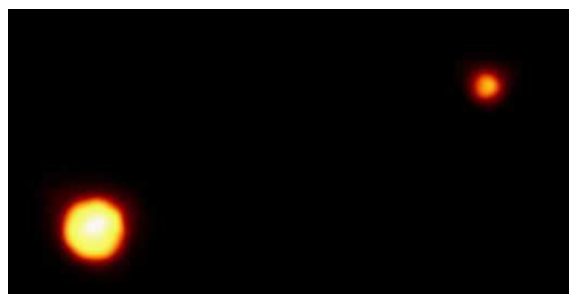
Inclinación: su eje está menos inclinado que el de la Tierra: 17° .

Rotación: el planeta gira lentamente; un día de Plutón dura 6 días, 9 horas y 17 minutos.

Órbita: Plutón completa una revolución alrededor del Sol en 248 años y 31 días.

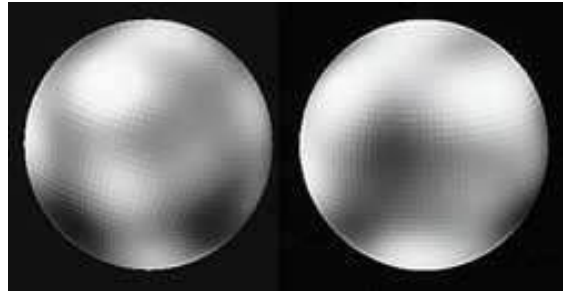
Temperatura: -229°C .

Ambiente: no lo sabemos. El suelo probablemente esté congelado, formado de roca, agua helada y metano (CH_4).



Plutón y Caronte © ESA / NASA

La observación de Plutón requiere de un telescopio potente, ya que solo es visible como una estrella muy débil. La nave espacial *New Horizons*, lanzada desde la Tierra el 19 de enero de 2006 para estudiar Plutón, pasará cerca en el verano de 2015, después de un viaje de 6500 millones de kilómetros.



Imágenes de Plutón observado con el Telescopio Espacial Hubble. © NASA-JPL

Satélites: Plutón está acompañado por un gran satélite, **Caronte**, cuyo diámetro es la mitad del de Plutón; se trata de un sistema planetario doble. Al igual que la Luna respecto a la Tierra, Caronte siempre presenta la misma cara hacia Plutón. Caronte tiene las siguientes características:

Nombre	Diámetro (km)	Distancia al planeta (km)	Duración de la revolución	Descubrimiento
<i>Caronte</i>	604	19 570	6d 9h 17mn	Christy (1978)

Otros dos satélites pequeños, **Nix** e **Hydra**, fueron descubiertos en 2005 por el Telescopio Espacial Hubble. Sus diámetros serían de solo 50 y 62 km.



Potencia

En matemáticas, el símbolo "potencia" va escrito en la parte superior de un término o una expresión. En LSF, este símbolo gráfico se reproduce en el espacio. Así es como 10^3 se representa por el signo DIEZ seguido por el signo TRES colocado arriba. Luego realizamos el signo COSADE GROSOR PEQUEÑO (índice y pulgar cerca el uno del otro) en el lugar donde acabamos de colocar TRES.

La potencia de un número o expresión indica cuántas veces ese número o expresión debe multiplicarse por sí mismo. Por lo tanto, la "potencia 2" de a , que también se llama su **cuadrado**, es el número x tal que $a \times a = x$ o $a^2 = x$.

La "potencia 3" de b , llamada **cubo**, es el número y tal que $b \times b \times b = y$ o $b^3 = y$.

El cuadrado de 2 es 4, el cubo de 3 es 27, y así sucesivamente.

En astronomía, los números son a menudo inmensos: por lo tanto, es muy conveniente notarlos por medio de las potencias. Por lo tanto, mil millones de kilómetros (1 000 000 000 km) se escriben 10^{12} km.

Superficies y volúmenes en LSF

Un área o volumen se expresa en LSF especificando primero que se trata de una área o un volumen, y luego se indica el valor sin usar las potencias.

Para un cráter de 600 km^2 , signaremos sucesivamente CRÁTER + ÁREA + 600 + KM.

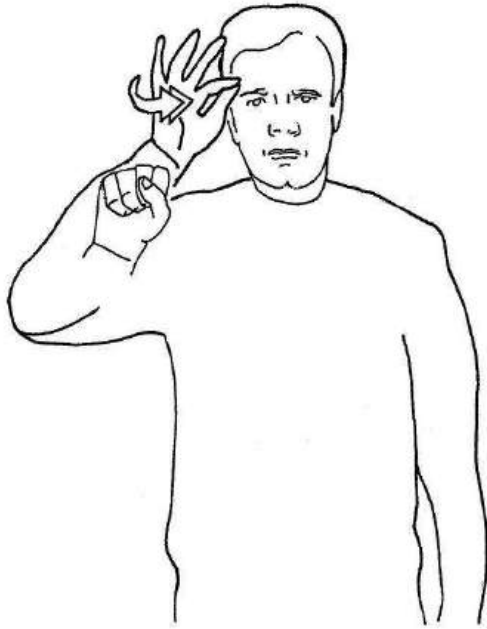
Para un asteroide de 18 km^3 , también signaremos ASTEROIDE + VOLUMEN + 18 + KM.

El hecho de haber especificado inicialmente que se habla de un área o un volumen hace inútil el uso de km^2 o km^3 : el signo KILÓMETRO es suficiente.

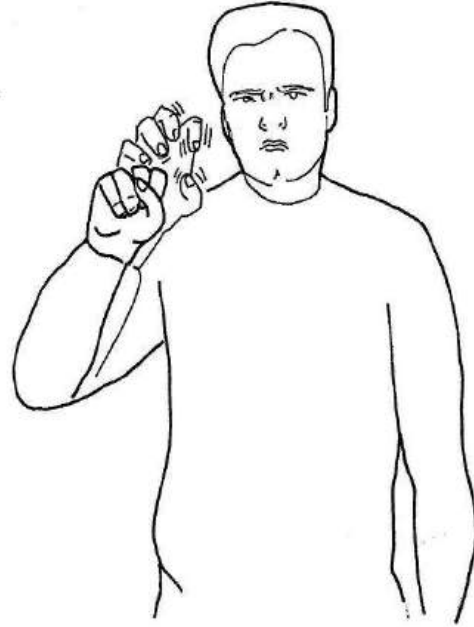


Púlsar

El signo PÚLSAR está formado por el signo ESTRELLA seguido del signo INTERMITENTE. Para la etimología de ESTRELLA, vea la entrada *Estrella-general*.



ESTRELLA



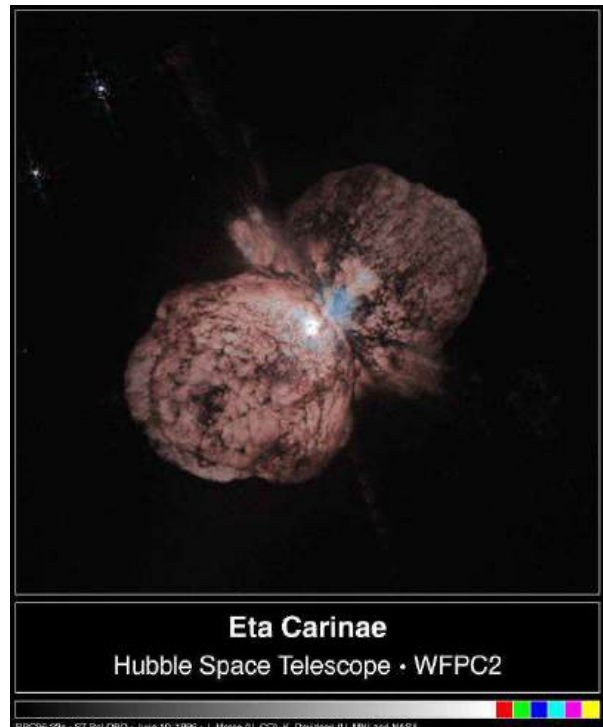
INTERMITENTE

Palabras y expresiones asociadas: Año-luz - Astrónomo - Diámetro - Electrón - Estrella (tipo) - Neutrón - Nuclear (reacciones) - Protón - Sol - Supernova.

La entrada *Supernova* describe cómo una estrella masiva termina su existencia con una explosión espectacular. Dicha estrella, cuya masa es al menos treinta veces mayor que la del Sol, se convierte en una supernova muy brillante que expulsa la mayor parte de su materia al espacio, mientras que el material del núcleo de la estrella colapsa sobre sí mismo. Los protones y los electrones entonces se fusionan para formar neutrones (ver la entrada *Reacción nuclear*). La estrella tiene un diámetro de aproximadamente 19 km con una densidad tal que un dedal de este material puede pesar varias decenas de toneladas: es una **estrella de neutrones**.

La estrella η de la constelación de Carina en el hemisferio sur está a 8 000 años-luz de distancia. Tenía aproximadamente 100 veces la masa del Sol, y explotó en 1843 convirtiéndose en una supernova.

© NASA / HST



Eta Carinae
Hubble Space Telescope • WFPC2

PRC96-29a - ST ScI OPD - June 10, 1996 • J. Morse (U. CO), K. Davidson (U. MN) and NASA

Durante este movimiento de colapso, la estrella comienza a girar sobre sí misma cada vez más rápidamente, alcanzando varias decenas de revoluciones por segundo. Bajo la acción del campo magnético, emite una señal en forma de haz, al igual que un faro para los barcos. Esta pulsación está en el origen del nombre púlsar, contracción de la expresión en inglés "pulsating star". El primer púlsar fue descubierto en 1967, y la regularidad de sus señales llevó a los astrónomos a pensar en ese momento que podían provenir de una civilización distante.

Imagen compuesta en visible y rayos X del centro de la supernova del Cangrejo que muestra los torbellinos de gas y la radiación del púlsar. © NASA



Radiotelescopio

El radiotelescopio se representa con el signo RADIO que reproduce el manejo de los botones grandes de los aparatos de radio antiguos, seguido del dibujo de la forma de una antena parabólica direccional.



Palabras y expresiones asociadas:

Astrónomo - Diámetro - Estrella - Foco - Galaxia - Luz - Onda - Planeta - Tierra - Telescopio - Universo.

El radiotelescopio permite observar el Universo en el rango de longitudes de onda largas. Los diversos componentes del Universo, planetas, estrellas, galaxias, etc., emiten en todas las longitudes de onda (ver entrada *Espectro*), desde los rayos X que la atmósfera de la Tierra bloquea hasta las grandes longitudes de onda, idénticas a las de las emisoras de radio.

Para poder estudiar la naturaleza y la evolución de los diferentes elementos del cosmos, los astrónomos usan el telescopio para analizar su luz; las observaciones de radio complementan la información científica necesaria. Es por eso que también usan **radiotelescopios**.

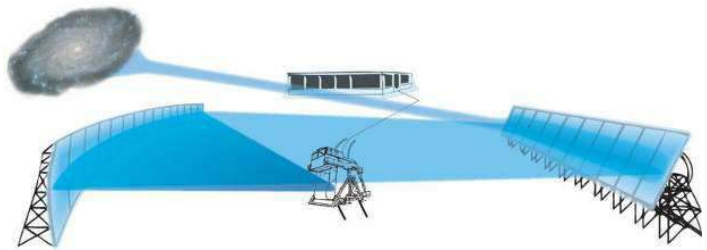
Las ondas electromagnéticas de una fuente del Universo llegan a una gran superficie cóncava que actúa como el espejo de un telescopio. Entonces se concentran en un punto (se dice que están "enfocadas"), luego se amplifican y se procesan digitalmente para obtener una señal científicamente útil. Es importante tener en cuenta que estas ondas de radio **no emiten ningún sonido**. Para que se transmita una señal acústica, es necesaria una atmósfera circundante, mientras que las emisiones del cosmos se propagan en el vacío antes de ser capturadas en la Tierra.



El radiotelescopio IRAM de 30 metros instalado en Pico Veleta, en el sur de España. © CNRS / INSU

El radiotelescopio de Nançay

Situado en Sologne, cerca de la ciudad de Bourges, el radiotelescopio de Nançay está ligado al Observatorio de París. Es uno de los instrumentos más grandes del mundo y consiste en una antena móvil de 200 m de longitud, que gira alrededor de un eje horizontal y una antena fija de 300 m. Un dispositivo receptor está montado sobre rieles para recibir transmisiones de radio desde el espacio, al tiempo que compensa el movimiento de la Tierra.



El radiotelescopio Nançay y su combinación de antenas para recibir señales del espacio. © Observatoire de Paris.

El radiotelescopio de Arecibo

En la isla de Puerto Rico, los científicos han instalado un radiotelescopio aprovechando el antiguo cráter de un volcán extinto. Este es el radiotelescopio de Arecibo, cuyo diámetro es de 305 m.



El radiotelescopio de Arecibo en la isla de Puerto Rico. © NASA / JPL



Raíz

En LSF, el signo RAIZ reproduce el símbolo matemático de la raíz, que se escribe $\sqrt{\quad}$. Tenga en cuenta que esta reproducción es desde el punto de vista del hablante; desde el punto de vista del observador, la forma del símbolo se invierte.



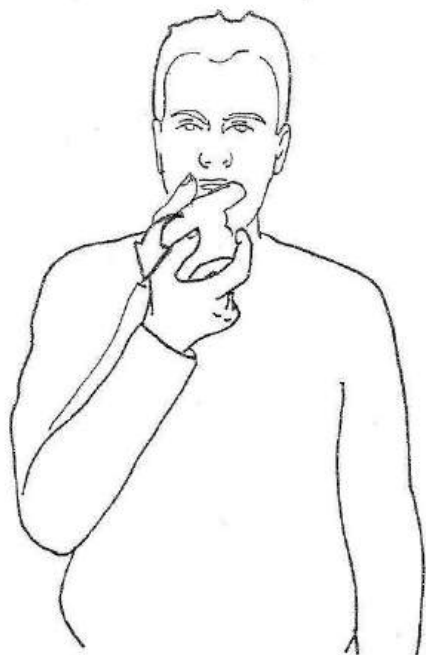
Palabras y expresiones asociadas:
Longitud de onda - Espectroscopia.

La raíz cuadrada de x es un número tal que la multiplicación de a por sí mismo es x . En otras palabras, $a \times a = x$ o $a^2 = x$. Por el contrario, $\sqrt{x} = a$, o de nuevo: $x^{1/2} = a$. Cabe señalar que la raíz de un número puede ser positiva o negativa. Por lo tanto: $\sqrt{9} = +3$, pero también $\sqrt{9} = -3$.

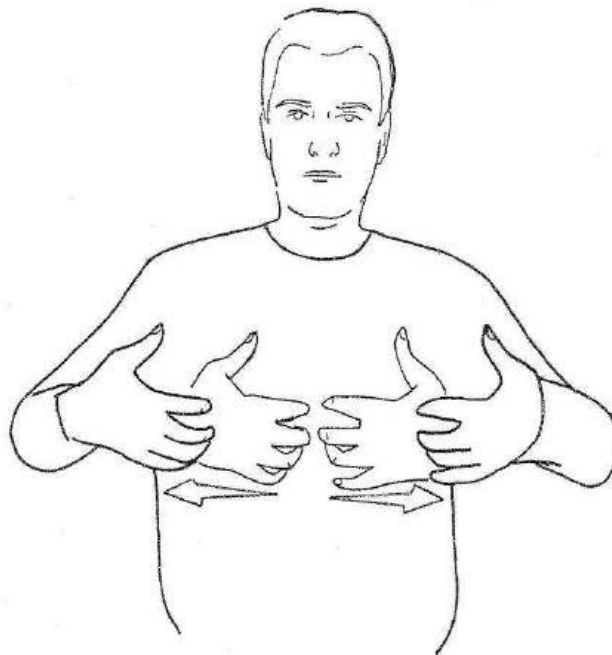
La raíz cúbica de x es el número b tal que $b \times b \times b = x$. Entonces, la raíz cúbica de 27 es 3. En matemáticas también se usan raíces cuarta, quinta, etc.

Relatividad

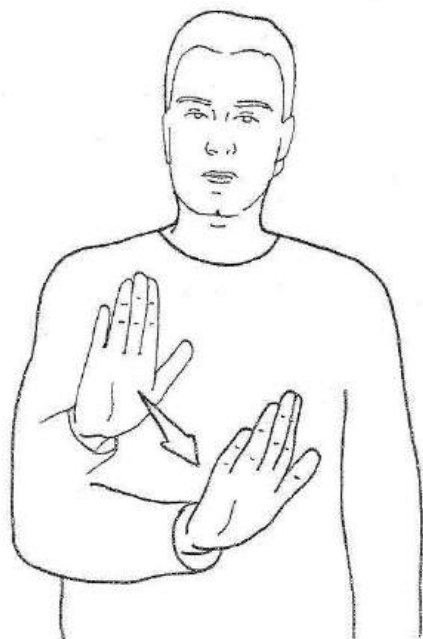
La teoría de la relatividad se designa por una composición de signos: IDIOMA seguido de CIENCIA y TÍPICO. El primero de estos componentes es el signo atribuido por los sordos a Einstein, en referencia a una famosa fotografía del científico que sacando traviesamente la lengua. El signo idiomático traducido convencionalmente por TÍPICO tiene múltiples significados: "es para él, es todo él, es típico de él". Viene del antiguo signo SU, que ya estaba en uso en el siglo XIX. Para la etimología de CIENCIA, vea la entrada correspondiente.



1- EINSTEIN



2- CIENCIA

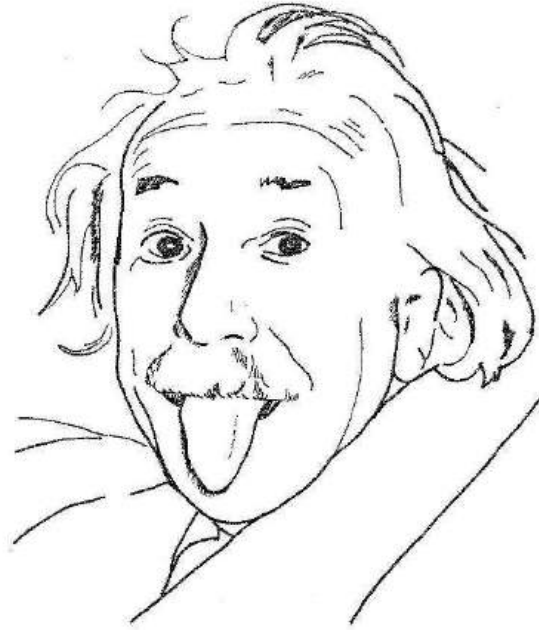


3- TÍPICO

Palabras y expresiones asociadas: Fuerza gravitatoria - Galaxia - Luz - Masa - Sol - Tierra - Universo (expansión) - Velocidad de la luz.

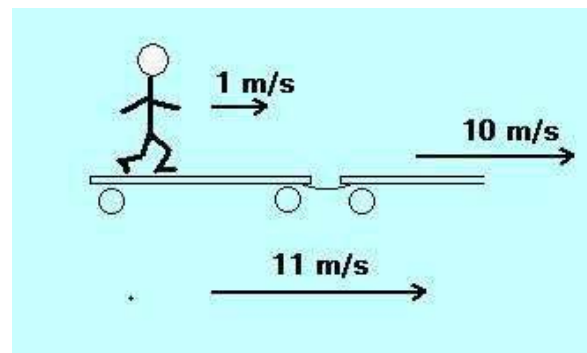


La teoría de la relatividad es esencialmente atribuible a *Albert Einstein* (1879-1955). Es un campo de la física que describe la estructura del Universo al asociar cuatro coordenadas, tres relacionadas con el espacio y una al tiempo (ver la entrada *Universo-expansión*). Esta teoría, muy compleja, se basa en experimentos muy simples que demuestran que la velocidad de la luz en el vacío es constante: $c = 300\,000\text{ km / s}$. Ninguna partícula puede viajar más allá de este valor, ningún efecto físico puede propagarse, y ninguna señal puede transmitirse a una velocidad mayor que c . Otro aspecto de la relatividad consiste en la elección de un **sistema de referencia absoluto**: la Tierra gira alrededor del Sol, este se mueve en la Galaxia y esta última está sometida simultáneamente a un movimiento de rotación y a otro relacionado con la expansión del Universo. **Los resultados de una medición cambian de un sistema a otro.**



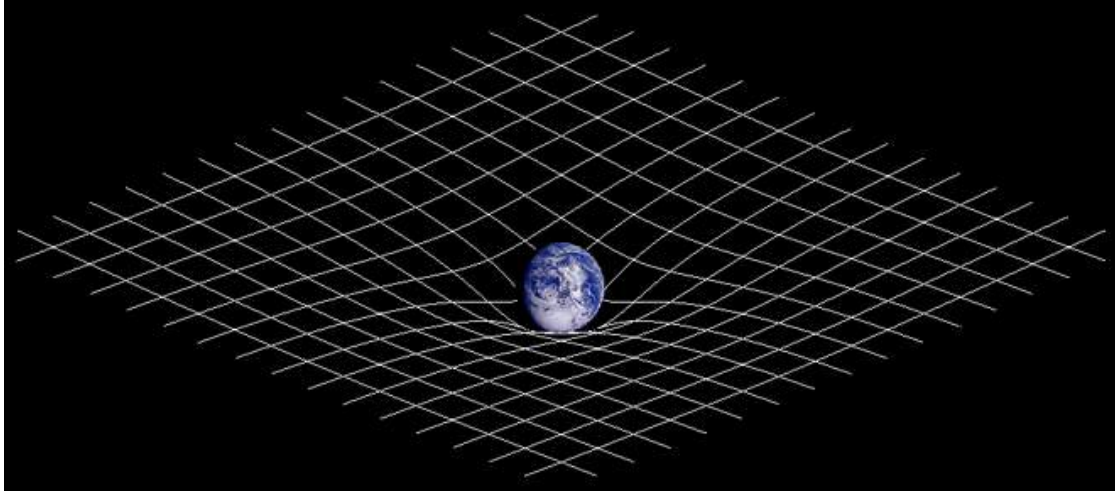
Albert Einstein (dibujo: Carole Marion)

Un viajero que camina en el vagón de un tren puede medir su movimiento tanto en el interior del vagón como en relación con el suelo: los resultados son entonces muy diferentes. Un viajero camina a la velocidad de un metro por segundo en un vagón, pero si éste se mueve a 10 metros por segundo, entonces la velocidad de desplazamiento del viajero es de 11 metros por segundo para un testigo fijo en el borde de los raíles. La noción de movimiento de un cuerpo tiene sentido solo **en relación** con otro. En este ejemplo, consideramos que el tiempo fluye de la misma manera para todos los observadores: se supone que es **absoluto**.



Desplazamiento de un viajero en un vagón en movimiento. Para un observador en el suelo, se mueve a 11 m/s.

En el dominio de los rayos de luz, esto es diferente: la velocidad de la luz es independiente del movimiento del observador. Si nuestro viajero está en un súpercohetes que viaja a $100\,000\text{ km / s}$ a lo largo de un rayo de luz, todavía verá este rayo moviéndose a la velocidad de la luz, y no a $300\,000 - 100\,000 = 200\,000\text{ km / s}$. Para velocidades muy altas, el **tiempo** no es absoluto, es relativo: un viajero partiendo en un cohete lanzado a una velocidad cercana a la de la luz, cuando regrese a la Tierra después de seis meses, ¡encontrará que ésta ha envejecido dos millones de años! Por lo tanto, hay una **relatividad** de las leyes de la física cuando las velocidades son muy grandes. Estas propiedades caen dentro del marco de la **relatividad especial**.



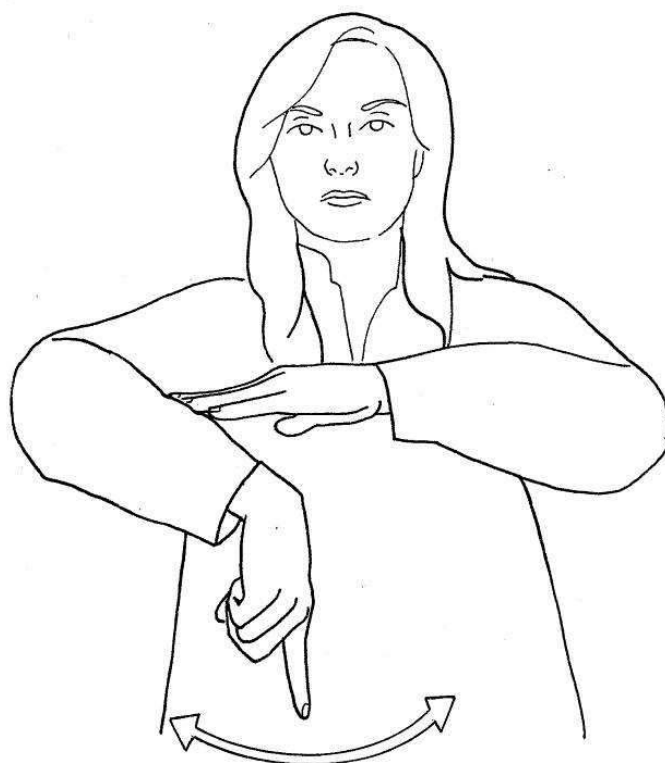
La curvatura del espacio en las proximidades de un cuerpo masivo.

Einstein desarrolló su trabajo para mostrar, a través de la relatividad general, que la geometría del Universo tiene propiedades asombrosas. Demostró que una de las cuatro interacciones, la fuerza gravitatoria, es capaz de modificar localmente el espacio doblándolo. Esta asombrosa propiedad actúa sobre los rayos de luz: mientras que en el vacío se mueven en línea recta, en las proximidades de un cuerpo que tiene una masa muy importante, se doblan como lo hace el espacio localmente. La relatividad se aplica al conjunto del Universo para describir su geometría. Pero en la Tierra, donde las velocidades son muy bajas en comparación con las de la luz (hombre caminando, automóvil, tren, avión ...), las leyes físicas utilizadas en la vida cotidiana son simplificaciones de las leyes de la relatividad. Si tomamos el ejemplo de los pasajeros que viajan en un tren, la relatividad nos dice que la velocidad, medida por un observador situado en el borde de los raíles, es en realidad un poco menos de 11 metros por segundo. Esta diferencia es imperceptible a nuestra escala.



Reloj astronómico

El reloj astronómico se representa por el signo RELOJ, reproducción de un péndulo, seguido del signo ASTRONOMÍA (ver esta entrada).



RELOJ

Palabras y expresiones

relacionadas: Calendario - Eclipse - Equinoccio - Luna (fases) - Planeta - Sol - Solsticio - Zodiaco.

El reloj astronómico da la medida del tiempo, así como la posición de los planetas y las estrellas en el cielo. Desde la aparición de los primeros calendarios, establecidos a partir de los movimientos del Sol y la Luna en el cielo, los hombres han desarrollado relojes cada vez más sofisticados para medir el tiempo. Estos relojes pueden indicar no sólo el día y la hora, sino también las fases de la Luna, las posiciones de los planetas en el zodiaco, la salida y la puesta de la Luna y el Sol, los solsticios y equinoccios, eclipses, etcétera. Estos relojes también indicaban las fechas de festividades religiosas móviles, como Semana Santa. Eran fuentes de información muy útiles para toda la población; es por eso que generalmente se instalaron en lugares públicos, iglesias o ayuntamientos.

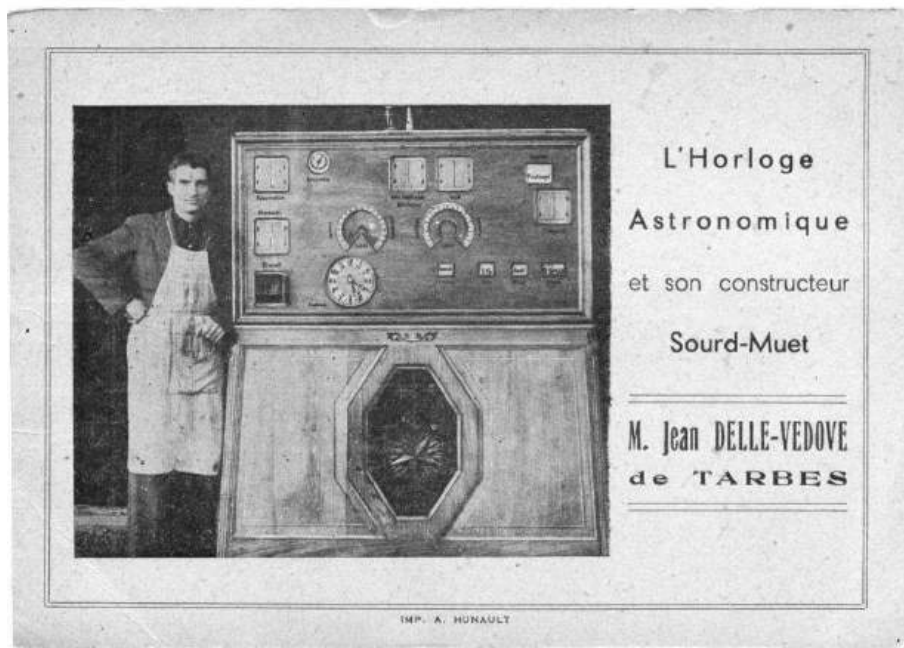
En Francia, se pueden admirar los principales relojes astronómicos en las catedrales de Beauvais, Besançon, Bourges, Chartres, Lyon (Saint Jean Primatiale), Saint-Omer y Estrasburgo.

El primer reloj de Estrasburgo fue construido alrededor de 1353; un segundo, construido por *Herlin, Dasypodius* y *Habrecht*, lo reemplazó en el siglo XVI; fue transformado por *Jean-Baptiste Schwilgué* (1776-1856) en el estado en que lo vemos hoy. Indica el movimiento de los planetas, los días y las horas con un calendario perpetuo, las fases de la Luna y las fechas de las festividades religiosas.

Autómatas que simbolizan el desfile de las edades de la vida desfilan regularmente a lo largo del día.



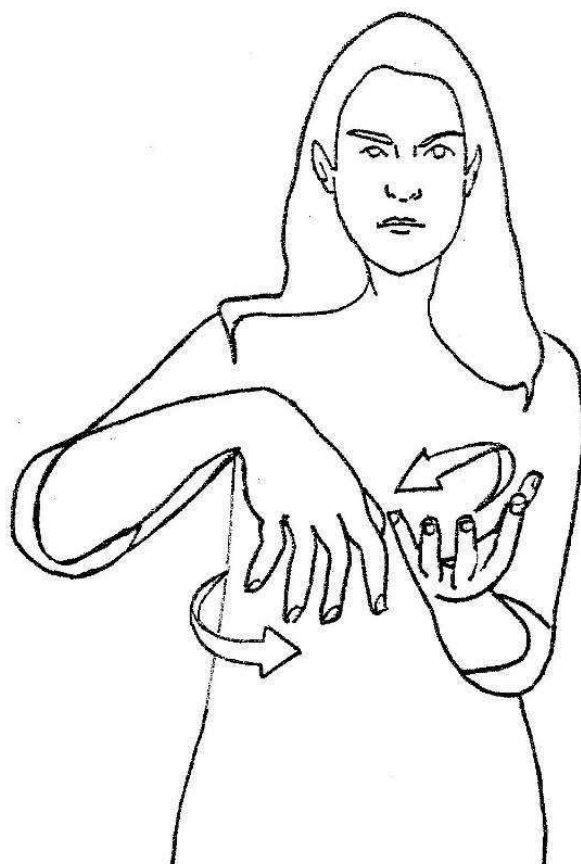
El reloj astronómico de la Catedral de Estrasburgo.
© Wysik



Entre 1939 y 1950, *JB Delle-Vedove*, ebanista sordode Tarbes, contruyó un reloj astronómico en madera, que indicalos amaneceres y puestas de Sol, las fases de la Luna, las estaciones del año, la fecha actual y las fechas de las fiestas principales. El reloj pesa 280 kg, mide 2 metros de alto y tiene 92 ruedas dentadas de todos los tamaños.

Revolución (órbita)

El signo REVOLUCIÓN representa dos cuerpos esféricos, uno de los cuales gira alrededor del otro. Al igual que la palabra *revolución*, el signo REVOLUCIÓN se usa generalmente en el sentido de "malestar social, cambios radicales". Contrariamente a lo que pudiera pensarse, utilizar el mismo signo con el significado de "camino de un planeta alrededor de otro" no supone una simplificación: en realidad es el primer significado de este signo, como se usó en el siglo XIX. El período en que el LSF cristaliza es el del triunfo de la mecánica celeste, fundada por *Pierre-Simon Laplace* (1749-1827) en la *Exposición del sistema del mundo* (1796) y popularizada por el descubrimiento del planeta Neptuno por *Urban Le Verrier* (1811-1877) utilizando solamente cálculos (1846). La palabra y el signo *revolución*, con su sentido astronómico, fueron enseñados en las instituciones para niños sordos.



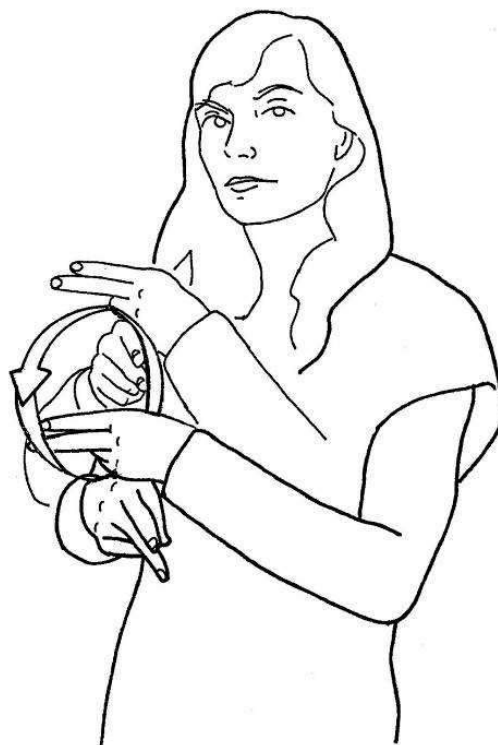
Palabras y expresiones asociadas: Estrella
- Exoplaneta - Mecánica celeste - Planeta -
Rotación - Satélite - Sol.

La revolución de un planeta alrededor del Sol, de un satélite alrededor de un planeta, de un exoplaneta orbitando una estrella o de una estrella alrededor de otra es la medida del tiempo necesario para completar un giro : describe la **órbita** de un cuerpo alrededor de otro. Por lo tanto, la revolución de la Tierra alrededor del Sol, es decir, un año terrestre, tiene una duración de 365 días 6 horas 9 minutos y 9,5 segundos, o sea, 365,25 días. Un año del planeta Júpiter dura 11 años y 315 días; un año de Saturno, 29 años y 165 días, etc. La revolución no debe confundirse con la rotación, que es la medida del tiempo que un planeta o una estrella emplea en girar sobre sí mismo, alrededor de su eje.



Satélite artificial - Sonda espacial

El movimiento circular, realizado en concierto por ambas manos, representa la revolución de un satélite artificial alrededor de la Tierra u otro planeta. El dedo índice y el dedo medio de cada mano reproducen la forma de los paneles solares que se pueden observar en una de las siguientes fotografías.



Palabras y expresiones asociadas: Astrónomo - Big Bang - Excentricidad - Cometa - Luna - Marte - Onda (longitud) - Planeta - Cuásar - Rayos X - Radiación cósmica - Revolución - Satélite natural - Saturno - Sistema Solar - Telescopio - Tierra - Titán - Universo .

Los satélites artificiales son máquinas construidas por el ser humano y lanzadas al espacio para ponerlas en órbita alrededor de la Tierra, un planeta o un satélite natural. Se distinguen de las **sondas espaciales** que se lanzan al espacio en un viaje sin retorno, como las sondas *Voyager* que dejaron la Tierra en 1977, han abandonado el Sistema Solar después de varios años y ahora se están dirigiendo hacia las estrellas, a las que llegarán dentro de 40 000 años ...

El primer satélite artificial, el *Sputnik 1*, fue lanzado por la Unión Soviética en 1957. Desde entonces, ha sido seguido por muchos miles de satélites civiles y militares. Muchos de los satélites en órbita alrededor de la Tierra ahora están inactivos, pero siguen girando y algunas veces caen. La atmósfera nos protege al destruirlos cuando regresan; sin embargo, sigue existiendo un riesgo relacionado con los satélites grandes o con los que son portadores de armas: no se puede excluir que caigan en un lugar habitado, o que su caída dispare el armamento. Existe, pues una **contaminación del espacio**.



La sonda espacial Voyager. © NASA / JPL

Los satélites que rodean la Tierra se encuentran en una gran variedad de órbitas. Algunos parecen fijos sobre nosotros: son los **satélites geoestacionarios**; otros tienen órbitas con gran excentricidad. Otros finalmente pasan por la vertical de los polos: su órbita es polar.



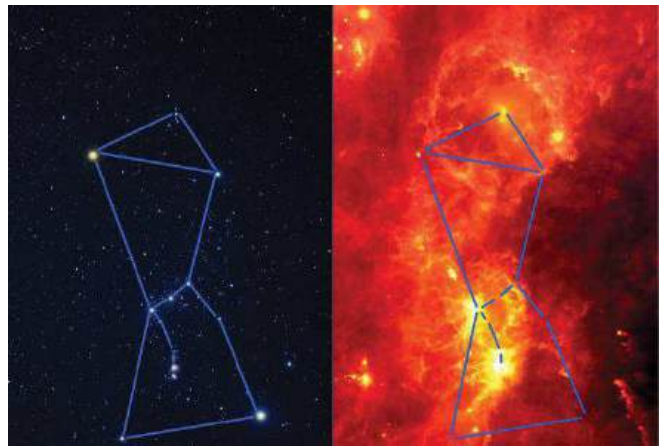
Satélite en órbita alrededor de la Tierra. © NASA.JPL



El satélite spot5. © CNES

Los usos de los satélites son también muy variados: algunos son enviados para fines científicos (observación de la Tierra y el Universo), otros son utilizados para las telecomunicaciones (teléfono, Internet) y la teledetección (meteorología, recursos naturales, aplicaciones militares).

Los satélites observan la Tierra y el Universo en todas las longitudes de onda, incluyendo aquellas que son detenidas por la atmósfera terrestre, tales como los rayos X. Gracias a ellos, los astrónomos pueden observar el cielo sin tener que preocuparse por las condiciones meteorológicas, principalmente las nubes. Los científicos estudian así el gas y el polvo de las galaxias, la radiación cósmica del Big Bang, objetos muy distantes como los cuásares, etc. Estas observaciones complementan las realizadas en tierra con diferentes telescopios.



La constelación de Orión, tal como aparece a simple vista (izquierda) y observada en el infrarrojo por un satélite (derecha). © ESA

Principales satélites y sondas espaciales

Sputnik 1. 4 de octubre de 1957: primer satélite artificial que orbita la Tierra.

Luna 2. 12 de septiembre de 1959: primera sonda que choca contra la Luna.

Vostok 1. 12 de abril de 1961: primer vuelo tripulado alrededor de la Tierra, con *Yuri Gagarin*.

Mariner 4. 28 de noviembre de 1964: primeras imágenes de un sobrevuelo de Marte.

Apolo 11. 21 de julio de 1969: Neil Armstrong es el primer hombre en caminar sobre la Luna.

Viking. 1976: primeras imágenes del suelo de Marte por las dos sondas Viking.

Voyager. 1977: lanzamiento de dos sondas Voyager que sobrevuelan el Sistema Solar.

Giotto. 1985: primera imagen del núcleo de un cometa (cometa *Halley*).

Telescopio espacial. 1990: lanzamiento del Telescopio Espacial Hubble.

Cassini-Huygens. 2005: imágenes del suelo de Titán, satélite de Saturno.

Saturno

Saturno se representa por una mano redondeada que simula el planeta, mientras que la otra dibuja los contornos de un anillo.



Palabras y expresiones asociadas: Ecuador - Planeta - Satélite - Sistema Solar.

El planeta Saturno con su anillo es, sin duda, el más famoso del Sistema Solar. Es una maravilla fácilmente accesible para el observador con un simple par de binoculares. Su enorme anillo fue descubierto por el astrónomo holandés *Christiaan Huygens* (1629-1695).

Distancia: Saturno está a 1 421 179 772 km del Sol.

Diámetro: 60 270 km; es el segundo planeta más grande del Sistema Solar.

Masa: 95 veces mayor que la masa de la Tierra.

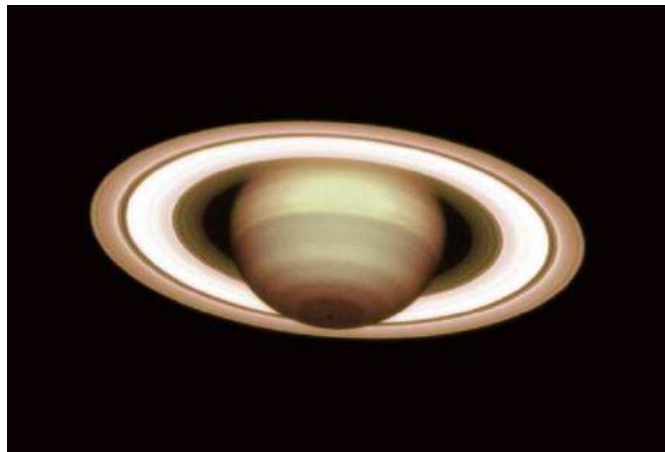
Inclinación: su eje está un poco más inclinado que el de la Tierra: 26.7 °.

Rotación: un día en Saturno dura solo 10 h 47 min 6 s: es por eso que su disco está achatado en un 10% en ambos polos.

Órbita: Saturno realiza una revolución alrededor del Sol en 29 años y 165 días.

Temperatura: -130 ° C en promedio.

Atmósfera: es muy gruesa e idéntica a la de Júpiter, con amplias bandas de nubes que se extienden paralelas al ecuador. Se compone principalmente de hidrógeno (H₂) en más de un 93%, de helio (He) en más de un 5%, de un 0.2% de metano (CH₄), amoníaco (NH₃), etano (C₂H₆) y vapor de agua.

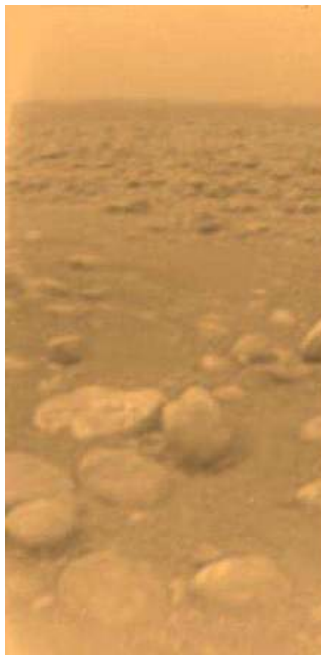


Saturno visto a través de un telescopio. © ESO.

Anillos: los nueve anillos de Saturno se extienden a lo largo de 120 000 km, pero tienen un grosor de solo un kilómetro en promedio. Constan de guijarros y rocas de todos los tamaños, así como de bloques de hielo. Están separados por áreas vacías, como la **división de Cassini**, que es fácilmente visible con un pequeño telescopio.

Satélites: Saturno está acompañado por unos sesenta satélites, los principales de los cuales se llaman Mimas, Encélado, Tetis, Dione, Rea, Titán, Hiperión, Japeto y Febe. El satélite Titán, más grande que la Luna, es también el más grande del Sistema Solar; es fácilmente visible con un pequeño telescopio. Sus características son las siguientes:

Nombre	Diámetro (km)	Distancia al planeta (km)	Duración de la revolución	Descubrimiento
<i>Titán</i>	5 150	1 223 000	15d 22h 42mn	Huygens (1655)



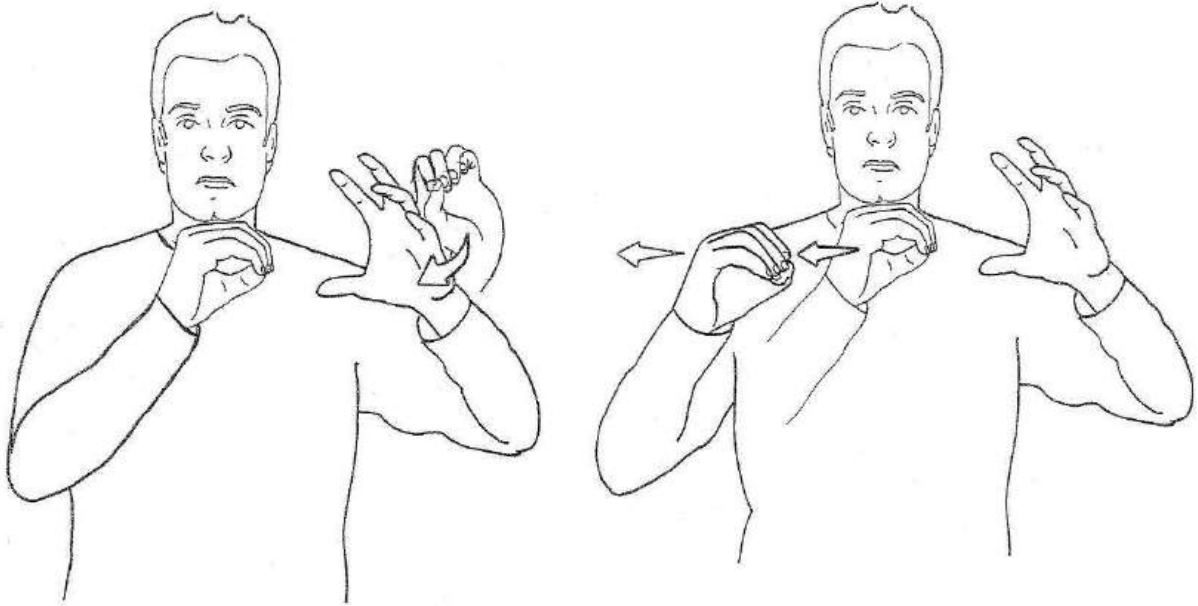
Los astrónomos han observado una atmósfera espesa alrededor de Titán, compuesta principalmente de nitrógeno (N_2) (95%), pero también de metano (CH_4) y compuestos orgánicos más complejos, como etano (C_2H_6), acetileno (C_2H_2) o etileno (C_2H_4). Estos compuestos indican que podría existir alguna forma de vida en Titán, siendo la atmósfera lo bastante gruesa para mantener una temperatura suficiente por efecto invernadero. Para aprender más, la sonda espacial *Cassini-Huygens* fue lanzada desde la Tierra el 15 de octubre de 1997. Después de un viaje de siete años, el módulo *Huygens* aterrizó en Titán el 14 de enero de 2005. Las imágenes tomadas durante el descenso y después del aterrizaje muestran regiones sólidas parecidas a dunas, idénticas a las dunas de arena, y grandes lagos de metano líquido. Ninguna forma de vida ha sido detectada hasta la fecha.

El suelo de Titán visto por el módulo Huygens. © NASA / JPL



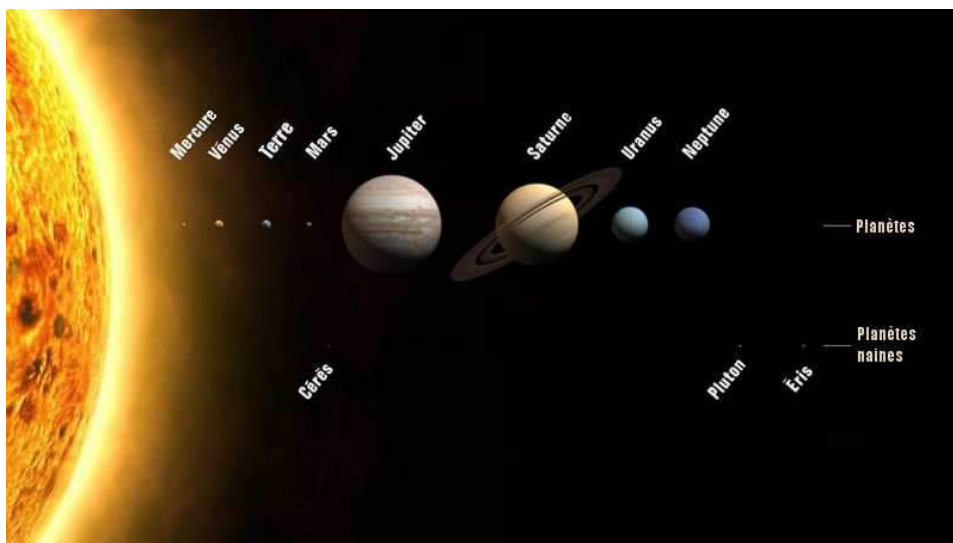
Sistema Solar

Un puño que se abre representa al Sol, fuente de luz que ilumina los planetas. La otra mano, en forma de O, se aleja con un pequeño movimiento de oscilación para representar la sucesión de planetas. Cabe señalar que, en este contexto, el signo SOL no tiene el mismo aspecto que cuando se realiza solo (ver la entrada *Sol*).



Palabras y expresiones asociadas: Año-luz - Asteroides - Cometa - Exoplaneta - Galaxias - Io - Júpiter - Luna - Marte - Mercurio - Meteorito - Neptuno - Planeta - Planetesimal - Plutón - Satélite - Saturno - Sol - Tierra - Titán - Unidad Astronómica - Urano - Venus.

El Sistema Solar está compuesto esencialmente por el **Sol** y ocho planetas. El orden de los planetas desde el Sol es: **Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno**.

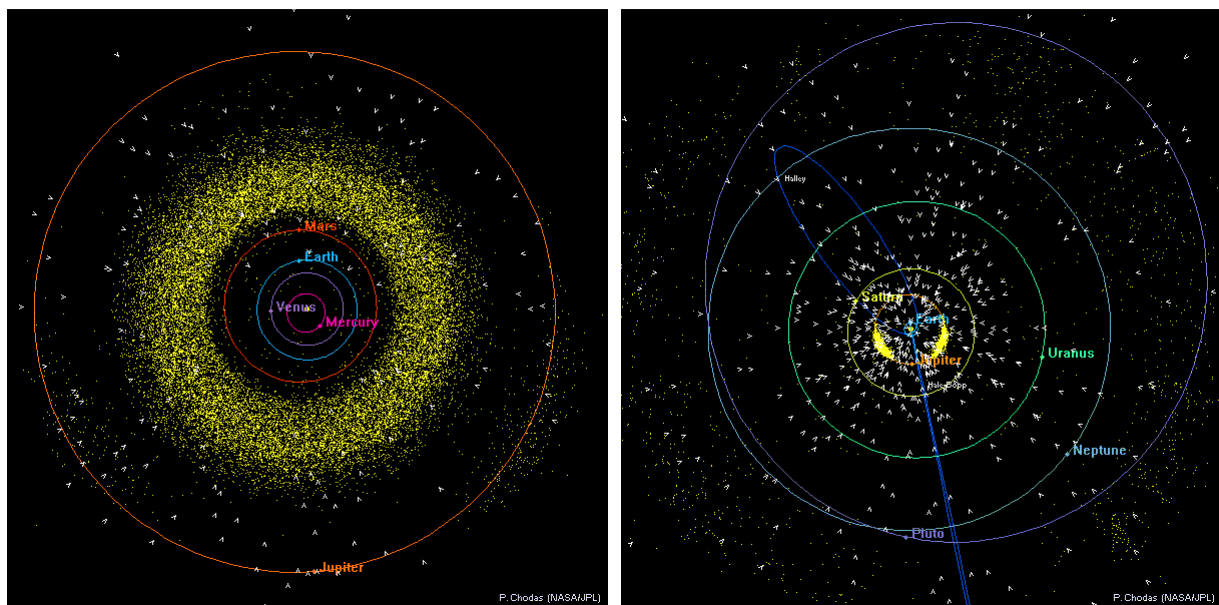


El sol y los planetas © NASA / JPL

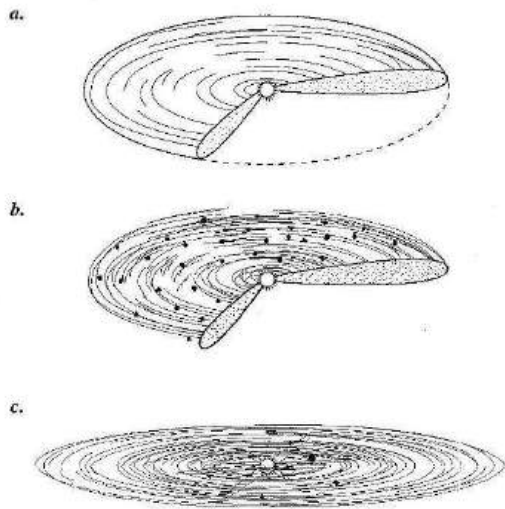
El Sistema Solar forma parte de nuestra Galaxia, donde se formó hace unos 4 500 millones de años. Aunque es inmenso, con un radio de varias decenas de miles de millones de km, es sin embargo solo un pequeño punto en la Galaxia. Ésta se compone de 200 mil millones de estrellas que forman un gigantesco disco de 50 000 años-luz de radio. El sistema solar se encuentra a unos 32 000 años-luz de su centro, y da una vuelta alrededor del centro de la Galaxia en 240 millones de años, a la velocidad de 200 km / s.

Los planetas del Sistema Solar son todos diferentes. Comenzando desde el Sol, primero encontramos **cuatro planetas pequeños**: Mercurio, Venus, Tierra (con la Luna) y Marte (con dos satélites pequeños). Estos planetas son **rocosos** y tienen una **baja gravedad** y una **atmósfera muy delgada**: 100 km de espesor para la Tierra, 150 km para Venus, y sólo 50 km para Marte. Luego tienes que ir a más allá de 5 unidades astronómicas para encontrar los **cuatro planetas grandes**: Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. Son **bolas gaseosas** enormes y muy **densas**, todas acompañadas por **numerosos satélites**, así como un **anillo** en los tres primeros. La composición química de su atmósfera líquida es idéntica, con hidrógeno (H₂) y helio (He) en las mismas proporciones que el Sol. Se supone que hay un núcleo rocoso en el centro de cada planeta. Los satélites son muy diferentes, algunos cubiertos con capas de hielo, otros tienen volcanes activos como Io, uno de los satélites de Júpiter, otros con una atmósfera como Titán, el mayor satélite de Saturno.

El Sistema Solar se compone igualmente de **planetas enanos**, como Plutón y su satélite Caronte, Quaoar, Sedna etc., miles de cometas, decenas de miles de asteroides y meteoritos. Las órbitas de los planetas alrededor del Sol están cerca de un plano que está inclinado solo 7 ° respecto del ecuador solar. Todos los planetas realizan su revolución en la misma dirección que la rotación del Sol, en órbitas casi circulares.



El Sistema Solar el 1 de enero de 2008. Los nombres de los planetas se dan en inglés; observamos el cinturón de asteroides entre Marte y Júpiter. Las flechas pequeñas corresponden a la posición de los cometas. © NASA / JPL



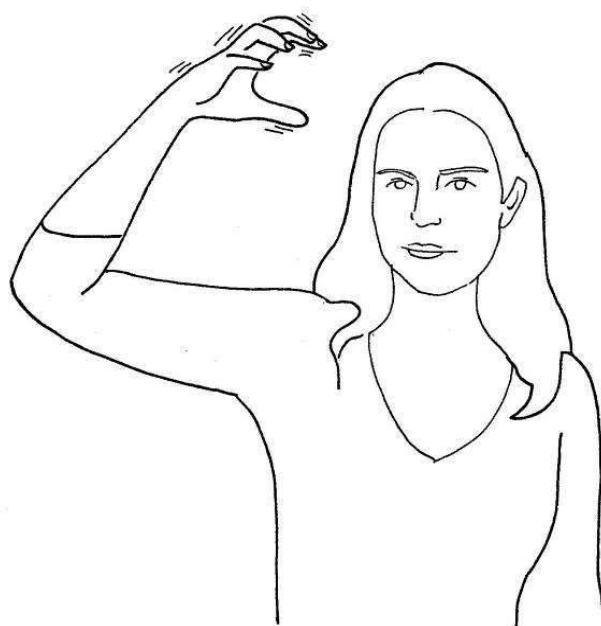
Formación de planetas, (a) disco de gas y polvo, (b) planetesimal y polvo, (c) planetas. © DP/ Encyc.Universalis

La formación del sistema solar

El Sol y los planetas nacieron al mismo tiempo, a partir de un disco de gas (a) que giraba sobre sí mismo, dentro del cual condensaron burbujas de gas; cada burbuja se mezcló con polvo para formar una planetesimal que tenía aproximadamente 100 km de diámetro (b). Al chocar estos planetesimales se aglomeran con el tiempo para formar objetos cada vez más masivos, llegando en última instancia a los planetas Mercurio, Venus, Tierra y Marte, y a los núcleos de los planetas gaseosos, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno (c). Este patrón de formación sería el mismo por todo el espacio y muchas estrellas estarían rodeadas de planetas. Como la mayoría de los exoplanetas descubiertos desde 1995 se ubican a unas pocas decenas de años-luz del Sol, el estudio de su formación y evolución verificará la validez de este modelo.

Sol

El Sol se representa por una mano que reproduce la forma de un objeto esférico, colocado en lo alto y animado por pequeñas oscilaciones que simbolizan la luz y el calor que emite.



Palabras y frases asociadas: Año-luz - Estrella - Galaxia - Gigante roja - Magnitud absoluta - Magnitud visual - Mercurio - Enana blanca - Reacción nuclear - Sistema Solar - Tipo espectral - Unidad Astronómica.

El Sol siempre ha ocupado un lugar muy importante en diferentes civilizaciones. En la antigüedad se consideraba un dios: *Rapara* los egipcios, *Belenos* para los galos, *Apolo* para los griegos, *Pachacamac* para los indios de América del Sur, *Rha* para los polinesios. El rey Luis XIV es el Rey Sol, mientras que la tradición japonesa hace descender a la familia imperial de *Amaterasu*, la diosa del Sol. Los trabajos sobre la evolución de la Tierra han demostrado que sin el Sol, los seres vivos no podrían haber aparecido en su superficie.

El Sol es la estrella más cercana a la Tierra.

Distancia: se encuentra a una distancia promedio de 149 597 870 km de la Tierra, es decir, una unidad astronómica.

Diámetro promedio: 1 392 000 km.

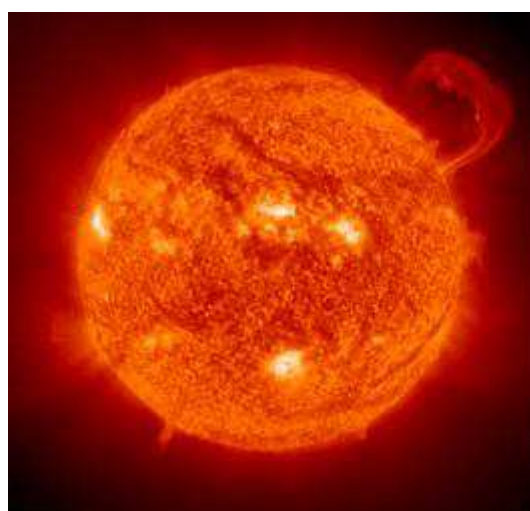
Inclinación: su eje está ligeramente inclinado en un ángulo de $7^\circ 15'$.

Rotación: el Sol está hecho de gas, el ecuador gira más rápido que los polos. La rotación promedio es de 27 días y 7 horas.

Magnitud: visto desde la Tierra, el Sol es extraordinariamente brillante: su magnitud visual es -26.73 , mientras que su magnitud absoluta es 5.3 .

Temperatura: la temperatura superficial promedio es de $5\ 800^\circ\text{C}$; en el centro alcanza los quince millones de grados. El Sol es una estrella enana de tipo espectral G2, de ahí su color amarillo.

Masa: 2×10^{30} kg (2 seguido de ¡treinta ceros!).



El Sol y sus erupciones © NASA / JPL

El Sol es una de los 200 mil millones de estrellas que pueblan nuestra galaxia. Se encuentra a unos 30 000 años-luz de su centro y a 50 años-luz de su plano. Completa una revolución alrededor del centro de la galaxia en 240 millones de años, a una velocidad de 220 km / s.

Atmósfera: el Sol está compuesto de aproximadamente un 75% de hidrógeno y un 25% de helio. También hay trazas de todo tipo de elementos: hierro, magnesio, azufre, carbono, etc. El Sol ha brillado desde su formación, hace 4 600 millones de años, siendo su fuente de energía mantenida por el ciclo de reacciones nucleares que se producen en sus regiones centrales. Cada segundo, varios millones de toneladas de hidrógeno se convierten en helio liberando una gran cantidad de energía que asciende a la superficie del Sol para proyectarse en forma de luz y partículas en todas las direcciones. La Tierra se beneficia de esta fuente de energía, que aporta el calor y la luz sin los cuales la vida sería imposible.



Chorros de materia en la superficie del Sol; una parte cae mientras que el resto se expulsa al espacio, aportando calor y luz. © NASA / JPL

La estructura del Sol comprende tres zonas. El **núcleo** es la región donde se producen las reacciones nucleares; tiene un radio de unos 140000 km, y la temperatura en el centro alcanza los quince millones de grados. La zona **convectiva** tiene un espesor de 490 000 km: la materia evacúa el calor hacia el exterior. Finalmente, la **fotosfera** es la superficie del Sol, siendo de unos 400 km de espesor. Es visible desde la Tierra. Está formada por células que se asemejan a enormes granos de arroz; es también donde se forman las manchas solares.



La superficie del Sol o "fotosfera". Es en esta fina capa, visible desde la Tierra, donde se forman las manchas. © NASA / JPL

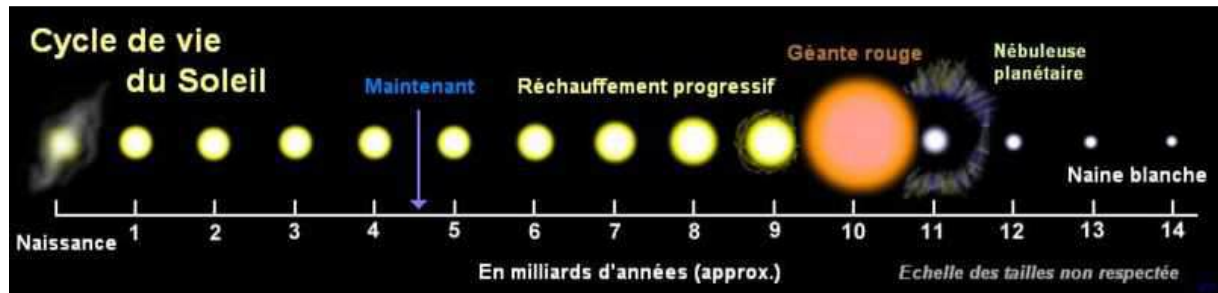


*Grupo de manchas solares.
© Observatoire de Paris*

Las **manchas solares** se han observado desde el siglo XVII. Pueden variar en tamaño de 1 500 a 80 000 km y suelen ser visibles durante varios días. Se forman a la manera de ciclones terrestres y son mantenidas por el poderoso campo magnético solar; su temperatura es de 1 500 a 2 000 grados por debajo de la que existe en otras partes de la superficie del Sol. Los astrónomos han descubierto que estas manchas son más numerosas cada once años: es el **ciclo de la actividad solar**, cuyo origen sigue siendo incierto; el próximo máximo será en 2012.

Hay muchas **erupciones** relacionadas con la actividad del Sol. Se tratase chorros de partículas de alta energía que se propagan a alta velocidad en todas las

direcciones. Cuando llegan cerca de la Tierra, son capturadas por el campo magnético de nuestro planeta y lo siguen hacia el Polo Norte, protegiéndonos así de sus efectos dañinos. De vez en cuando, logran excitar el hidrógeno del vapor de agua atmosférico, causando espléndidas **auroras boreales** que iluminan los cielos de Canadá y de otros países nórdicos.



La historia del Sol

Historia del Sol

El Sol nació con el Sistema Solar hace 4 600 millones de años, a partir de una nube de gas que se condensó aumentando gradualmente de temperatura, hasta que alcanzó los quince millones de grados en las regiones centrales, lo que permitió que se desencadenaran las reacciones nucleares. Hasta hoy, y durante otros cuatro mil millones de años, el Sol no ha dejado de transformar su hidrógeno en helio: cada segundo, gasta la energía equivalente a 9×10^{16} toneladas de dinamita (9 seguido de ¡dieciséis ceros!). Pero las reservas de hidrógeno eventualmente se acabarán, de modo que es entonces cuando el helio se quemará y se convertirá en otros elementos, carbono, nitrógeno y oxígeno. Estas reacciones aumentarán la temperatura del núcleo y el Sol comenzará a expandirse: se convertirá en una gigante roja que alcanzará las órbitas de Mercurio, Venus y la Tierra. Estos planetas serán destruidos. Alrededor de 250 millones de años más tarde, el Sol colapsará lentamente sobre sí mismo al expulsar sus capas superiores, convirtiéndose en una enana blanca de unos pocos cientos de kilómetros de diámetro. Mientras tanto, las generaciones futuras tendrán que encontrar un nuevo planeta de acogida.

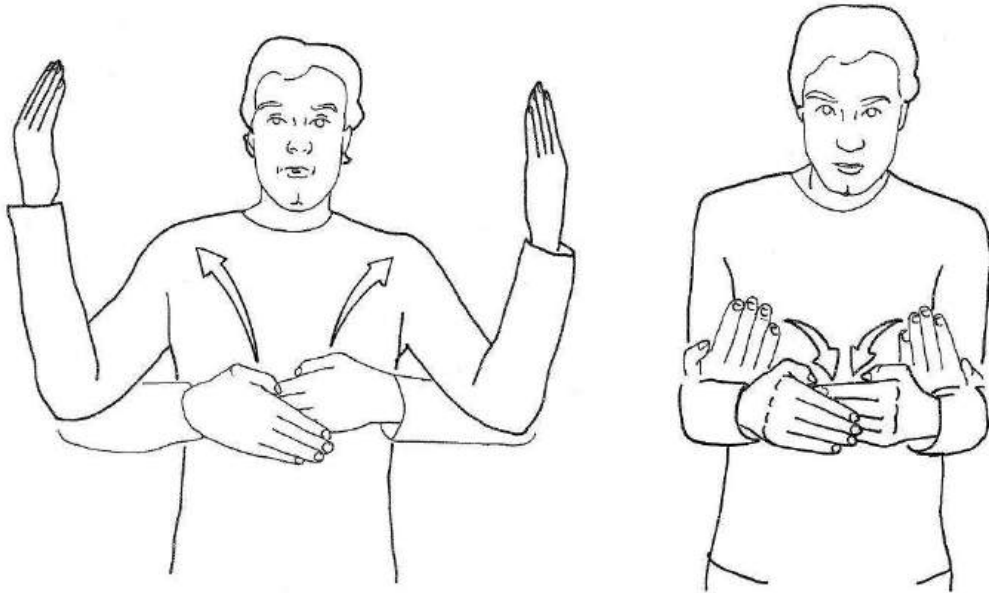
Sin el Sol, la vida no podría haberse desarrollado en la Tierra. Sin embargo, **su radiación puede presentar peligros reales:**

- Nunca se debe observar directamente, no más a simple vista que con un instrumento. Su radiación causa un daño irreversible a la retina que conduce a la ceguera.
- Durante los eclipses solares, debemos tomar muchas precauciones, usando filtros efectivos para proteger los ojos.

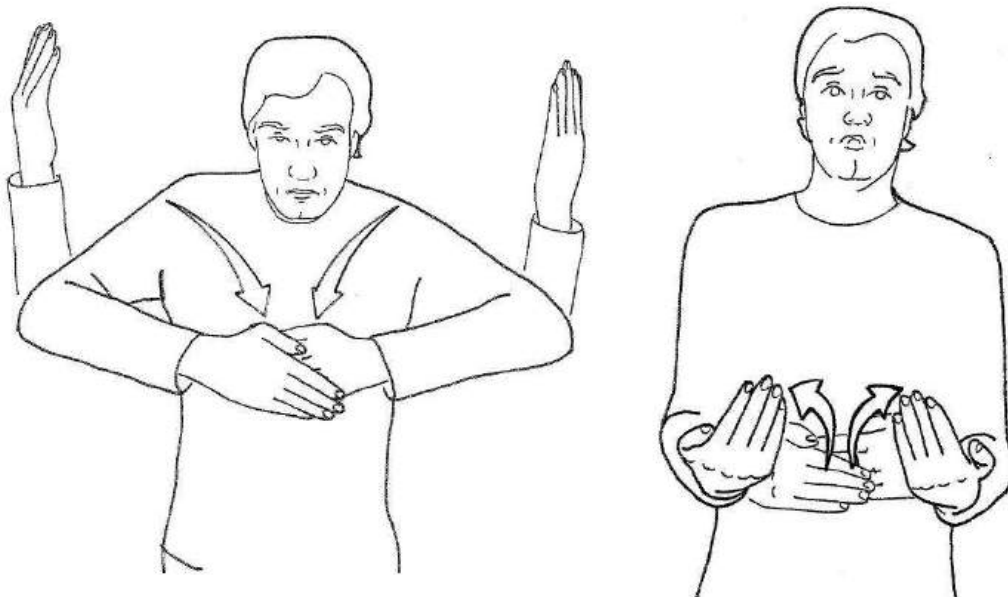
También es esencial proteger el cuerpo de los rayos del Sol, ya que pueden ser perjudiciales en determinadas condiciones, especialmente en verano; si la moda es el bronceado, algunos de sus rayos ultravioleta actúan como "golpes de Sol", aumentando el riesgo de cáncer, especialmente de piel y de mama.

Solsticio

Los signos de día y de noche están basados sobre las mismas metáforas que las expresiones en francés "el día se levanta" y "la noche cae": las manos se elevan y alejan (DÍA) o bajan y se aproximan (NOCHE). Al modular la amplitud del movimiento, producimos los signos DÍA LARGO, DÍA CORTO, NOCHE LARGA, NOCHE CORTA. La combinación de estos cuatro componentes permite representar el solsticio de verano, caracterizado por un día largo seguido de una noche corta; por el contrario, el solsticio de invierno es una noche larga seguida de un día corto.



SOLSTICIO DE VERANO: DÍA LARGO y NOCHE CORTA.

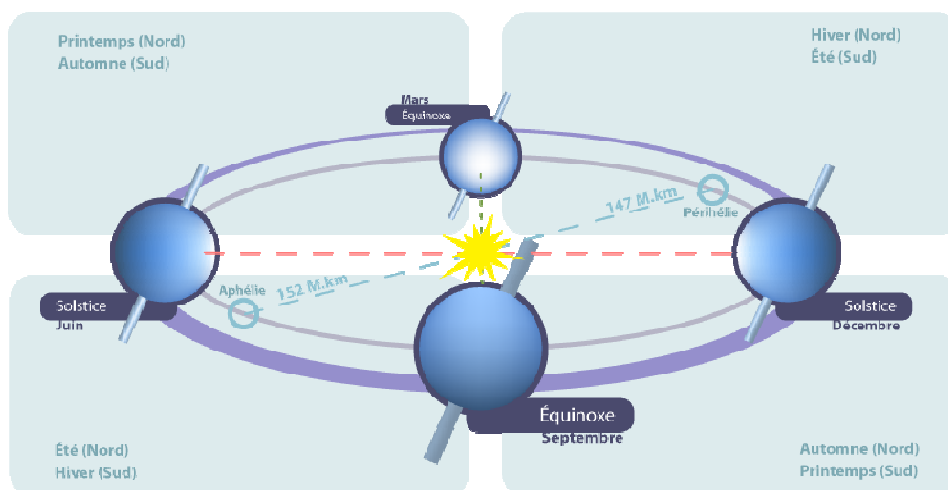


SOLSTICIO DE INVIERNO: NOCHE LARGA y DÍA CORTO

Palabras y expresiones asociadas: Equinoccio - Estación - Rotación - Revolución - Trópico de cáncer - Trópico de Capricornio.

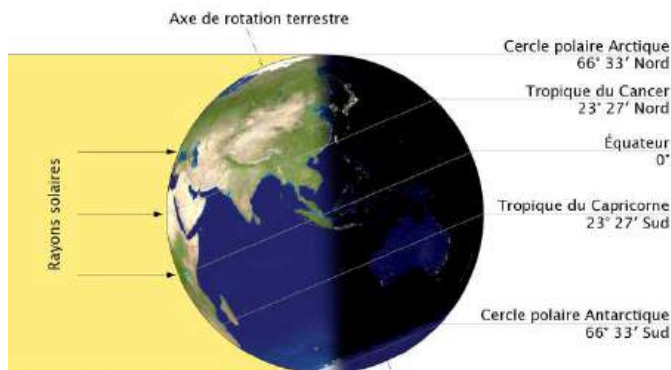


Como el eje de rotación de la Tierra está inclinado en un ángulo de $23^{\circ} 27'$, la duración del día y la noche cambia a lo largo del año en todos los puntos de la Tierra. Esta inclinación es también la causa de las cuatro **estaciones** que no existirían si el eje terrestre fuera perpendicular al plano de revolución alrededor del Sol. En Francia, el día se alarga en invierno y primavera desde finales de diciembre hasta finales de junio, y se acorta en verano y otoño desde finales de junio hasta finales de diciembre. Este efecto se invierte en el hemisferio sur. Entonces hay fechas en las que el día es más largo y la noche más corta (o lo contrario): estos son los **solsticios**. También hay fechas en las que la duración del día y la noche son iguales: estos son los equinoccios (ver esta entrada).



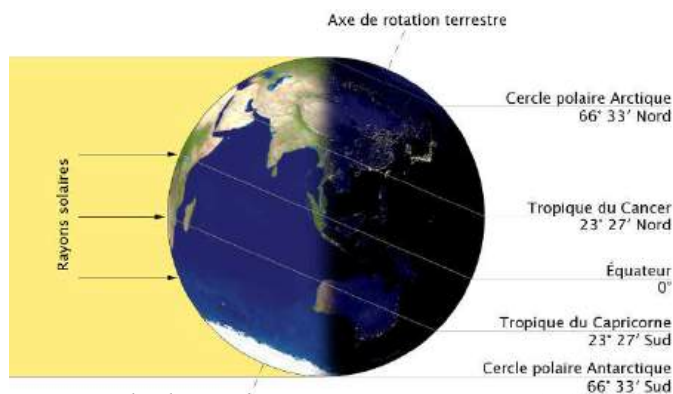
La revolución de la Tierra alrededor del sol © Nicolas Dufresne

Cada año, de acuerdo con la posición del eje de inclinación de la Tierra con respecto al Sol, éste alcanza la vertical del **Trópico de Cáncer** el 21 o 22 de junio. Seis meses después, pasa por la vertical del **Trópico de Capricornio**, el 21 o 22 de diciembre. En Francia, la fecha de junio corresponde a la transición al verano: es el **solsticio de verano**, mientras que en diciembre es el **solsticio de invierno**.



El solsticio de verano en Europa. © NASA

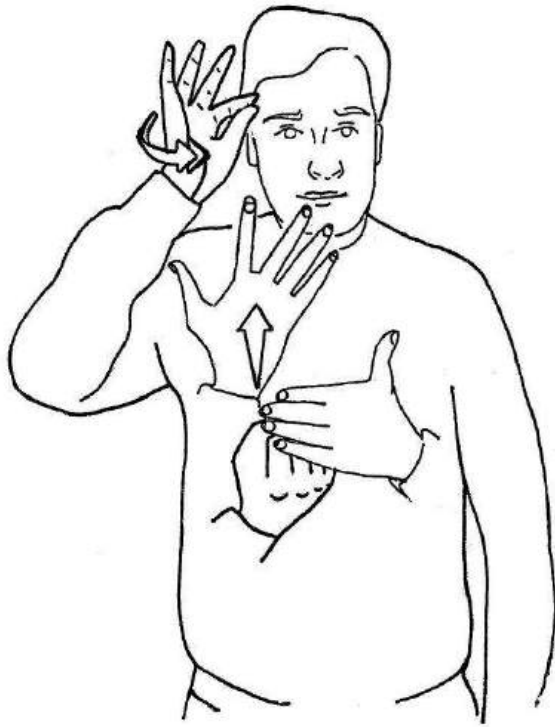
En junio, el Sol parece elevarse muy alto en el cielo; su resplandor calienta nuestra atmósfera más directamente y durante más tiempo que en invierno, cuando la brevedad del día le da poco tiempo para calentar; por el contrario, son las regiones del sur las que se benefician durante el mismo período; el equilibrio entre los dos hemisferios solo ocurre durante los equinoccios.



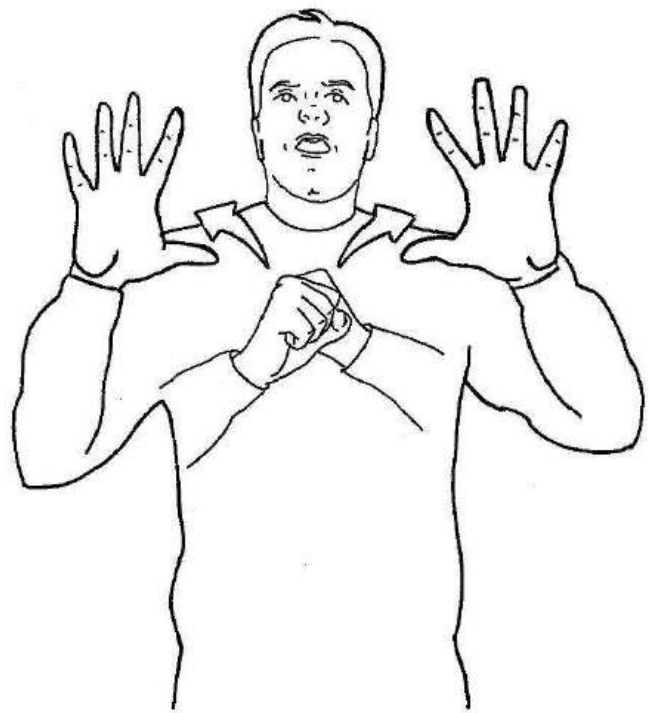
El solsticio de invierno en Europa. © NASA

Supernova

El concepto de SUPERNOVA se traduce por el signo NOVA seguido del signo EXPLOSIÓN. Una supernova se representa así en LSF como "una nueva estrella que explota". Los puños que se abren ampliamente representan una explosión seguida de la expulsión de la materia al espacio. Para la etimología de NOVA, vea la entrada correspondiente.



NOVA



EXPLOSIÓN

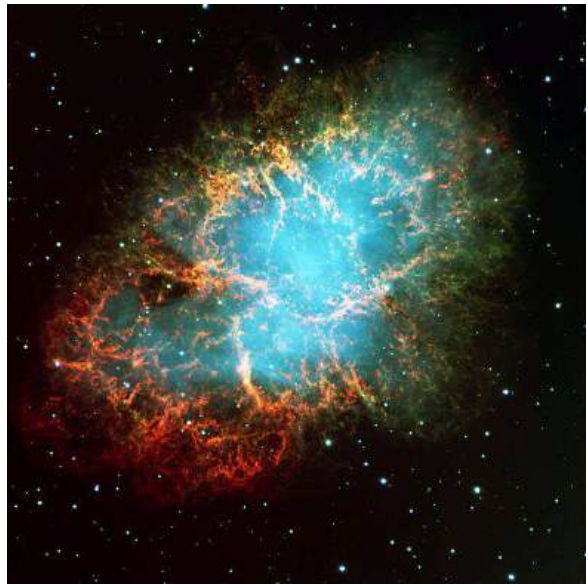
Palabras y expresiones asociadas: Año-luz - Constelación - Distancia - Dimensión - Estrella (tipo) - Estrella (evolución) - Nova - Nubes de Magallanes - Nuclear (reacciones) - Sol - Temperatura.

El final de la existencia de una estrella masiva (ver entrada *Estrella-tipo*) es espectacular. Tal estrella, cuya masa es al menos treinta veces mayor que la del Sol, se convierte en una **supernova** muy brillante que expulsa la mayor parte de su materia al espacio, mientras que el núcleo desestabilizado colapsa sobre sí mismo ¡y el material alcanza una enorme densidad de varias decenas de toneladas por centímetro cúbico!



Las reacciones nucleares que convierten el hidrógeno en helio en las regiones centrales de una estrella masiva le permiten sobrevivir casi diez millones de años luchando contra su "obesidad", evitando que colapse sobre sí misma por efecto de su propio peso. Agotada por este esfuerzo repetido, la estrella termina por "quedarse sin aliento", mientras que el helio comienza nuevas reacciones de las que nacerán nuevos elementos: berilio, carbono, oxígeno, magnesio, etc., hasta el hierro que se acumulará en el centro de la estrella al elevarse su temperatura entre cinco y diez mil millones de grados.

Este fuerte aumento de la temperatura provoca una explosión gigantesca de la estrella, mientras el material central colapsa sobre sí mismo para dar nacimiento a una **estrella de neutrones** y luego a un púlsar (ver esta entrada).



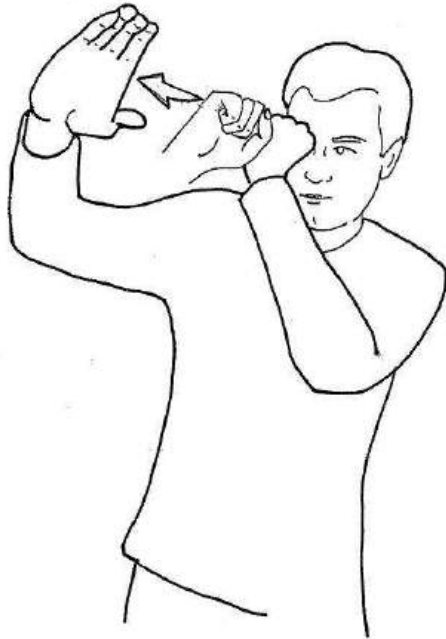
La supernova M 1 "del cangrejo", restos de una estrella que explotó en julio de 1054.

La **supernova del Cangrejo** apareció en la constelación de Tauro en julio de 1054 antes de desaparecer en mayo de 1056; fue visible a plena luz del día, a pesar de que se hallaba a una distancia de 6 520 años-luz; actualmente ha alcanzado un diámetro de 7,5 años-luz. Se han observado otras supernovas, destacando en 1572 una en la constelación de Casiopea y en 1604 otra en la constelación de Ofiuco. Más recientemente, en 1987, apareció una supernova en la Gran Nube de Magallanes, a 168 000 años-luz de distancia de la Tierra; fue visible a simple vista.

La energía y la radiación liberadas por una supernova son tales que toda la vida que se encuentre a unos pocos cientos de años-luz desaparecerá. Afortunadamente para nosotros, ninguna estrella masiva está cerca de la Tierra. Como el brillo de las supernovas aumenta considerablemente durante la explosión, los astrónomos pueden observarlas incluso en galaxias extremadamente distantes.

Telescopio

El telescopio se representa por el signo ANTEOJOASTRONÓMICO que muestra un instrumento óptico dirigido hacia el cielo, seguido por el signo ESPEJO que especifica la naturaleza del instrumento. La adición del signo SATÉLITE designa telescopios en órbita alrededor de la Tierra, como el Telescopio Espacial.



TELESCOPIO

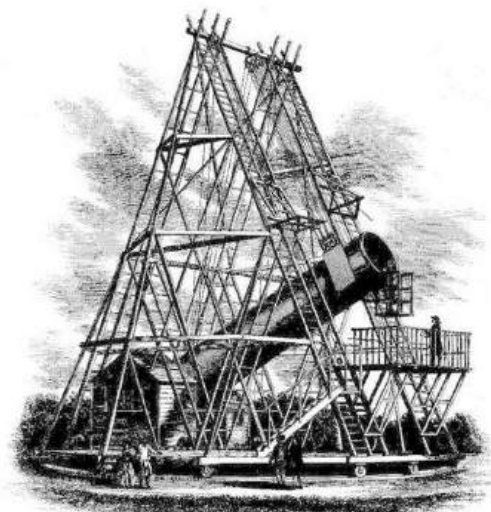


ESPEJO

Palabras y expresiones asociadas: Diámetro - Telescopio astronómico - Montura azimutal - Montura ecuatorial - Satélite.

La palabra **telescopio** viene del griego *ver lejos*. Designa un instrumento para realizar observaciones en astronomía. Fue inventado después del antejo astronómico, reemplazando la lente del objetivo por un espejo cóncavo. Es idéntico a la pequeña lupa utilizada en los baños para ver mejor los detalles del cuerpo.

A *Isaac Newton* (1642-1727) a menudo se le atribuye el haber inventado el telescopio. De hecho, éste es más antiguo, y fue resultado de la investigación de diferentes ópticos. El espejo cóncavo concentra los rayos de una fuente celeste en un punto llamado **foco**, como lo hace una lupa, y luego se analizan con todo tipo de instrumentos, cámaras, espectrógrafos, etc. Los espejos de los telescopios han ido creciendo constantemente con el transcurso del tiempo, pasando en tres siglos desde tener unos pocos centímetros de diámetro hasta más de ocho metros. También utilizamos conjuntos de

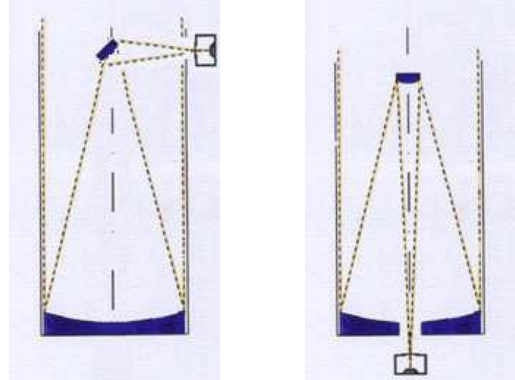


Uno de los telescopios construidos por William Herschel (1738-1822). © DP

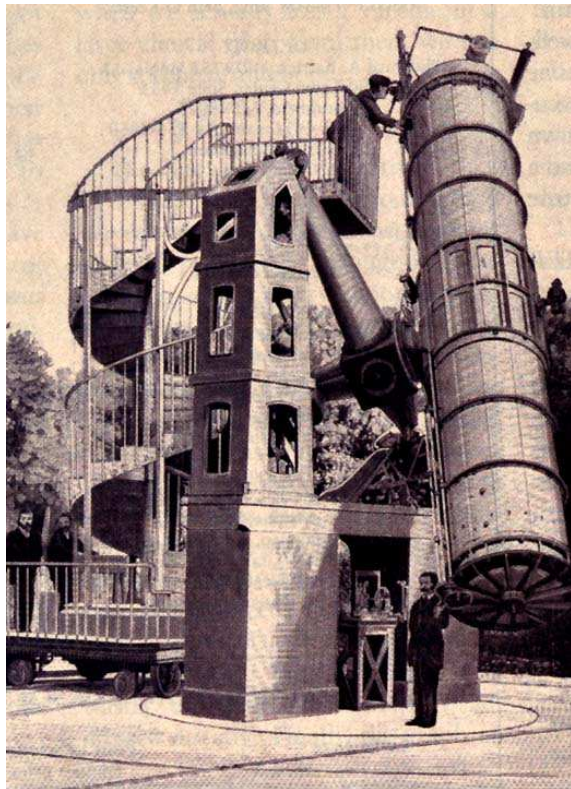
espejos colocados uno al lado del otro para construir instrumentos cada vez más grandes y potentes. Los telescopios generalmente se designan según el diámetro de su espejo principal.

Los telescopios tienen diferentes sistemas ópticos, siendo los más comunes el sistema **newton**, que se usa a menudo para instrumentos comerciales, y el sistema **cassegrain** que equipa muchos telescopios grandes. Este último también usa otras combinaciones ópticas.

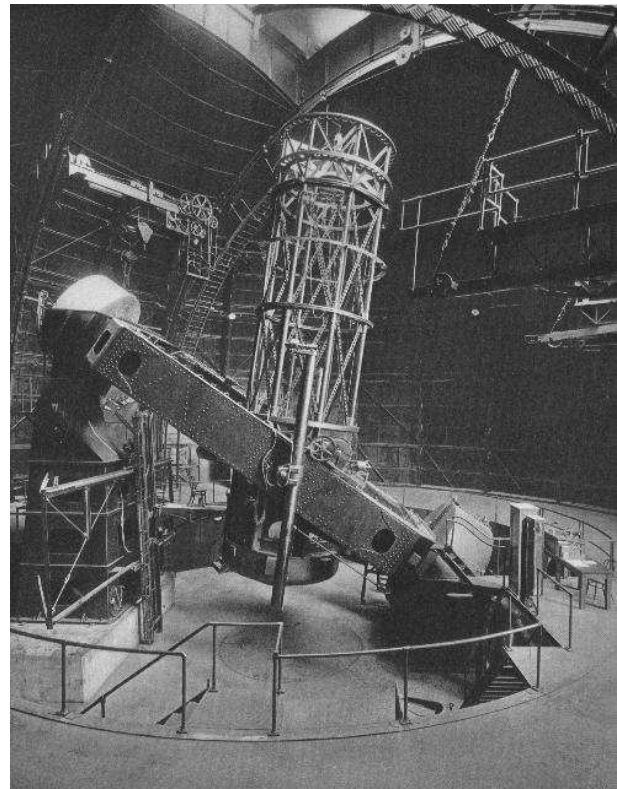
Combinación óptica de tipo newton. Observamos desde un lado del instrumento (Izquierda). Combinación óptica tipo cassegrain. Observamos desde detrás del espejo principal (derecha). Observatoire de Paris



Los telescopios están montados sobre dos ejes principales que les permiten apuntar en todas las direcciones del cielo y compensar el movimiento de rotación de la Tierra por medio de motores (no son las estrellas y las galaxias las que se mueven en el cielo, sino la Tierra que gira). Estos ejes inclinados se llaman **montura ecuatorial** (ver entrada *Anteojo astronómico*). Con sus dos ejes, vertical y horizontal, que llevan el nombre de **montura azimutal**, los grandes telescopios modernos compensan el movimiento de la Tierra



El antiguo telescopio de 1,20 m del Observatorio de París. © Obs. París



El telescopio de 2,50 m en el Observatorio Mount Wilson (California).



El telescopio de 3,60 m de ESO en Chile. Observe el eje inclinado de la montura ecuatorial alrededor del cual gira el instrumento. © ESO

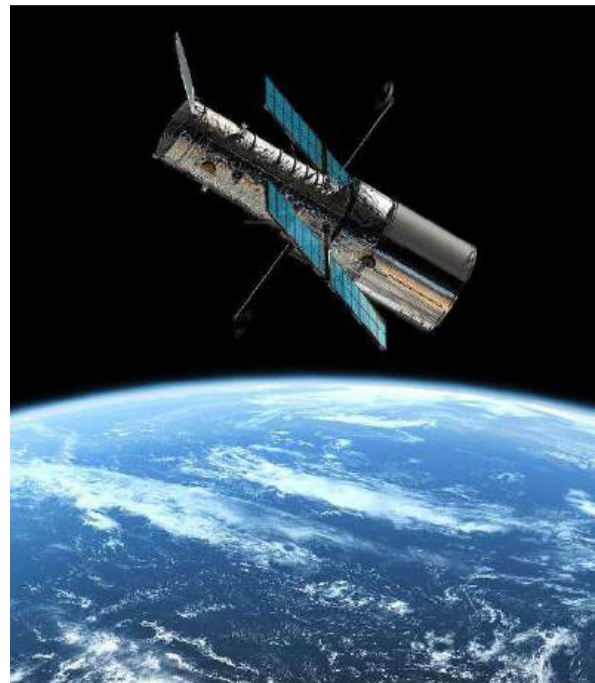


El telescopio de 3,50 m NTT de ESO en Chile sobre su montura azimutal. © ESO.

Además de los telescopios terrestres, también hay telescopios colocados en órbita alrededor de la Tierra, como el *Telescopio Espacial Hubble* con su espejo de 2,40 m. Sin sufrir alteraciones climáticas, pueden observar continuamente.



Uno de los cuatro telescopios del Very Large Telescope de ESO en Chile con su espejo de 8,20 m de diámetro que pesa 42 toneladas. © ESO

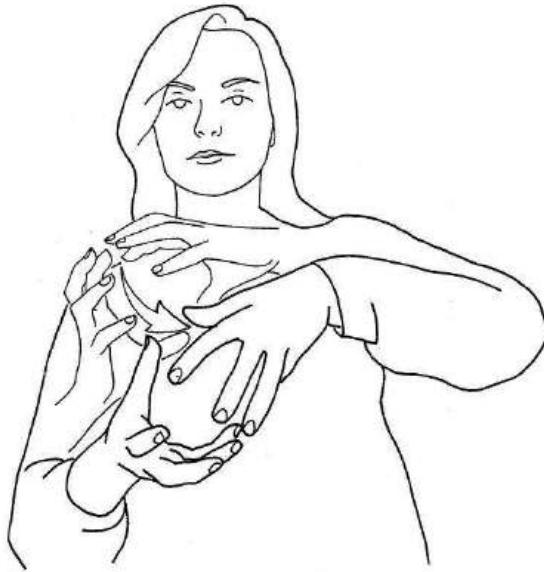


El Telescopio Espacial Hubble orbitando la Tierra. © NASA / HST

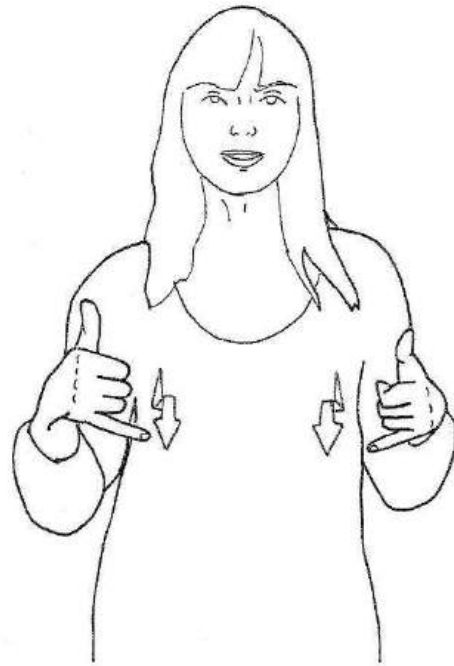


Tierra

La Tierra se representa por el signo PLANETA, ambas manos muestran un objeto esférico que gira sobre sí mismo mientras se mueve por el espacio, seguido del signo AQUÍ. Este segundo componente señalaba anteriormente al suelo con los índices para mostrar el lugar donde uno se encuentra; hoy toma la forma de la letra I manual, inicial de la palabra aquí (en francés, ICI).



PLANETA



AQUÍ

Palabras y expresiones asociadas: Efecto invernadero - Planeta - Sol - Sistema Solar - Unidad astronómica - Vida - Volcán.

La Tierra es el tercer planeta del Sistema Solar. Actualmente es el único planeta conocido que está habitado por formas de vida, pertenecientes a millones de especies diferentes. También es un planeta directamente amenazado por la actividad de los hombres, por un agotamiento de los recursos naturales, una contaminación desenfrenada, una reducción de las áreas forestales que transforman el dióxido de carbono (CO_2) en oxígeno (O_2). A largo plazo, el aumento de CO_2 en la atmósfera causará un calentamiento global por efecto invernadero y una multitud de desequilibrios ecológicos. La relación entre el hombre y la Tierra demuestra cómo el equilibrio de un planeta puede debilitarse rápidamente a causa de los organismos vivos que pueblan su superficie. **La Tierra es frágil, debe de ser protegida.**



Distancia: La Tierra se encuentra a una distancia promedio de 149 597 871 km del Sol. Esta distancia ha sido adoptada para definir la unidad astronómica.

Diámetro: el diámetro ecuatorial es de 12 756 km y el diámetro en los polos es de 12 714 km: la Tierra está ligeramente achatada por los polos.

Inclinación: su eje está inclinado $23^{\circ} 27'$.

Rotación: la Tierra gira sobre sí misma en 23 h 56 min y 4 s.

Órbita: la Tierra completa un giro alrededor del Sol en 365,25 días.

Temperatura: la temperatura de la Tierra muestra grandes diferencias entre las distintas regiones y según las estaciones. Las temperaturas más extremas que se han medido son -90°C y $+60^{\circ}\text{C}$.

Atmósfera: consiste principalmente en nitrógeno (N_2) en un 78%, oxígeno (O_2) en un 21%, argón (Ar) en un 1% y vapor de agua (H_2O) entre el 0 y el 7%. Gracias a esta composición química, la energía proveniente del Sol en forma de luz favorece la "fotosíntesis", permitiendo el desarrollo de la vegetación mediante la transformación del dióxido de carbono (o anhídrido carbónico, CO_2) en oxígeno (O_2).



La Tierra vista desde el espacio © NASA / JPL



El sistema Tierra-Luna a escala. © Wikipedia / GNU

La historia de la tierra

La Tierra nació hace unos 4 600 millones de años junto con los otros planetas (ver entrada *Sistema Solar*). Durante su evolución, pasó por varios períodos importantes.

El **Hadeano** es el primer período, completado hace 3800 millones de años. La corteza terrestre se espesó mientras se formaba una atmósfera rica en agua y nitrógeno como resultado de la desgasificación de las rocas. La temperatura y la presión eran altas. Los océanos se formaron con vapor de agua cuando la temperatura disminuyó; la atmósfera era rica en dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4). Estos dos gases favorecieron el metabolismo de los primeros organismos vivos.

El **Eón Arcaico** sucedió al Hadeano y finalizó hace 2500 millones de años. Durante este período, aparecieron las primeras formaciones rocosas, unidas en un solo continente. La vida se desarrolló en forma de organismos multicelulares (**eucariotas**) que se encuentran en el origen de las plantas, hongos y especies animales.

El **Proterozoico** terminó hace 543 millones de años. Vio la transformación de eucariotas en cuerpos con esqueleto. La atmósfera de la Tierra estaba enriquecida con oxígeno. Las placas continentales crecieron hasta alcanzar la masa continental actual.

El **Paleozoico** (también llamado Era Primaria) finalizó hace 250 millones de años. Durante este período, el continente único comenzó a fragmentarse en ocho pedazos. La vida evolucionó en forma de invertebrados y vertebrados. El final del Paleozoico se caracterizó por el Pérmico (hace 295-250 millones de años), un período durante el cual se produjo una extinción masiva de especies debido a fenómenos geológicos importantes, que pudieron estar

relacionados con el movimiento de los continentes.

El **Mesozoico** (Era Secundaria) sucedió al Paleozoico y terminó hace 65 millones de años. Grandes grupos de animales proliferaron, como los dinosaurios, los mamíferos y las aves. El mesozoico terminó con una nueva extinción masiva de especies, probablemente debido a una violenta colisión de la Tierra con un asteroide.

El período contemporáneo, el **Cenozoico** (eras Terciaria y Cuaternaria), se caracterizó por la renovación y diversificación de las especies vivas, peces, mamíferos, insectos, etc. El último enlace que conecta el Cenozoico con el presente comenzó con nuestro ancestro homínido distante, aparecido probablemente hace unos 3500 millones de años.

Terremotos y volcanes

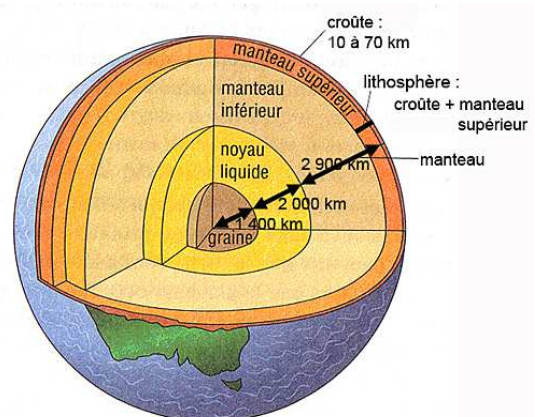
El lento desplazamiento de las placas tectónicas unas respecto de otras causa fenómenos violentos: se trata de los **terremotos**, cuyas consecuencias a menudo son catastróficas. Algunos países o regiones donde se encuentran las placas son particularmente vulnerables, como Japón o California.

El subsuelo de la Tierra está extremadamente caliente: la temperatura aumenta aproximadamente 1°C cada 30 metros de profundidad. A 600 km bajo tierra, la temperatura ya es de 1500°C ; a 3000 km, alcanza los 5000°C , y en su centro es de aproximadamente 6000°C . Los materiales que componen el manto están fundidos, en estado de lava, y aprovechan las grietas de la corteza para escapar a través de chimeneas: son los **volcanes** que expulsan tanto esta lava como numerosas cantidades de gas y de polvo. Los volcanes se encuentran ubicados principalmente en las regiones donde se encuentran las placas tectónicas.

Campo magnético

Como la temperatura del centro de la Tierra es de aproximadamente 6000°C , el níquel (Ni) y el hierro (Fe) que lo constituyen están en estado líquido; crean alrededor del planeta un campo magnético que actualmente comienza en el Polo Norte para llegar al Polo Sur. Se observa fácilmente con una brújula. Este campo magnético es importante porque nos protege de las partículas expulsadas por el Sol durante sus erupciones (ver la entrada *Sol*). Las muestras tomadas en hielo marino han demostrado que este campo magnético cambia con el tiempo en intensidad y dirección. Hace 800 000 años, se invirtió, llevando el Polo Sur al Polo Norte.

La Tierra está dividida en tres partes. La **corteza** es la parte más delgada: tiene un promedio de 50 km de espesor en los continentes y 10 km bajo los océanos. A continuación, está el **manto** que tiene un espesor de aproximadamente 2900 km. Recubre el **núcleo** cuyo espesor es de 3400 km. La corteza y parte del manto forman la **litosfera**, dividida en placas tectónicas que se desplazan muy lentamente. Hay siete placas: África, Antártida, Australia, Asia-Europa, América del Norte, América del Sur y Océano Pacífico.



Estructura interna de la Tierra © Seeds of Science 1, The Apple Tree 1999



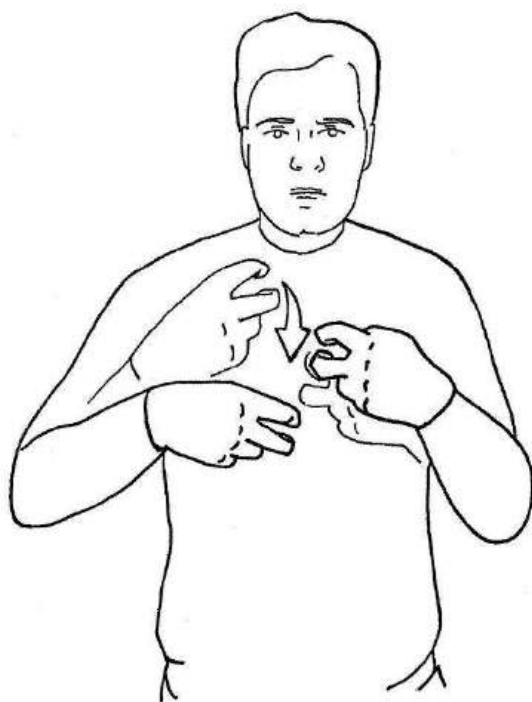
"Usted esta ahí". La Tierra, un pequeño punto en el cielo del planeta Marte al atardecer. © NASA / JPL

Desde Marte u otro lugar, la Tierra es solo un pequeño punto en el espacio donde viven seis mil millones de seres humanos. ¿Estamos solos en el Universo? Estamos a punto de obtener las primeras imágenes que muestran **planetas extrasolares** con las dimensiones de la Tierra. El siguiente paso permitirá detectar actividad biológica. Finalmente, en un futuro razonablemente próximo, podremos obtener imágenes lo suficientemente precisas para ver los detalles de los planetas distantes, para saber finalmente si la vida existe o no en otro lugar (ver la entrada *Vida*). La vida apareció en la Tierra hace cientos de millones de años. El deseo más inmediato que se puede formular es que finalmente tomemos conciencia de esta herencia terrenal, para no destruir demasiado pronto la prueba de que la vida ha aparecido al menos una vez en el Universo.

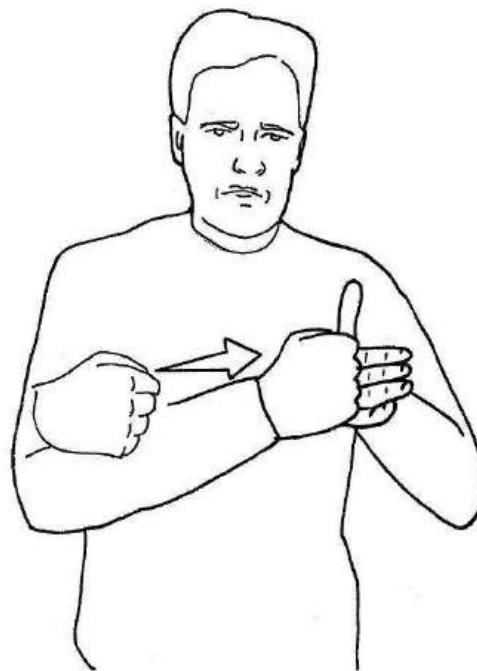


Transneptunianos (objetos)

Los objetos transneptunianos se encuentran más allá de Neptuno, el planeta más lejano del Sistema Solar. Se representan con el signo PIEDRA seguido del signo AL FINAL. El signo ROCA deriva de DURA, una mano en forma de doble gancho golpea el dorso de la otra mano como para poner a prueba su dureza; luego evolucionó por simetría, y ambas manos toman la misma forma.



PIEDRA



AL FINAL

Palabras y frases asociadas: Astrónomo - Neptuno - Planeta - Plutón - Revolución - Sol - Sistema Solar - Unidad Astronómica.

Después del descubrimiento de Plutón en 1930, los astrónomos se preguntaron si podrían existir planetas aún más distantes. No fue hasta 1992 que se pudo observar, a través de los grandes telescopios, un primer objeto que recibió el nombre de 1992QB1 (entonces llamado Radha). Posteriormente, se detectaron varios más: Orcus, Ixion, Varuna, Quaoar, Sedna, etc. Para distinguir los principales planetas (de Mercurio a Neptuno), deberíamos llamarlos aquí "planetas enanos", a pesar de que no son considerados por los astrónomos como verdaderos planetas. La siguiente tabla muestra las características de diez de estos **planetas enanos transneptunianos**, tan distantes del Sol que éste, visto desde uno de ellos, sólo aparecerá como una estrella entre los demás. Estos pequeños planetas rocosos están sumergidos en una noche permanente; debido a la temperatura extremadamente baja, por debajo de -230°C , puede haber hielo en su superficie.



Distancia al Sol (en millones de km)	Nombre	Diámetro (en km)	Duración de la órbita (en años)	Fecha de descubrimiento
5 901	47171-TC36	550	248	1999
5 910	Ixion	759	248	2001
5 920	Orcus	1 600	248	2004
6 231	24835-SM55	702	269	1995
6 451	Varuna	1 060	283	2000
6 472	19308-TO66	600	284	1996
6 489	Quaoar	1 250	286	2002
6 893	Caos	347	313	1998
10 123	Eris	2 600	557	2005
75 000	Sedna	1 450	11 374	2003

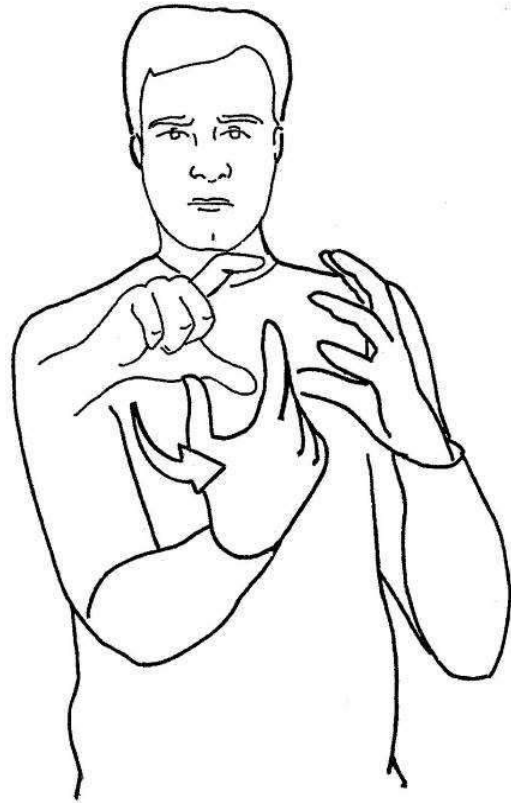
Sedna tiene una órbita muy excéntrica, su distancia al Sol varía desde 11 a 140 mil millones de km. ¡Es el planeta enano más distante actualmente conocido, completando una revolución alrededor del Sol en más de 11 000 años! El pequeño planeta 47171-TC36 tiene un satélite, así como Eris, cuyo satélite ha sido llamado Disnomia; este último tiene un diámetro de 350 km y completa una órbita a 30 000 km de Eris en unos 14 días. La mayoría de estos planetas más pequeños pertenecen al Cinturón de Kuiper, que se encuentra más allá de Neptuno, en una región situada a entre 30 y 50 unidades astronómicas. Recibe su nombre por el astrónomo estadounidense Gerard Kuiper (1905-1973), cuyos trabajos habrían ayudado a predecir la existencia de pequeños objetos más allá de Neptuno.



Comparación de algunos planetas enanos transneptunianos y la Tierra. © NASA

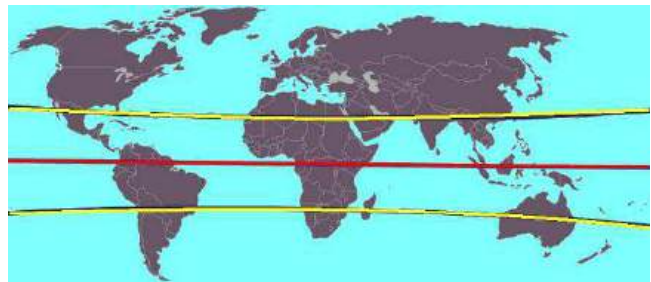
Trópico

El signo TRÓPICOS se realiza con una mano formando una media luna pequeña que dibuja simultáneamente dos líneas imaginarias alrededor de la Tierra, representada por la otra mano. El índice dibuja el Trópico de Cáncer, el pulgar dibuja el trópico de Capricornio.



Palabras asociadas: Ecuador - Equinoccio - Sol
- Solsticio - Tierra - Cénit.

El **Trópico de Cáncer** y el **Trópico de Capricornio** son dos círculos paralelos al ecuador. El primero está ubicado a $23,5^\circ$ al norte del ecuador, y el segundo a $23,5^\circ$ al sur. En la zona comprendida entre estos dos círculos, uno puede ver durante el año el Sol pasar por encima, lo cual es imposible si uno se encuentra al norte del Trópico de Cáncer (por ejemplo, París) o al sur del Trópico de Capricornio.



Los dos círculos tropicales (en amarillo) a cada lado del ecuador (en rojo). En la parte superior, el Trópico de Cáncer, abajo, el Trópico de Capricornio.

Cuando el Sol está en el cénit del Trópico de Cáncer, es el **solsticio de verano** en el hemisferio norte y el **solsticio de invierno** en el hemisferio sur. Entre estos dos extremos, el Sol pasa dos veces por la vertical del ecuador: esto corresponde al equinoccio de primavera y al equinoccio de otoño. Este fenómeno está relacionado con la inclinación del eje de la Tierra.

Unidad astronómica

La unidad astronómica (UA) está designada en LSF por las letras U y A del alfabeto manual (ver entrada *Alfabeto*). Durante una conferencia en LSF, es necesario definir primero qué es la unidad astronómica.

Palabras y expresiones asociadas: Estrella - Júpiter - Marte - Mercurio - Neptuno - Planeta - Saturno - Sol - Sistema extrasolar - Sistema Solar - Tierra - Urano - Venus.

La **unidad astronómica** (UA) es la distancia promedio entre la Tierra y el Sol, con mucha precisión:

$$1 \text{ UA} = 149\,597\,870,691 \text{ km}$$

Esta distancia a menudo se redondea a 150 millones de km. Esta unidad es conveniente para expresar las distancias de los planetas en el Sistema Solar, así como en los **sistemas extrasolares** (planetas que giran alrededor de otras estrellas). Las distancias de los planetas al Sol son las siguientes:

Mercurio: 0,39 AU; Venus: 0,72 AU; Tierra: 1 UA; Marte: 1,52 AU; Júpiter: 5,21 AU; Saturno: 9,52 AU; Urano: 19,16 UA; Neptuno: 30,11 AU.



Universo (expansión)

La expansión del Universo se representa con el signo UNIVERSO (ver entrada *Universo-historia*) seguido del signo DILATACIÓN que muestra un objeto esférico que aumenta de volumen.

Palabras y expresiones

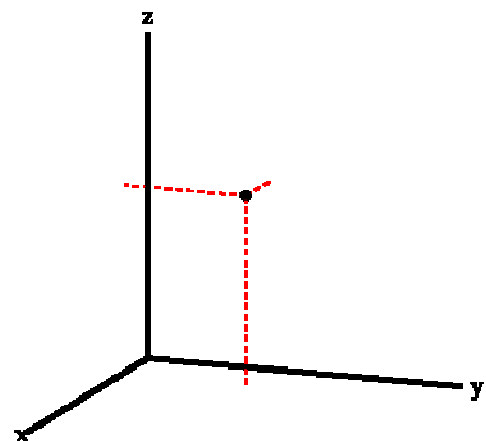
asociadas: Año-luz - Elemento químico - Efecto Doppler - Estrella - Fuerza (gravitación) - Galaxia - Planeta - Línea espectral - Espectro - Espectroscopia - Telescopio.



EXPANSIÓN

La estructura del Universo es un **espacio-tiempo**. Los planetas, las estrellas y las galaxias evolucionan en un espacio de **cuatro dimensiones**. Una línea recta se define por una dimensión x , un plano por dos dimensiones x, y , un espacio por tres dimensiones x, y, z . A estas tres dimensiones se agrega el tiempo t que define el espacio-tiempo del Universo: (x, y, z, t) .

Estamos inmersos diariamente en el espacio-tiempo: una cita en un edificio sólo es posible si se conocen las coordenadas del edificio (x = longitud, y = latitud), el piso del lugar de encuentro (z = altitud) y la hora de la cita (t = tiempo). Esta estructura de tres dimensiones del espacio y una dimensión del tiempo permite describir la evolución del Universo desde su origen, hace 13700 millones de años.

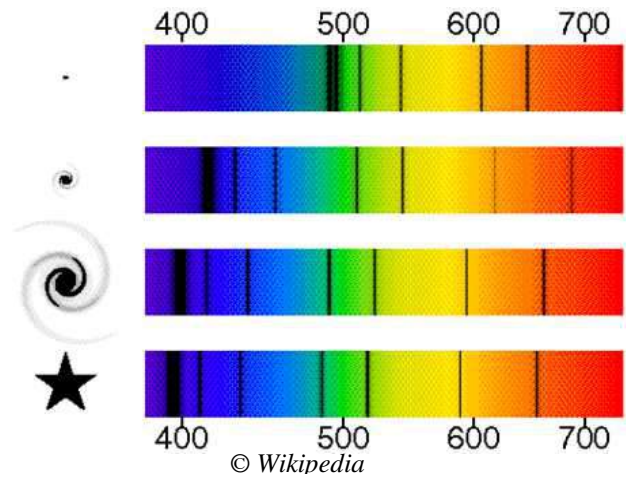


Ubicando un punto en un espacio tridimensional.

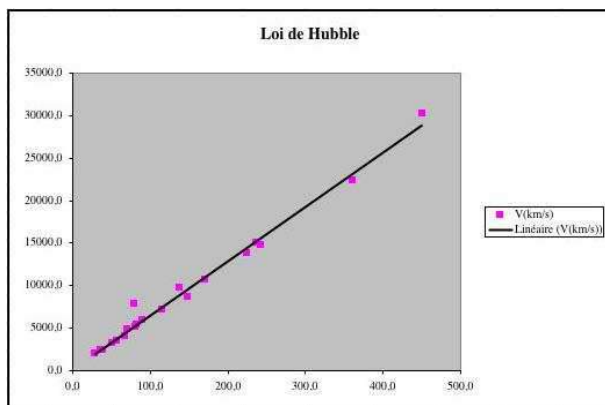
En 1929, el astrónomo *Edwin Hubble* (1889-1953) obtuvo en un telescopio los primeros espectros de las galaxias y constató que las líneas espectrales de los diversos elementos químicos contenidos en las estrellas y en el gas de la galaxia están desplazados hacia longitudes de onda más largas debido al efecto Doppler-Fizeau (ver entrada *Espectroscopia*).



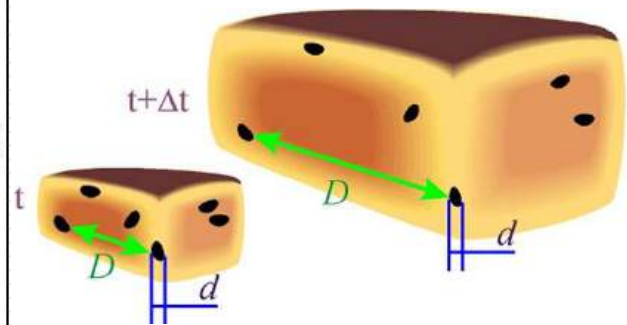
El análisis espectroscópico de estrellas, galaxias, cuásares, etc., muestra que las líneas espectrales están desplazadas. Abajo, una estrella muestra un conjunto de líneas entre longitudes de onda de 400 y 700 nanómetros. Una galaxia que se aleja (arriba) tiene sus líneas desplazadas hacia las longitudes de onda largas (hacia el dominio rojo del espectro o **redshift** en inglés). Este desplazamiento aumenta a medida que las galaxias están más y más distantes.



Hubble concluyó que las galaxias se alejan unas de otras, como les ocurre por ejemplo a las pasas de un soufflé que la cocinera mete en el horno: cuanto más se hincha el pastel, más se alejan las pasas unas de otras. Se demuestra así que cuanto más distantes están las galaxias de nosotros, mayor es su velocidad de recesión: es la **ley de Hubble**. Esta relación demuestra que el espacio aumenta de volumen: así, por el juego entre el espacio y el tiempo, **el Universo se está expandiendo**.



La ley de Hubble establece que la distancia a las galaxias (eje horizontal en millones de años-luz) está relacionada con su velocidad de recesión (eje vertical en km/s). © Observatoire de Paris

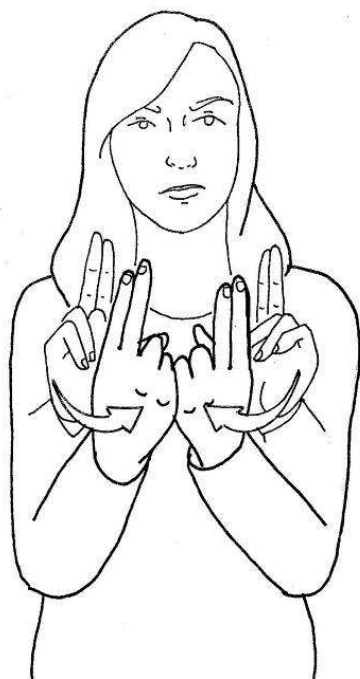


Como un soufflé que se hincha en un horno y aumenta la distancia entre las pasas, la expansión del Universo aumenta la distancia entre las galaxias durante un intervalo de tiempo Δt (delta t).

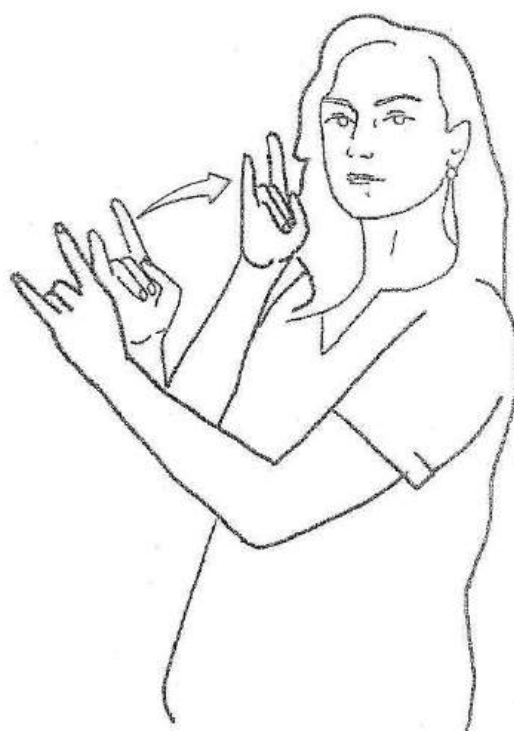
Esta expansión del Universo, que fue considerada durante mucho tiempo una "teoría", es ahora ampliamente aceptada, sobre todo después de que otros descubrimientos, como la radiación cósmica de fondo en 3K (véase la entrada *Universo - radiación*) y la abundancia inicial los elementos ligeros (los núcleos de helio) han venido a apoyar el modelo cosmológico resultante del Big Bang (ver la entrada *Universo-historia*). En esta expansión, sin embargo, hay efectos particulares relacionados localmente con la fuerza de la gravitación; así es como nuestra Galaxia y el Grupo Local (ver esta entrada) se desvían del movimiento general de expansión bajo la acción gravitatoria de enormes súper cúmulos de las galaxias situados en dirección a la constelación de Centauro. Esta es la razón por la cual los astrónomos se preguntan sobre el futuro del Universo: ¿continuará esta expansión indefinidamente o bien bajo el efecto de la fuerza gravitatoria que atrae a los cuerpos dejará el Universo de expandirse y comenzará una fase de recesión? Actualmente la pregunta aún no tiene una respuesta. La investigación llevada a cabo desde el comienzo del siglo XXI con grandes telescopios, sin embargo, parece indicar que la expansión del Universo se estaría acelerando.

Universo (historia)

El Universo se representa con las dos manos en U manual, la inicial de la palabra *Universo*, que dibuja los contornos de un objeto esférico. Para la etimología del signo HISTORIA, ver la entrada *Astronomía-historia*.



UNIVERSO

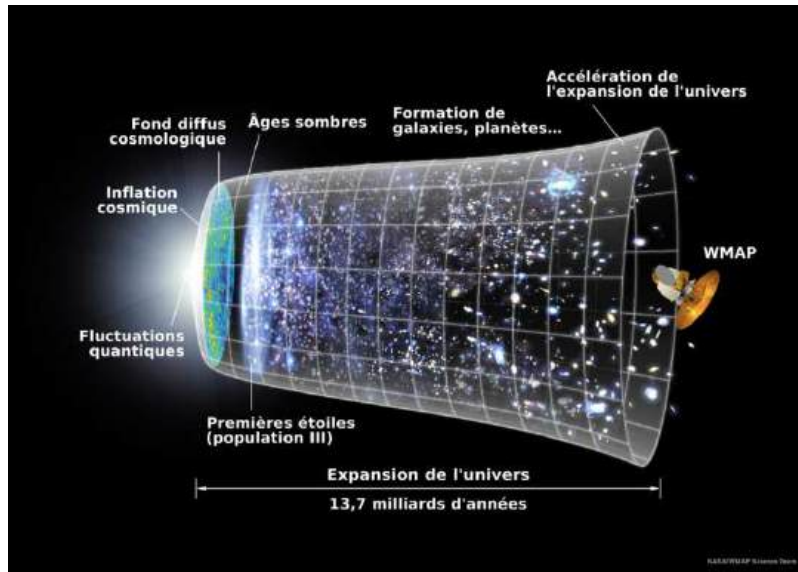


HISTORIA

Palabras y expresiones asociadas: Cúmulo (galaxias) - Astrónomo - Átomo - Big Bang - Kelvin - Electrón - Estrella (evolución) - Fuerza - Galaxia - Neutrón - Fotón - Protón - Relatividad - Súper cúmulo (galaxias) - Universo (expansión) - Universo (radiación).

Desde la antigüedad hasta el siglo XVIII, los hombres pensaban que el Universo que nos rodea es infinito y eterno, y a menudo se asociaba con lo divino por razones teológicas derivadas de las grandes religiones reveladas. Para que los astrónomos y filósofos considerasen un "principio" del Universo, fue necesario tener en cuenta los trabajos de *Albert Einstein* (1879-1955) sobre la relatividad y el descubrimiento de la expansión del Universo, la radiación cósmica de fondo en 3K y la abundancia inicial de elementos para comprender que el Universo nació de una especie de explosión llamada Big Bang (ver esta entrada) ocurrida hace 13 700 millones de años. Progresivamente los astrónomos lograron juntar las piezas del rompecabezas, lo que permitió reconstruir poco a poco la **historia del Universo**.





La historia del Universo desde el Big Bang. © NASA / WMAP

Bajo las condiciones extremas del Big Bang, la física del Universo solo puede describirse a través de las llamadas teorías de Gran Unificación, donde las cuatro fuerzas de la naturaleza se unen en una sola fuerza. El Universo primordial es un espacio diminuto lleno de fotones y quarks, siendo estos últimos los constituyentes elementales de los neutrones y protones. Muy rápidamente, la fuerza de la gravitación se separó de las otras fuerzas, precipitando al Universo a una fase de rápida expansión llamada **inflación**. El Universo era entonces una sopa hirviente de electrones, positrones (electrones con carga positiva), protones, neutrones, fotones, etc. Inmediatamente después del Big Bang, la temperatura era de 10^{27} grados (1 seguido de 27 ceros). Un segundo después, solo tenía diez mil millones de grados (1 seguido de 10 ceros). La fuerza electromagnética y la fuerza nuclear débil también se disociaron. Las partículas evolucionaron bajo el efecto de las reacciones nucleares. Después de los primeros tres minutos, el Universo se enfrió a una temperatura de mil millones de grados.

Durante los siguientes cien mil años, todo el Universo estuvo bañado por la radiación del Big Bang. La fusión de protones y electrones dio origen a neutrones, permitiendo que emergiesen los primeros núcleos atómicos: deuterio, helio y litio. El Universo continuó expandiéndose y enfriándose. Si el Universo primordial era "opaco" por las partículas que lo llenaban, la situación cambia gradualmente cuando la temperatura disminuye después de unos



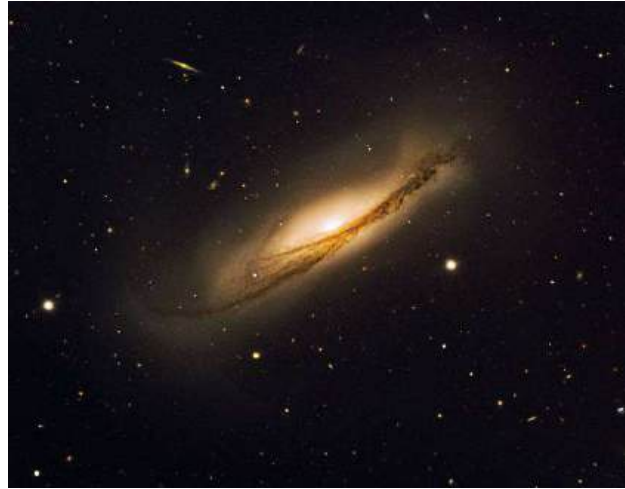
Un campo de galaxias distantes varios miles de millones de años-luz. © NASA / HST.

pocos cientos de miles de años. Los fotones que constituyen la luz comienzan a dispersarse libremente: el Universo se vuelve transparente. Es necesario esperar varios millones de años para que la materia se organice en forma de galaxias

y cúmulos de galaxias.

La química propiamente dicha nace solo cuando la temperatura llega a menos de diez mil grados, lo que permite la formación de los átomos de hidrógeno, helio y litio.

Los átomos se juntan progresivamente para formar concentraciones de materia, siendo éste el origen de los cúmulos y súper cúmulos de galaxias. Estas estructuras, muy grandes, ocupan alrededor del 10% del Universo y están aisladas por regiones vacías de materia luminosa. Dentro de las galaxias individuales, las estrellas nacen, evolucionan y mueren, enriqueciendo el medio interestelar con elementos químicos (ver la entrada de *Estrella-evolución*). Lo que vemos hoy en día es el resultado de la expansión y el enfriamiento del Universo, en el que las fronteras no cesan de crecer, mientras la temperatura descendió gradualmente hasta tres grados Kelvin (ver entrada *Universo-radiación*).



Una galaxia en un grupo: NGC 3190. © ESO.

Si el pasado del Universo es accesible a través de la observación y el análisis, los astrónomos aún no pueden predecir su futuro con certeza. En particular, no saben si la expansión continuará o si, bajo el efecto de la fuerza gravitatoria, se detendrá. En esta segunda hipótesis, el Universo entraría en recesión y comenzaría a colapsar sobre sí mismo. Las observaciones más recientes (2008) parecen por el momento ir en la dirección de la primera hipótesis, la de un Universo cuya velocidad de expansión aumentaría.

Universo (radiación de fondo)

El concepto de la radiación de fondo del Universo a tres grados Kelvin se traduce por los signos RADIACIÓN y TRES, seguidos de la letra manual K. Si el contexto lo requiere, se pueden anteponer al signo de UNIVERSO (ver la entrada *Universo -historia*).

El signo RADIACIÓN es el signo comúnmente traducido por *poderoso*, pero realizado aquí con una amplitud particular. Para su etimología, ver entrada *Cuásar*.

Palabras y frases asociadas:

Astrónomo - Big Bang - Kelvin - Galaxia - Radiotelescopio - Temperatura - Universo - Universo (expansión).



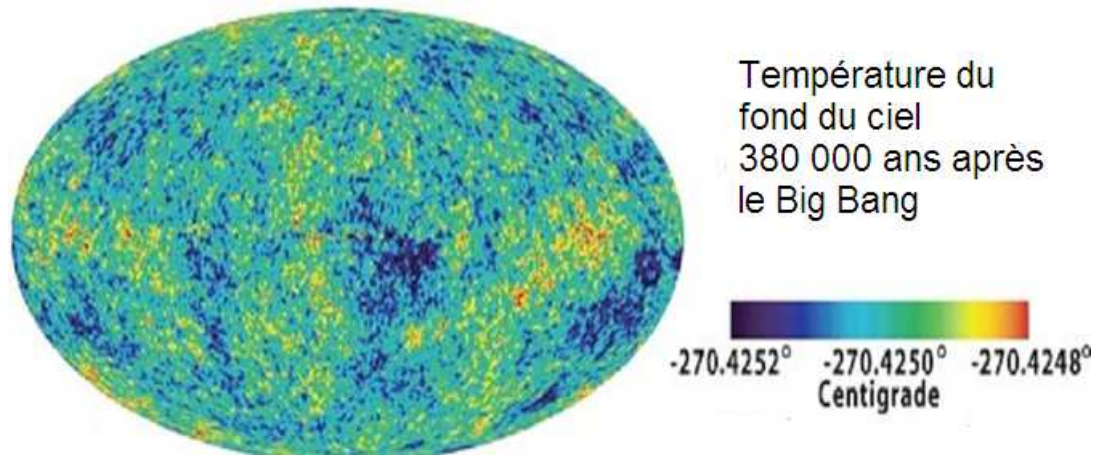
RADIACIÓN

El movimiento de huída de las galaxias no es el único fenómeno que confirma la realidad del Big Bang y la expansión del Universo. Si los astrónomos ahora tienen todas las razones para suponer que el Universo observable comenzó hace unos 13 700 millones años, es también porque se han detectado rastros de esta 'explosión inicial'. Después del extremo calor producido por el Big Bang, que se estima en una temperatura de 10^{37} K (Kelvin), el Universo se enfrió lentamente durante los mil millones de años que siguieron, pero queda un resto en forma de una radiación de fondo del cielo a 3 K.

Esta radiación de fondo fue descubierta en 1965 por *Arno Penzias* y *Robert Wilson*, usando un radiotelescopio en Nueva Jersey, a una frecuencia de 4080 MHz. Esta radiación, que proviene de las profundidades del espacio y el tiempo, es absolutamente la misma sea cual sea la dirección de la observación. Nos proporciona datos sobre el estado del Universo en su comienzo, indicando que la materia original era de constitución y temperatura perfectamente homogéneas. Esta radiación solo se ha enfriado lentamente con el paso del tiempo, conservando sus características iniciales.

Los astrónomos han confirmado este fondo cósmico de microondas con el lanzamiento de **satélite COBE** en 1990. Medida en una cincuentena de frecuencias, la temperatura de la radiación de fondo es de 2,726 Kelvin con una precisión de 0,01%.





Mapa de la radiación de fondo del cielo obtenida por el satélite COBE en 1990. © NASA



Urano

El signo URANO se deriva del signo PLANETA (ver entrada *Tierra*): las manos imitan la forma de un objeto esférico que gira sobre sí mismo mientras se mueve en el espacio. En el caso de Urano, el movimiento de las muñecas está en la misma dirección que el movimiento hacia adelante, de acuerdo con una de las características de este planeta.



Palabras y expresiones

asociadas: Astrónomo - Planeta - Satélite - Saturno - Sol - Sistema Solar - Telescopio - Tierra - Velocidad.

El planeta Urano fue descubierto por el astrónomo inglés, de origen alemán, *William Herschel* (1738-1822) el 13 de marzo de 1781 con un pequeño telescopio que él mismo había construido. Urano se observa fácilmente con un par de binoculares.

Distancia: Urano está a 2 880 000 000 km del Sol.

Diámetro: 51 000 km; Urano es mucho más grande que la Tierra.

Masa: su masa es solo 14,58 veces mayor que la de la Tierra.

Inclinación: el eje de Urano está inclinado 98 °: el planeta "rueda" sobre sí mismo casi en la dirección de su trayectoria alrededor del Sol (como una bola de petanca rodando por el suelo).

Rotación: un día en Urano dura solo 10 h 42 min.

Órbita: 84 años y 7 días.

Temperatura: -205 ° C.

Atmósfera: tiene 7 500 km de espesor y consiste esencialmente de 83% de hidrógeno (H₂), 15% de helio (He), metano (CH₄) y amoníaco (NH₃). Se han detectado nubes a gran altura y vientos de hasta 100 km/h.



Urano y sus anillos observados con el Very Large Telescope. © ESO

Anillos: como Saturno, Urano está rodeado por un sistema de anillos de unos pocos kilómetros de espesor; trece fueron descubiertos en 1977.

Satélites: Urano está acompañado por al menos 27 satélites, descubriéndose los más grandes de ellos en los siglos XVIII y XIX. Tienen las siguientes características:

Nombre	Diámetro (km)	Distancia al planeta (km)	Duración de la revolución	Descubrimiento
<i>Miranda</i>	200	135 000	1d 9h 56min	Kuiper (1948)
<i>Ariel</i>	900	190 000	2d 12h 29min	Lassel (1851)
<i>Umbriel</i>	700	267 000	4 a 3 horas 27 min	Lassel (1851)
<i>Titania</i>	1700	438 000	8 a 16 h 56 min	Herschel (1787)
<i>Oberón</i>	1600	586 000	13d 11h 7 mn	Herschel (1787)



Venus

El signo VENUS representa el movimiento de los vientos violentos que circunnavegan el planeta en cuatro días. La forma de las manos en tenedor está doblemente motivada: es la letra manual V, inicial de la palabra *viento*, pero también de la palabra *Venus*.



Palabras y expresiones asociadas:

Cráter - Creciente - Distancia - Luna - Meteorito - Fase - Cuarto - Sol - Satélite - Sistema Solar - Tierra - Volcán.

El planeta Venus es, después del Sol y la Luna, la estrella más brillante del cielo. Como está más próximo al Sol que a la Tierra, siempre es visible cerca del Sol, ya sea al amanecer o al atardecer. Es por eso que los astrónomos antiguos apodaron a Venus la *estrella del Pastor*, porque el pastor guarda a su rebaño y regula su día al ritmo del Sol. Debido a su brillo en el cielo, los griegos le dieron el nombre de Venus, la diosa de la belleza.

Distancia: Venus está a 108 208 900 km del Sol.

Diámetro: 12 300 km, casi igual al de la Tierra.

Masa: 0,82 veces la de la Tierra.

Inclinación: su eje de rotación está inclinado solo $3^{\circ} 23'$.

Rotación: un día en Venus es extremadamente largo, porque gira muy lentamente sobre sí mismo en 243 días, en la dirección opuesta a la Tierra.

Órbita: Venus realiza su revolución alrededor del Sol en 224 días y 17 horas; por lo tanto, le lleva un poco más de tiempo girar sobre sí mismo que girar alrededor del Sol.

Temperatura y atmósfera: la atmósfera es extremadamente espesa con una temperatura promedio de $+460^{\circ}\text{C}$. Está compuesto por 95% de dióxido de carbono (CO_2) y nitrógeno (N_2) al 4%: la alta densidad de CO_2 causa un efecto invernadero



Venus cubierto de gruesas nubes.

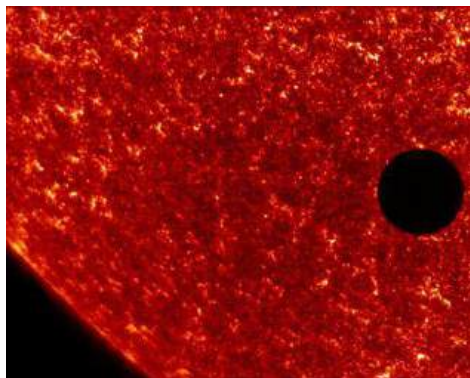
al atrapar el calor de la radiación solar, lo que explica por qué la temperatura es tan alta. **Se comprenden así los riesgos del calentamiento global por el aumento de dióxido de carbono en nuestra atmósfera; debemos proteger nuestro planeta de este peligro.**



El suelo ardiente a 460 ° C Venus.

Relieve: el relieve de Venus ha sido estudiado por las sondas espaciales; tiene muchas llanuras con colinas y algunas mesetas a entre 3 000 y 4 000 metros sobre el nivel del mar, así como volcanes, incluido el *Monte Maxwell*, que tiene una altitud de 11 800 m. Se observan antiguos flujos de lava y cráteres de meteoritos. En un mundo tan caliente, probablemente no haya vida.

Fases: Dependiendo de si Venus está iluminado desde el frente o desde el lado, exhibe fases como Mercurio y la Luna, con cuartos y crecientes (ver la entrada *Luna*). Un par de binoculares o un pequeño telescopio es suficiente para observarlo en forma de media luna, cuarto o disco. No tiene ningún satélite conocido.



Paso de Venus frente al Sol, 9 de junio de 2006. © NASA

Como Venus está más cerca del Sol que la Tierra, a veces lo vemos pasar frente al Sol en forma de una pequeña mancha negra. Este fenómeno espectacular se puede observar fácilmente **protegiendo los ojos de la luz solar**. Estos pasajes permitieron a los antiguos astrónomos determinar la distancia desde la Tierra al Sol mediante métodos geométricos de triangulación, midiendo al mismo tiempo la posición de Venus sobre el Sol, desde dos puntos de la Tierra lo más alejados posible. El próximo paso ocurrirá el 6 de junio de 2012; después será necesario esperar al año 2117.



Vía Láctea

Las manos reproducen la forma del inmenso arco que la Vía Láctea traza sobre nuestras cabezas. Los dedos separados simbolizan la multiplicidad de estrellas que lo componen.



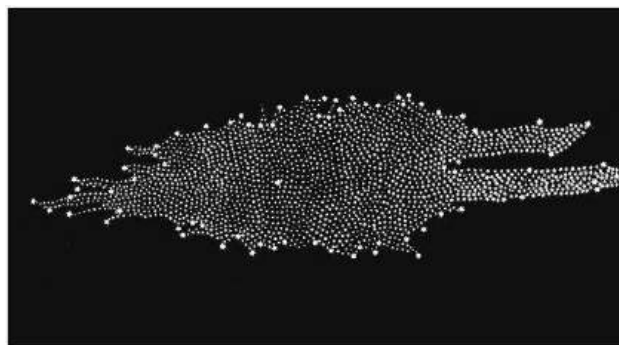
Palabras y expresiones asociadas:

Cúmulo globular - Año-luz - Astrónomo - Constelación - Estrella - Galaxia - Grupo Local - Longitud de onda - Nubes de Magallanes - Sol - Sistema Solar - Telescopio - Tierra - Agujero negro.

El Sistema Solar es parte de una vasta galaxia que en una hermosa noche de verano se puede observar desde el interior, en forma de una difusa banda ancha de estrellas en el cielo: la **Vía Láctea**. Atravesando las constelaciones de Perseo, Cefeo, Casiopea, la Vía Láctea es especialmente brillante en el Cisne, y luego se divide en dos ramas, hacia Escorpio y Cáncer. En el hemisferio sur, atraviesa Centauro, la Cruz del Sur, Vela y Carina, para subir hacia el hemisferio norte a través del Can Mayor y Orión. Es fácil ver que la Vía Láctea es irregular, más o menos ancha, más o menos brillante, pero que describe casi un gran círculo de la esfera celeste. Usando un instrumento modesto, se observan miles de estrellas en ella.

Historia

El origen del nombre de la Vía Láctea se remonta a los antiguos griegos que creyeron ver las gotas de leche que el niño Hércules arrojó del seno de Juno. En 1610, *Galileo* (1564-1642) concluyó que consistía en una miríada de estrellas. En el siglo XVIII, los astrónomos enunciaron una serie de ideas sobre su naturaleza. *Emmanuel Kant* (1724-1804) proporcionó en 1755, en *Teoría del Cielo*, una explicación de la Vía Láctea: una disposición sistemática de estrellas alrededor de un plano. En 1785, *William Herschel* (1738-1822) contó las estrellas visibles a través de su telescopio y llegó a



Estructura de la Vía Láctea después de William Herschel en 1785.



la conclusión de que había millones de estrellas más o menos equidistantes formando una capa muy delgada. Debemos esperar hasta el siglo XX para conocer tanto las dimensiones reales como sus diferentes características: **la Vía Láctea es nuestra galaxia**; también se llama **la Galaxia**, con una "G" mayúscula.



La Vía Láctea observada por el satélite infrarrojo Spitzer. © NASA

¿Cómo es nuestra galaxia?

Como la Tierra está dentro de la Galaxia, es difícil conocer su forma y estructura; del mismo modo, un caminante en el bosque no puede tener idea de su forma si no tiene un mapa. Los trabajos de los astrónomos han demostrado que nuestra Galaxia se asemeja a la galaxia M83 ubicada a quince millones de años-luz de distancia en la constelación de la Hidra. El Sol está a unos 2/3 hacia afuera en su radio. Visto desde la Tierra, el centro de la Galaxia está en la dirección de la constelación de Sagitario. Muchas medidas de telescopio ahora nos permiten representar nuestra galaxia "desde afuera" con buena precisión.



La galaxia M83. © ESO

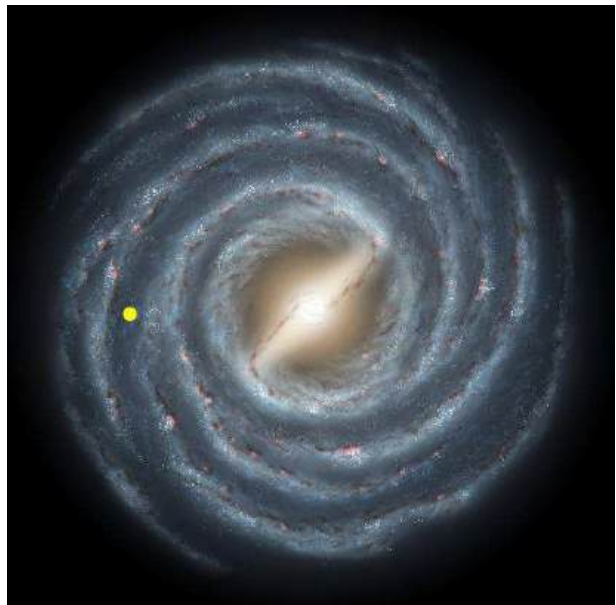


Imagen simulada de nuestra galaxia. El punto amarillo indica la ubicación del Sol. © NASA / JPL



Documento de identidad

Nuestra Galaxia es un disco plano con una estructura en espiral (ver entrada *Galaxia*).

Diámetro: 100 000 años-luz.

Espesor: 1800 años-luz.

Un gran **bulbo** rico en materia, de 19 000 años-luz de diámetro y 3 000 años-luz de espesor, ocupa las regiones centrales. El **centro** emite una fuerte radiación de rayos X además de ondas de longitud de onda infrarroja y radio. Consiste en un núcleo de 1 500 millones de kilómetros de radio solamente, que contiene un agujero negro. Cuando nos acercamos al centro, la temperatura alcanza los 10 000 grados.

Un denso disco de gas donde se forman las estrellas se encuentra a 10 000 años-luz de distancia del centro.

La **Galaxia está girando** y completa una rotación sobre sí misma en 220 millones de años, a una velocidad de aproximadamente 220 kilómetros por segundo. El Sistema Solar gira a 27 200 años-luz del centro de la Galaxia.

La Galaxia contiene alrededor de 200 mil millones de estrellas, así como también gas y polvo, distribuidos principalmente por los brazos espirales.

Los astrónomos estiman que la masa de la Galaxia es aproximadamente 600 mil millones de veces más que la del Sol. Hace diez mil millones de años, la Galaxia era una gran esfera de gas que comenzó a girar sobre sí misma, aplanándose para convertirse en el disco que vemos en la actualidad. Los brazos espirales son una consecuencia de esta rotación. De esta antigua burbuja de gas, queda un halo enorme que contiene cúmulos globulares y el gas de estrellas antiguas desaparecidas.

El centro de nuestra galaxia © ESO

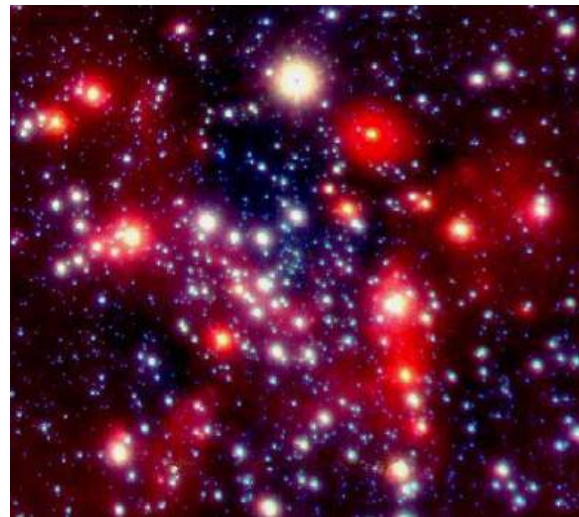


The Southern Sky Above Paranal

ESO PR Photo 46a/01 (December 21, 2000)



La Vía Láctea en el Observatorio Paranal en Chile. © ESO



Nuestra galaxia está acompañada por una docena de galaxias más pequeñas, incluyendo las dos Nubes de Magallanes que son las más brillantes (visibles a simple vista en el hemisferio sur). Forma parte del Grupo Local (ver esta entrada) que reúne a una treintena de galaxias cercanas.

Vida (en el Universo)

En el signo VIDA, registrado después de principios del siglo XIX, el ascenso de las manos sobre el pecho simboliza la savia que riega un cuerpo vivo. Las manos adoptan la forma de la letra "V", inicial de la palabra *vida*.

El concepto de exobiología (búsqueda de la vida en el Universo) se refleja en los signos sucesivos BÚSQUEDA, VIDA y UNIVERSO.

Palabras y expresiones asociadas: Año-luz - Astronomía - Astrofísica - Eclipse - Elemento químico - Estrellas - Exoplanetas - Fuerza (gravitación) - Marte - Planeta - Radiotelescopio - Satélite - Sistema Solar - Telescopio - Tierra - Universo.



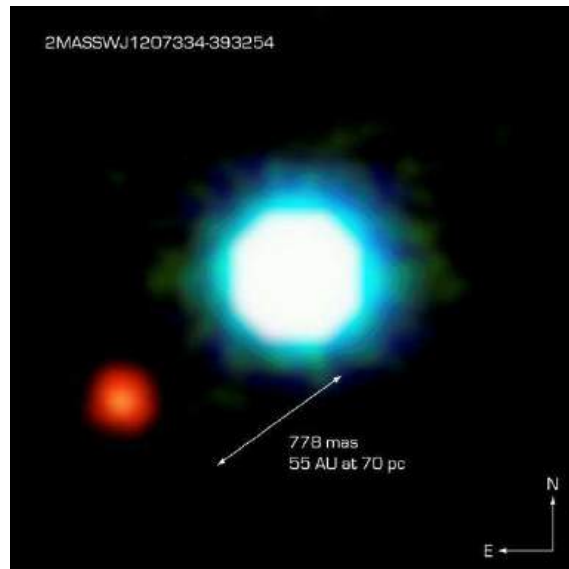
VIDA

El Universo ofrece todas las condiciones favorables para el desarrollo de la vida. Las leyes de la naturaleza permiten a las estrellas fabricar todos los elementos químicos, ensamblarse en **moléculas** y a las moléculas replicarse a través de ácidos nucleicos en **macromoléculas**, y luego en **células** y organismos vivos. Esto explica, después de 4 500 millones de años de evolución en la Tierra, la muy amplia variedad de especies vivientes. Pero dado que el Universo observable parece presentar en muchos lugares las mismas características físicas que la Tierra y su entorno, es bastante natural preguntarse si la vida existe en otra parte.

En la Tierra, los organismos viven en los fondos marinos profundos a más de 4 000 metros de profundidad, donde la presión puede alcanzar más de 1 000 veces la presión atmosférica. En estas profundidades, el ascenso de lava bajo la corteza terrestre calienta el agua a más de 70 ° C. Tales organismos pueden vivir y reproducirse con temperaturas y presiones muy altas. Los biólogos han descubierto cientos de especies desconocidas que pueden adaptarse a estas condiciones extremas.



Si la exploración del Sistema Solar deja pocas esperanzas de encontrar vida en los planetas vecinos de la Tierra (especialmente Marte), se han detectado más de 300 **exoplanetas** alrededor de las estrellas. Las observaciones se realizan desde tierra con telescopios y en el espacio con satélites. Pueden medir la pequeña oscilación de una estrella relacionada con la fuerza gravitatoria ejercida por el planeta, o el pequeño cambio en el brillo de una estrella, cuando un planeta pasa justo por delante produciendo un eclipse. Varios de estos exoplanetas tienen condiciones de temperatura favorables para permitir el desarrollo de la vida; falta detectar una atmósfera y la presencia de agua líquida en su superficie, así como los signos de una actividad biológica, como la emisión de dióxido de carbono (CO_2) o metano (CH_4).



The Brown Dwarf 2M1207 and its Planetary Companion
(VLT/NACO)

ESO PR Photo 14a/05 (30 April 2005)



El compañero planetario de la estrella 2M1207.
© ESO

Los astrónomos buscan vida en otros planetas, incluso si tienen características físicas muy diferentes de la Tierra. En el siglo XXI, la búsqueda de vida extraterrestre se ha convertido en una ciencia en sí misma, llamada **exobiología**. Esto está íntimamente relacionado no solo con la química y la biología, sino también con el progreso de la astronomía y la astrofísica. Reúne las disciplinas científicas más recientes, que se refieren tanto al estudio de los orígenes y la evolución de la vida, como a la detección de planetas alrededor de las estrellas.

Los astrónomos también intentan detectar señales artificiales de otras civilizaciones usando radiotelescopios gigantes, como el de Nançay, en el departamento de Cher; y a la inversa, han sido enviados desde la Tierra mensajes que viajan a la velocidad de la luz con los mismos instrumentos. La distancia es un gran obstáculo para posibles comunicaciones: si una civilización a 30 años-luz de distancia recibe nuestro mensaje, la información ya tendrá 30 años de antigüedad y la respuesta tardará otro tanto en llegarnos.

El programa **SETI** (*Búsqueda de Inteligencia Extraterrestre*) comenzó en 1992. Utiliza radiotelescopios para captar posibles mensajes de una civilización extraterrestre. Las frecuencias elegidas están en el dominio del UHF. Para analizar los datos obtenidos, la asociación *SETI @ home* propone a los usuarios de Internet voluntarios que simplemente utilicen el estado de reposo de sus computadoras personales, a partir de un programa de procesamiento de señales que

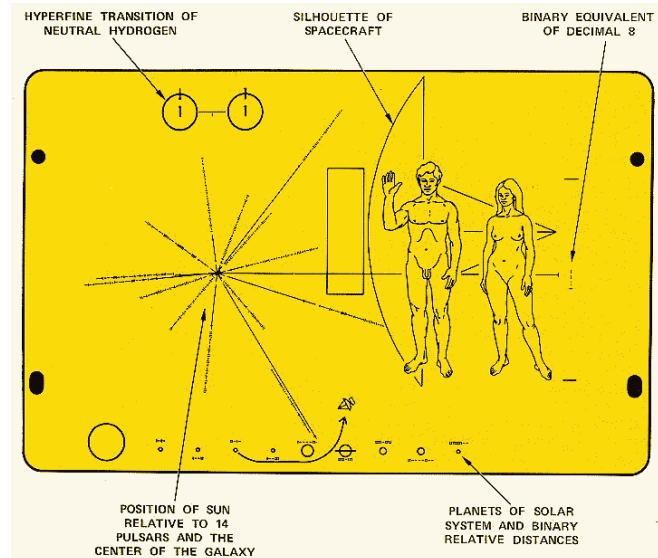
les proporcionan. Muchos millones de voluntarios en toda la Tierra están participando en este gran proyecto.



Radiotelescopios del Very Large Array en el desierto de Nuevo México. © NASA / JPL.

Por el contrario, los investigadores envían evidencias de la vida en la Tierra utilizando los mismos radiotelescopios, en forma de mensajes simples, como se hace con la radio. Del mismo modo, sondas espaciales como Pioneer 11 y 12 lanzadas desde la Tierra llevan una placa que representa a un hombre, a una mujer y la descripción del Sistema Solar para posibles civilizaciones extraterrestres.

El 20 de agosto y el 5 de septiembre de 1977, se lanzaron dos nuevas sondas espaciales llamadas Voyager. Ambas llevan un disco de video que contiene 118 fotografías de la vida en la Tierra (ciudades, naturaleza, niños, técnicas, etc.), saludos en 60 idiomas diferentes (incluida la lengua de signos), así como extractos de música (Bach, Beethoven, etc.). Estas sondas abandonaron el Sistema Solar en la década de 2000 y hoy están a más de 18 mil millones de kilómetros de la Tierra. Llegarán cerca de una estrella en 40 000 años y pueden ser capturadas por una civilización distante, si hay planetas habitados alrededor de esa estrella.



La placa de la sonda espacial Pioneer 11 y 12
© NASA / JPL



BIBLIOGRAFIA GENERAL

- Algoud Albert, *Le Tournesol illustré*, Casterman, 1994.
- Benest Daniel, *Les Planètes*, coll. « Points Sciences », Seuil, 1996.
- Bianucci Piero, *Etoile par étoile*, Bordas, 1988.
- Biraud François, Ribes Jean-Claude, *Le Dossier des civilisations extra-terrestres*, Fayard, 1970.
- Burillier Hervé, *Les Plus Belles Curiosités célestes*, Bordas, 1995.
- Collin Suzy, Stasinska Grazyna, *Les Quasars*, coll. « Science et Découverte », Le Rocher, 1987.
- Companys Monica, *Dictionnaire 1200 signes. Français-LSF*, Editions Monica Companys, 2004.
- Crovisier Jacques, Encrenaz Thérèse, *Les Comètes*, Belin / CNRS Editions, 1995.
- Danchin Antoine, *Une aurore de pierre: aux origines de la vie*, coll. « Science Ouverte », Seuil, 1990.
- Danjon André, Couder André, *Lunettes et télescopes*, Editions de la Revue d'optique théorique et instrumentale, 1935.
- Daumas Maurice (sous la direction de), *Histoire de la science*, Encyclopédie de la Pléiade, Gallimard, 1957.
- Delaporte Yves, Pelletier Armand, *Moi, Armand né sourd et muet*, coll. « Terre Humaine », Plon, 2002.
- Delaporte Yves, *Les Sourds, c'est comme ça*, coll. « Ethnologie de la France », Editions de la Maison des sciences de l'homme, 2002.
- Delaporte Yves, *Dictionnaire étymologique et historique de la langue des signes française*, Editions du Fox, 2007.
- De l'Epée Charles Michel, *La Véritable Manière d'instruire les sourds et muets*, 1784. Réédition coll. « Corpus des œuvres de philosophie en langue française », Fayard, 1984.
- Dodray Gilles, *Arpenter l'univers*, Vuibert, 2004.
- Dreyer J.L.E, *A History of Astronomy from Thales to Kepler*, Dover, 1953.
- Einstein Albert, Infeld Léopold, *L'Evolution des idées en physique*, Petite Bibliothèque Payot, 1963.
- Einstein Albert, *Œuvres choisies*, 6 vol., coll. « Sources du Savoir », Seuil.
- Ferrand abbé Jean, *Dictionnaire des sourds-muets*, collection ancienne et moderne d'otologie, 7, 1896. Réédition « Archives de la langue des signes française », Lambert-Lucas, 2008.
- Ferris Timothy, *Histoire du cosmos de l'Antiquité au Big Bang*, Hachette, 1992.
- Girod Michel (sous la direction de), *La Langue des signes. Dictionnaire bilingue LSF / français*, Editions IVT, 1997.
- Heidmann Jean, *Introduction à la cosmologie*, coll. « Sup », Presses Universitaires de France, 1973.
- Hoffleit Dorrit, *Yale Catalogue of Bright Stars*, Yale University Observatory, 1964.
- Hubble Edwin, *The Realm of the Nebulae*, Dover Publications, 1958.
- Koestler Arthur, *Les Somnambules*, Calmann Lévy, 1960.
- Labes Jean-François, *Langue des signes française. Dictionnaire technique*, Langue des Signes Editions, 2000.
- Lambert Louis Marie, *Le Langage de la physionomie et du geste mis à la portée de tous*, Lecoffre, 1865. Réédition sous le titre *La langue des signes française d'autrefois*, Comité des travaux historiques et scientifiques, 2005.
- Laustsen Svend, Madsen Claus, West Richard, *A la découverte du ciel austral*, Editions de Physique, 1989.
- Le Boeuffle André, *Atlas céleste de Flamsteed, Images et légendes du ciel étoilé*, Burillier, 1997.
- Léna Pierre, *Méthodes physiques de l'observation*, CNRS Editions, 1986.
- Levasseur-Regourd Anny, de la Cotardière Philippe, *Les Comètes et les Astéroïdes*, coll. « Points Sciences », Seuil, 1997.
- Luminet Jean-Pierre, *Les Trous noirs*, coll. « Points Sciences », Seuil, 1992.
- Masson Claudine, Masson Jean-Michel, *Copain du ciel*, Milan, 2002.

- Merleau-Ponty Jacques, *Cosmologie du XX^e siècle*, Gallimard, 1963.
- Muller Paul, *Dictionnaire de l'astronomie*, Larousse, 1966.
- Ortoli Sven, Witkowski Nicolas, *La Baignoire d'Archimède*, coll. « Science ouverte », Seuil, 1996.
- Peacock John A., *Cosmological Physics*, Cambridge University Press, 1999.
- Pecker Jean-Claude, Schatzman Evry, *Astrophysique générale*, Masson, 1959.
- Peebles Phillip James Edwin, *Principles of Physical Cosmology*, Princeton University Press, 1993.
- Proust Brigitte, *Bel et Bio*, coll. « Science ouverte », Seuil, 2009.
- Proust Dominique, Breysacher Jacques, *Les Etoiles*, coll. « Points Sciences », Seuil, 1996.
- Proust Dominique, Vanderriest Christian, *Les Galaxies et la structure de l'Univers*, coll. « Points sciences », Seuil, 1997, 2003.
- Proust Dominique, *L'Harmonie des Sphères*, coll. « Science ouverte », Seuil, 2001.
- Proust Dominique, Schneider Jean, *Où sont les autres ?* coll. « Science ouverte », Seuil, 2007.
- Reeves Hubert, *Patience dans l'azur*, coll. « Points Sciences », Seuil, 1988.
- Reeves Hubert, *L'Heure de s'enivrer*, coll. « Points Sciences », Seuil, 1992.
- Reeves Hubert, *Poussières d'étoiles*, coll. « Points Sciences », Seuil, 1994.
- Reeves Hubert, *Malicorne*, coll. « Points », Seuil, 1995.
- Reeves Hubert, Rosnay Joël de, Coppens Yves, Simonnet Dominique, *La Plus Belle Histoire du monde*, Seuil, 1996.
- Roy Jean-René, *L'Astronomie et son histoire*, Masson / Presses de l'Université du Québec, 1982.
- Sagan Carl, *Cosmos*, Mazarine, 1981.
- Sagot Robert, Texereau Jean, *Revue des constellations*, Société astronomique de France, 1963.
- Schatzman Evry (sous la direction de), *Astronomie*, Encyclopédie de la Pléiade, Gallimard, 1962.
- Silk Joseph, *Le Big Bang*, Odile Jacob, 1997.
- Taton René (sous la direction de), *La Science antique et médiévale*, Presses Universitaires de France, 1957.
- Witkowski Nicolas (sous la direction de), *Dictionnaire culturel des sciences*, Seuil / Le Regard, 2001.

