

# Mirando el cielo

Guillermo Sánchez (<http://diarium.usal.es/guillermo>)

Última actualización: 2013-05-11

## 1.0. Sobre la elaboración de este artículo.

Todos los cálculos realizados para elaborar este artículo están realizados con el programa *Mathematica*, sin embargo Ud no los verá. A veces observará que algún texto aparece en inglés esto es debido a que se muestra directamente el resultado de la salida del programa. Si está interesado en el uso de este programa en cálculos astronómicos y otros muchos campos puede visitar: <http://diarium.usal.es/guillermo/mathematica/>.

## 1.1. La época dorada de la astronomía y cosmología

La contemplación del cielo una noche estrellada, lejos de la contaminación lumínica, es uno de los espectáculos más sobrecogedores del que se puede disfrutar. No es extraño que durante milenios los seres humanos observasen el cielo y se dieran cuenta de que el Sol y la Luna siguen ciclos regulares. La mayoría de las culturas hicieron interpretaciones mitológicas o religiosas de los astros pero también los utilizaron con un sentido práctico, para el establecimiento de calendarios que sirvieron, entre otras cosas, para planificar las cosechas. Por ejemplo, los egipcios asociaban la aparición de Sirio, la estrella más brillante del hemisferio norte (ahora sabemos es un sistema binario), como preludio de la crecida del Nilo.

El advenimiento del telescopio hace poco más de 400 años (1609): el número de astros observables pasó de tres o cuatro mil astros, que se observan a simple vista, a miles de millones; la luna lejos de ser una esfera perfecta pues estaba cubierta de montañas y cráteres; las estrellas errantes (los planetas) no eran simples puntos de luz, tenían satélites y alguno hasta estaba rodeado de un anillo. Más adelante aprendimos a analizar la luz de las estrellas y a partir de ello conocer su composición. Muchos de los objetos que parecían simples manchas borrosas en el telescopio resultaron ser galaxias con miles de millones de estrellas. Se observó que las galaxias a su vez se agrupan formando cúmulos galácticos y que estos cúmulos se separan unos de los otros: el universo estaba en expansión, una expansión que se inició hace casi 14 000 millones de años en un proceso que llamamos Big Bang. Resultó que la materia ordinaria (la formada por átomos) que es la que podemos observar contiene menos del 5% de la masa Universo. El resto es materia oscura y energía oscura que realmente no sabemos lo que es. La materia oscura sabemos que existe por su efecto gravitatorio pero no hemos podido detectar las partículas que la forman (si es que está constituida por partículas como cabe suponer). Dedujimos la existencia de energía oscura (“un enigma dentro de un misterio”) por un descubrimiento asombroso (1998): El universo se está acelerando, que supuso el premio Nobel de 2011 a sus descubridores, para lo que se requiere que haya una energía que lo acelere, el origen de esta energía es un misterio. Recientemente los resultados del satélite Planck muestran ciertas anisotropías que podrían ser indicios de que el Big Bang puede ser el inicio de nuestro universo, pero puede que este no sea el único. Seríamos un universo entre los muchos (o multiverso) que han existido y existirán.

Otra área de la astronomía en plena efervescencia es la detección de planeta fuera del sistema solar (exoplanetas), hasta 1995 no se había detectado ninguno desde entonces se han observado casi mil (hasta mayo 2013), la mayoría por el satélite Kepler, y el número crece día a día, el reto es encontrar planetas similares a la Tierra en los que podamos observar señales de procesos biológicos.

En nuestro propio patio, el Sistema Solar, también es fuente de sorpresas. Hemos enviado sondas que han visitado todos los planetas. Incluso Plutón, degradado a planeta enano, será visitado en breve (julio 2015) por la sonda New Horizon tras un viaje de 10 años en los que habrá recorrido casi 5 000 000 000 km. En algunos hemos aterrizado (o amortizado, avenurizado, atitatinizado ...). Alguna de sus lunas nos resultan fascinantes (Titán, Europa, Ío, etc...) sabemos que algunas de estas lunas contienen agua líquida, que creemos imprescindible para la vida, no descartamos que puedan contener vida unicelular muy primitiva.

Todo esto está siendo posible por el advenimiento de nuevas tecnologías: Telescopios con óptica adaptativa dotados con cámaras ultrasensi-

bles, radiotelescopios que pueden penetrar en zonas desde la que no nos llega la luz visible que pueden trabajar coordinadamente convirtiendo la Tierra en un súper radiotelescopio, satélites que detecten radiación electromagnética en multitud de frecuencias ( microondas, infrarroja, rayos X, emisiones gamma) que nos permiten observar fenómenos hasta hace poco desconocidos. Incluso en la Antártida, por sus especiales condiciones (tiene la atmosfera más seca de la Tierra), se ha convertido en un lugar privilegiado para la observación astronómica: allí enterrado en el hielo está el Icecube, el mayor detector de neutrinos (una partícula misteriosa y escurridiza que atraviesa la Tierra como si no existiese). La búsqueda de ondas gravitacionales tanto en desde la superficie terrestre como en órbita es otro gran reto, nos permitirá saber si el Big Bang fue el inicio del espacio y del tiempo o es un aconteciendo más de un multiverso anterior.

El advenimiento de tanta tecnología también llega al astrónomo aficionado que aún tiene un importante papel: pequeños telescopios dotados de sensibles cámaras CCD y óptica adaptiva permiten que cometas, nuevos asteroides, sistemas estelares dobles, incluso supernovas sean observados antes que nadie por astrónomos aficionados que aprovechan su tiempo libre para ver más allá de las farolas de la ciudades que desperdician su luz iluminado la panza de los aviones y sobresaltando a los pájaros.

Los descubrimientos se suceden uno tras otro, la carrera continúa, y promete nueva sorpresas. La Astronomía y Cosmología están viviendo una época dorada, no podemos permanecer al margen, sería dar la espalda a lo que nos hace humanos: la búsqueda de nuestros orígenes y nuestro destino.

---

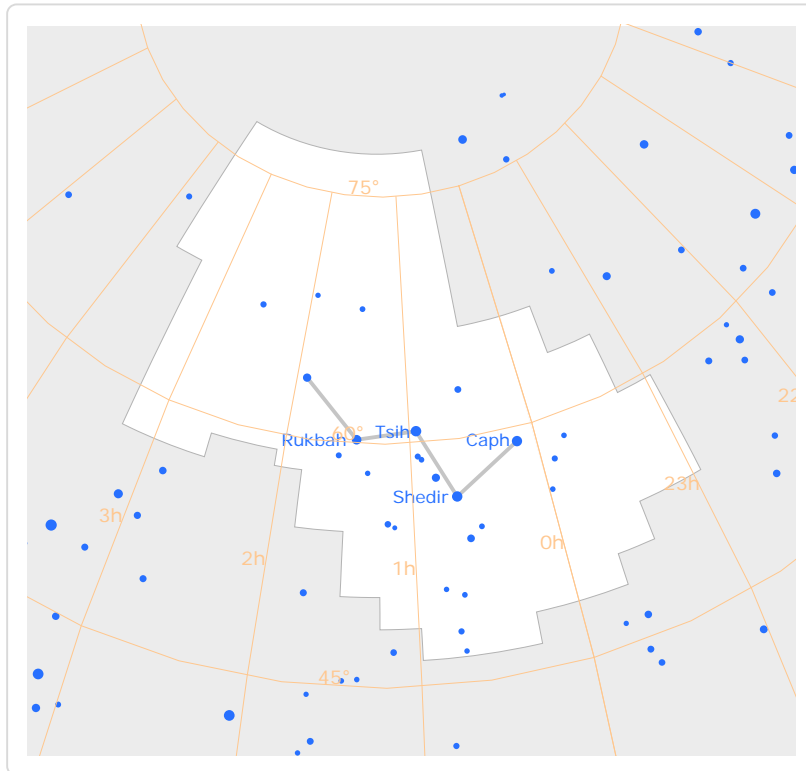
## 1.2. El cielo a simple vista

Hasta la aplicación del telescopio a la astronomía por Galileo en 1609, nuestro conocimiento del cielo se basaba en la observación a simple vista y en la determinación de la posiciones de los astros con él. Un ejercicio muy interesante es mirar el cielo alejado de la contaminación lumínica de las ciudades intentando imaginar la maquinaria celestial que hay detrás. Nos daremos cuenta de la grandeza de ese conjunto de noctámbulos geniales (Hiparco, Ptolomeo, Copérnico, Brahe, Kepler y otros) que sentaron las bases para la astronomía moderna, sin otros medios que su vista y el empleo de aparatos astronómicos para medir la posición de los astros, como el astrolabio.

### Las constelaciones

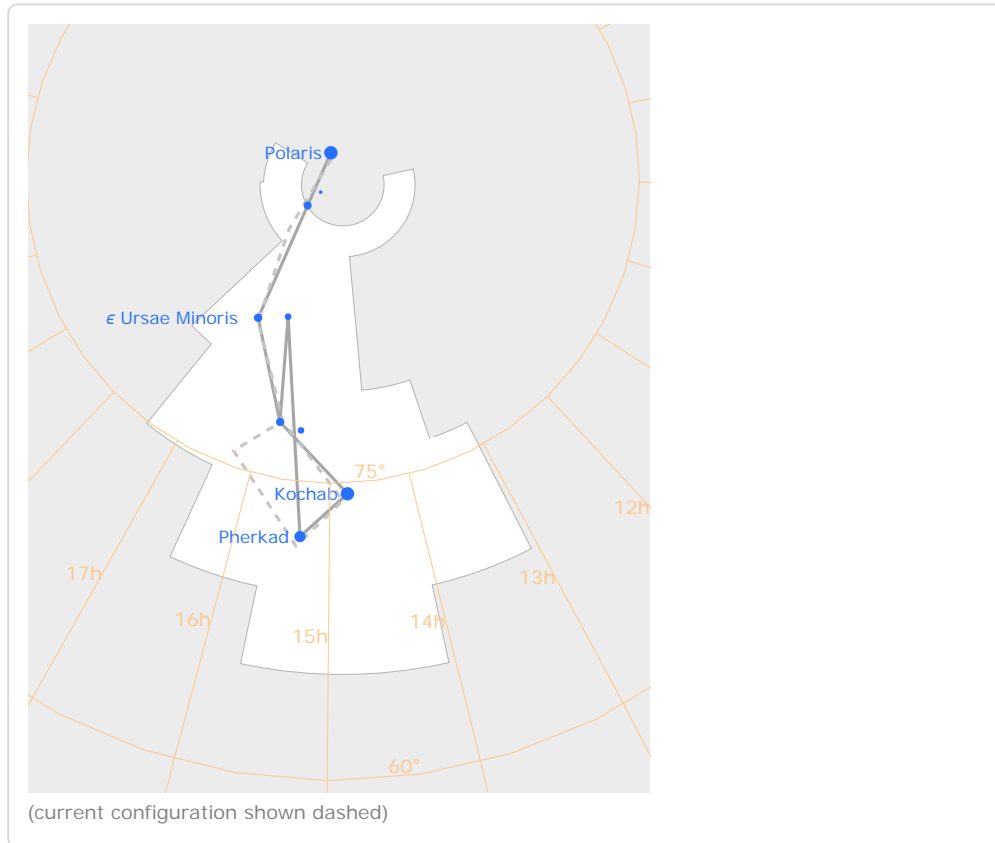
Cuando observamos el cielo a simple vista, la casi totalidad de lo que podemos ver son estrellas. Las distintas culturas imaginaron que las estrellas representaban figuras que hoy denominamos constelaciones. Esto ocurría en civilizaciones que no tenían entre sí conexión alguna. Por ejemplo: La siete estrellas más brillantes que forman el Carro de la Osa Mayor eran interpretadas en sitios muy diferentes de la misma forma: correspondía a la representación de un carro. Los pobladores de las islas británicas decían que era el carro de su legendario rey Arturo. Para los germanos representaba un carro tirado por tres caballos. Los griegos construyeron historias más complejas: En una leyenda griega, el dios Zeus y la mortal Calisto tenían un hijo llamado Arcas. Hera, la celosa esposa de Zeus, convirtió a Calisto en una osa. Arcas, sin saber que la osa era su madre, casi la mata. Zeus convirtió a Arcas también en una osa. Calisto es la Osa Mayor y Arcas la Osa Menor. Los griegos tenían historias de este tipo para casi todas las agrupaciones de estrellas del cielo. Muchas de ellas han dado nombre a las constelaciones. A lo largo de años se fueron añadiendo constelaciones hasta cubrir todo el cielo desde cualquier punto de la Tierra. En total hay 88 constelaciones. En 1930 la Unión Astronómica Internacional precisó los límites de cada una de ellas. Obviamente son líneas imaginarias que en conjunto cubren todo el firmamento, incluyendo ambos hemisferios. Como en los mapas, no se necesita retener el detalle de las constelaciones. Éstas, y los nombres de las estrellas más importantes que las forman, están representadas en lo que se llama planisferio. Un planisferio nos muestra el cielo de cada noche para el día y la hora elegida.

- Debajo se muestra la constelación de Casiopea, fácilmente distinguible pues es una W invertida, visible todo el año.



Hace milenios se inventó la astrología. Esta pseudociencia atribuía a las constelaciones propiedades predictivas como era la de marcar el futuro de las personas nacidas bajo una constelación. El firmamento se dividió en 12 signos que correspondían a los aproximadamente a 12 ciclos lunares que tiene un año. A cada división se le asignó un símbolo que llamaron signos del zodiaco. Los nombres del zodiaco están asociados a las primeras constelaciones a las que se los griegos le habían asignado nombre en el siglo V a. C., aunque su origen se atribuye a los babilónicos de hace 4000 años. Se tomó como inicio la constelación que estaba en la dirección del punto Aries (momento que el Sol pasa del hemisferio sur celeste al norte que coincide con el equinoccio de primavera) en el siglo V a. C. Esa división se ha mantenido hasta la actualidad aunque realmente las constelaciones hoy día no están en el mismo sitio que hace 2500 años. Los signos zodiacales deben corregirse en torno a un mes para adaptarse a la realidad astronómica actual, así que probablemente el signo zodiacal que Ud cree que tiene tal vez deba revisarlo. Así a principios de julio la constelación que queda al otro lado del Sol es Géminis, sin embargo los astrólogos la asocian a Cáncer. Este error es atribuible a que los astrólogos siguen tomando como referencia la posición del cielo hace 2500 años y no la actual, mas adelante veremos que la posición de las estrellas varían de forma inapreciable de un año a otro pero en milenios el cambio es claro. Sorprende que todavía haya personas que se sigan tomando en serio los horóscopos. Las fechas astronómicas reales del zodiaco corresponden a la constelación que está situada tras el disco solar (total o parcialmente o en parte) en esa época del año, en la dirección opuesta a la que está la Tierra. Hoy sabemos que el Sol realmente recorre 13 constelaciones y no 12 (la constelación no contabilizada fue Ofioco).

- Debajo se muestra la disposición de las estrellas de la Osa Menor en el año 100000 y se compara con la actual (líneas de trazos). Lo mismo ocurre con todas las estrellas, por tanto las formas de las constelaciones no es permanente, descripciones del cielo de hace milenios pueden servirnos para datar la fecha en la que fueron escritas.



### Las estrellas

Una magnitud muy útil utilizada en Astronomía es la magnitud aparente que es una medida de la luminosidad de un astro visto desde la Tierra. Cuanto menor es la magnitud mayor es la luminosidad, incluso se emplean valores negativos para los astros más luminosos. A ojo desnudo las personas con buena vista y con excelentes condiciones de visibilidad pueden ver estrellas con magnitud aparente menor que 6.5. En la práctica es difícil ver magnitudes aparentes mayores a 5. Casi todos los objetos celestes que podemos observar a ojo desnudo son estrellas a los que hemos de añadir la luna y cinco planetas: Venus, Mercurio, Marte, Júpiter y Saturno, aunque en una misma noche solo pueden verse simultáneamente dos o tres planetas. Excepcionalmente también podemos observar a simple vista algún cometa. Si exceptuamos el Sol y la Luna el astro que tiene la menor magnitud aparente, y por tanto mayor luminosidad es Venus

-3.91 (apparent magnitudes) (visible to the naked eye in daylight)

Venus puede verse al anochecer y al amanecer incluso con el Sol sobre el horizonte. Su luminosidad es tal que muchos han confundido Venus con avistamientos de OVNIS.

- El número de estrellas que se puede llegar a ver a simple vista una noche sin luna puede llegar con muy buena visibilidad es:

9110  
(stars brighter than apparent magnitude 6.5, according to the Bright Star Catalogue, 5th Revised Ed.)

- La cantidad anterior se refiere a las estrellas potencialmente visibles contando toda la esfera celeste una noche con muy buenas condiciones de visibilidad. Sin embargo, cuando observamos el cielo solo vemos una parte de la esfera celeste (menos de 1/4) por lo que la cifra anterior queda reducida a unas 3000 o menos, dependiendo del punto y la hora en que contemplemos el cielo. Además de las estrellas normalmente podemos en una misma noche podemos ver dos o tres planetas y la luna, excepcionalmente también podemos observar a simple vista algún cometa.
- La estrellas visibles es insignificante con el número de estrellas de nuestra galaxia la Vía Láctea:

$$(2 \times 10^{11} \text{ to } 4 \times 10^{11})$$

- El resultado se nos muestra en notación científica (el primer número se multiplica por 10 elevado al número de ceros que le siguen), muy conveniente para números tan grandes. Por ejemplo: en notación científica 2 500 000 se escribe  $2.5 \times 10^6$ . Es decir: el número de estrellas de nuestra galaxia que esta comprendido entre  $2 \times 10^{11}$  y  $4 \times 10^{11}$  se lee entre 200 y 400 mil millones de estrellas. Por tanto por cada estrella que vemos hay unos diez millones de estrellas que no vemos y eso sólo en nuestra galaxia y se estima que hay tantas galaxias como estrellas tiene nuestra galaxia.
- El número de galaxias en el universo observable es:

$$1.7 \times 10^{11}$$

En astronomía es habitual expresar las distancias en años-luz (ly en inglés) que es la distancia recorrida por la luz en un año que es de casi 10 billones de kilómetros.

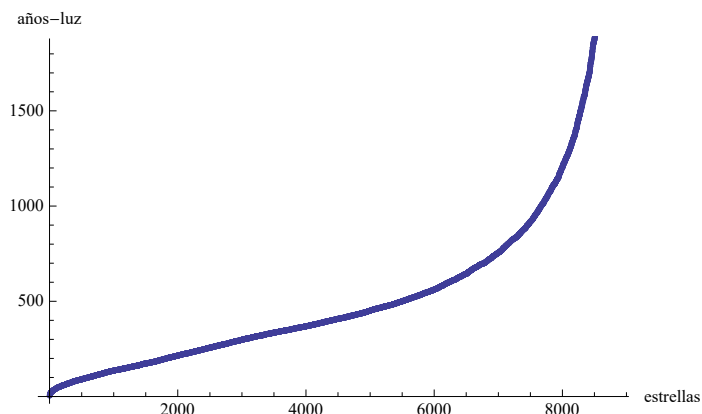
1 ly	0.3066 pc (parsec)
	63 241 au (astronomical units)
	$9.461 \times 10^{12}$ km (kilometers)
	$9.461 \times 10^{15}$ meters
	5.879 trillion miles

Para darnos una idea de lo enorme de esta cantidad hagamos una comparación: Un avión a 900 km/h tarda casi 7 horas en recorrer los 5800 km que separan Madrid de Nueva York, tardaría 120 000 años en recorrer 1 año-luz que es la cuarta parte de la distancia a la estrella más próxima.

- En la tabla mostramos las distancias y las magnitudes de las 25 estrellas más próximas (sin contar con el Sol). De las estrellas más próximas solo vemos una pequeña parte. Tenga en cuenta que solo son visibles a ojo desnudo aquellas que tienen una magnitud menor que 6. Aproximadamente la cuarta parte, y eso que se incluyen las visibles en ambos hemisferios (La más cercana, Próxima Centauri, solo es visible en el hemisferio sur). Esto nos permite deducir que la mayoría de las estrellas tienen una luminosidad y tamaño pequeño. Nuestro Sol es una estrella relativamente grande, tal vez mayor que el 99% de las que tiene nuestra Galaxia, aunque las hay mucho mayores.

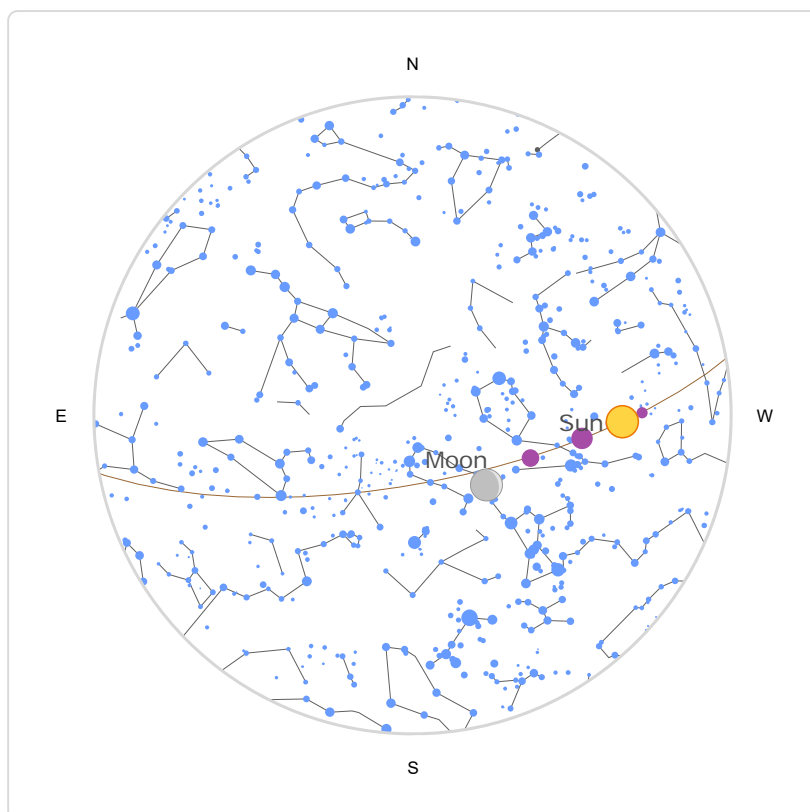
Nombre	Distancia (año-luz)	Magnitud Ap.
ProximaCentauri	4.22	11.01
RigelKentaurusA	4.39	-0.01
RigelKentaurusB	4.39	1.35
BarnardsStar	5.94	9.54
Wolf359	7.79	13.45
Lalande21185	8.31	7.49
Luyten726-8A	8.56	12.57
Luyten726-8B	8.56	12.7
Sirius	8.60	-1.44
SiriusB	8.60	8.43
HIP92403	9.69	10.37
Gl905	10.3	12.29
EpsilonEridani	10.5	3.72
Lacaille9352	10.7	7.35
HIP57548	10.9	11.12
Gl866A	11.1	12.66
HIP104214	11.4	5.3
Procyon	11.4	0.4
Gl280B	11.4	10.7
HIP104217	11.4	6.04
HIP91772	11.5	9.8
HIP91768	11.6	8.94
HIP1475	11.6	8.08
Gl15B	11.6	11.06
GJ1111	11.8	14.81

En el gráfico de abajo establecemos representa todas las estrellas visibles a simple vista y su distancia. Podemos ver que casi todas están a menos de 1500 años luz. Nuestra galaxia, la Vía Láctea, tiene una anchura de unos 100 000 años-luz. Por tanto, a simple vista vemos una fracción minúscula de las estrellas de nuestra propia galaxia que corresponde en su mayoría a los astros más cercanos.



A pesar del reducido número de astros que se observan a simple vista, sorprende el conocimiento del cielo que llegaron a alcanzar los astrónomos anteriores al descubrimiento del telescopio. Algunos de los descubrimientos más asombrosos se deben a Hiparco de Nicea (s. II a.C.) que llegó a ser director de la Biblioteca de Alejandría. A partir de la sombra que la Tierra producía en la Luna en los eclipses de Luna estimó, con bastante aproximación, la distancia de la Tierra a la Luna. Empezó un estudio empírico de las magnitudes aparentes de las estrellas y de sus posiciones. Para esto último inventó las coordenadas eclípticas (no confundir con elípticas) y utilizó el astrolabio (se le atribuye su invención). Muchos años después (desde el año 1989 hasta 1993) un satélite, que llevaría su nombre, repitió su trabajo con la tecnología de finales del siglo XX.

La esfera celeste representa la posición de las estrellas y otros astros vistos en un momento y lugar determinado (<http://demonstrations.wolfram.com/TheCelestialSphere> o <http://demonstrations.wolfram.com/CelestialSphereBasics>). Debajo se muestra la esfera celeste justo cuando escribo esto a las 19:00 en Salamanca ¿Puede deducir aproximadamente que día es?



La posición de un astro en el cielo se suele indicar utilizando coordenadas ecuatoriales ([http://es.wikipedia.org/wiki/Coordenadas\\_ecuatoriales](http://es.wikipedia.org/wiki/Coordenadas_ecuatoriales)): Ascensión recta y declinación que son similares a la latitud y a la longitud pero referidas a la esfera celeste. Estas coordenadas son independientes del observador. Toman como referencia las estrellas como en una fecha

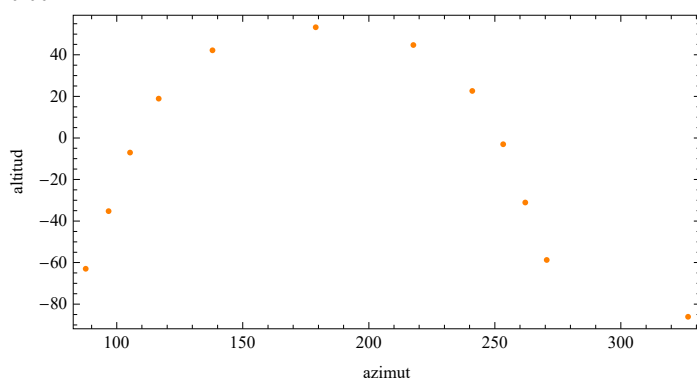
concreta que se denomina época. En la actualidad las posiciones astronómicas toman como referencia el 1 de enero de 2000 a las 12:00 dominándose época J2000.0.

- Es bien sabido que la estrella visible cuya proyección en la esfera celeste es más próxima al norte geográfico es la estrella polar. Presenta una declinación de casi  $90^\circ$ . De hecho esta posición se está moviendo (fundamentalmente por el desplazamiento del eje terrestre o precesión de los equinoccios a los que nos referimos más adelante). Debajo se muestra la posición que ocupa la estrella polar en la actualidad. Realmente esta referida a la época J2000, pero el desplazamiento producido desde esa fecha en la mayoría de los cálculos es irrelevante.

{ 2.52974, 89.2641 }

Otro tipo de coordenadas ampliamente utilizadas es la alt-acimutal (alt/az) que depende del observador: La altitud (alt) es la altura del astro sobre el horizonte, se mide de  $0^\circ$  a  $90^\circ$ , y tiene signo positivo para los astros situados por encima del horizonte y signo negativo para los que están situado por debajo del mismo. El acimut o azimut (az) es el arco del horizonte medido en sentido retrógrado desde el punto Sur hasta la vertical del astro. Su valor va de  $0^\circ$  a  $360^\circ$ .

- En el ejemplo de abajo se muestra el desplazamiento de Sirio (la estrella más luminosa en el hemisferio norte) el día 1 de cada mes a las 20:00 h utilizando coordenadas alt/az.



Como se puede observar, Sirio es una estrella que solo se ve una parte del año (los valores con altitud menor de cero indica que la estrella se encuentra debajo del horizonte). De hecho, los egipcios tomaban la aparición de Sirio sobre el horizonte como el inicio del año.

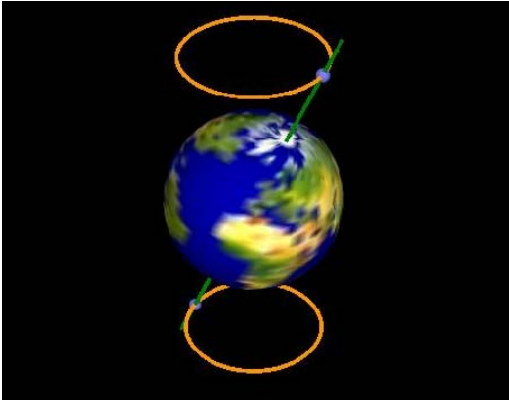
El cielo observado a simple vista muestra una regularidad asombrosa. Sin conocimientos de mecánica celeste la posición de cada estrella es perfectamente predecible. Si observamos una estrella a una hora determinada, por ejemplo: las 24:00 h, prescindiendo del desplazamiento debido a la inclinación del eje terrestre respecto de la eclíptica, al día siguiente estará en el mismo sitio 4 minutos antes, es decir a las 23:56 h, completando un ciclo en un año. La explicación que la civilización griega y otras daban a este hecho era suponer que todas las estrellas (que denominaban fijas, para distinguirla de los planetas o estrellas errantes, donde esto no se cumplía) estaban pegadas en una bóveda que giraba con un ciclo diario de 23 h y 56 min, lo que denominamos día sidéreo.

- Siendo más preciso, el día sidéreo tiene en la actualidad (en larguísimos periodos experimenta pequeños cambios):

1 sidereal day	86 164.09054 seconds
	1436.068176 minutes
	23.93446959 hours
	0.9972695664 days

Se necesitan períodos muy largos para observar discrepancias a esta aparente regularidad. A simple vista es inapreciable en varias generaciones. Sin embargo, Hiparco observó por comparación de cartas estelares de dos siglos antes el movimiento aparente de las estrellas respecto de la eclíptica, que conocemos como la precesión de los equinoccios. Es por este descubrimiento por el que probablemente más se le recuerda. Se produce al girar el eje terrestre que describe una circunferencia respecto al eje de la eclíptica en un periodo de 25771 años.

Una excelente representación interactiva del efecto de precesión de los equinoccios puede descargarse de <http://demonstrations.wolfram.com/PrecessionOfTheEquinoxes>.



Como consecuencia el polo norte celeste se va desplazando. Hoy está muy próximo a la estrella Polar pero hace 4800 años apuntaba a Alfa Draconis. William Shakespeare no era consciente de ello cuando en su obra *Julio César* dice: "Pero yo soy constante como la estrella polar que no tiene parangón en cuanto a estabilidad en el firmamento".

Realmente todas las estrellas, vistas desde la Tierra, presentan un lento desplazamiento fruto del efecto de precesión descrito y de las propias órbitas de éstas en la galaxia. Este último desplazamiento se conoce como movimiento propio. .

- El movimiento propio de la estrella Polar podemos consultarlo como se muestra:

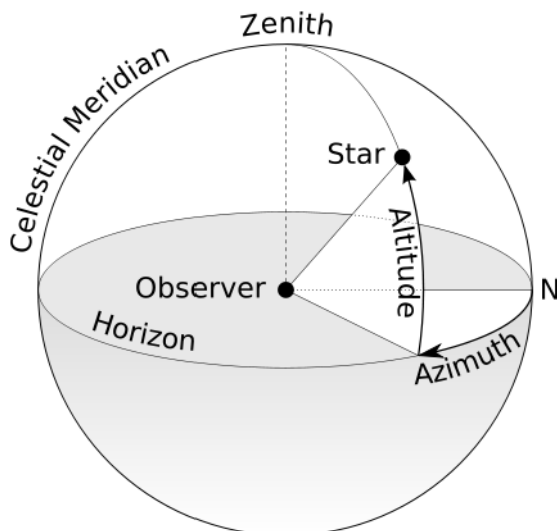
11.75 mas/yr (milliarc seconds per year)

Se trata de un valor inobservable en el transcurso de una vida. Téngase en cuenta que un telescopio con base en la Tierra difícilmente discrimina menos de 1 arc segundo. Sin embargo, en periodos largos las propias formas de las constelaciones se ven modificadas.

### 1.3. El movimiento del Sol, su analema

La inclinación del eje de rotación de la Tierra respecto a la eclíptica origina que el momento del amanecer y el ocaso varíe a lo largo del año. La hora en la que esto ocurre depende del lugar en el que este el observador. En lo que sigue siempre nos referimos al hemisferio boreal.

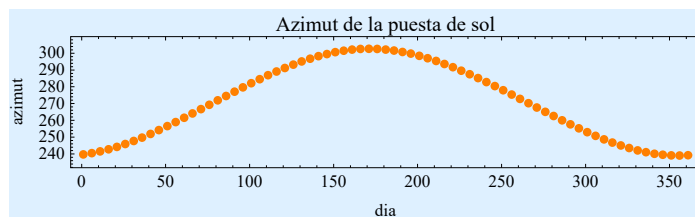
Utilizaremos el azimut para representar la posición del Sol. El ángulo azimutal toma como referencia el norte en el sentido de las agujas de reloj, por tanto: N es  $0^\circ$ , E es  $90^\circ$ , S es  $180^\circ$  y W  $270^\circ$ . Naturalmente en las puestas y ocaso la posición (altitud) del sol respecto del horizonte es  $0^\circ$



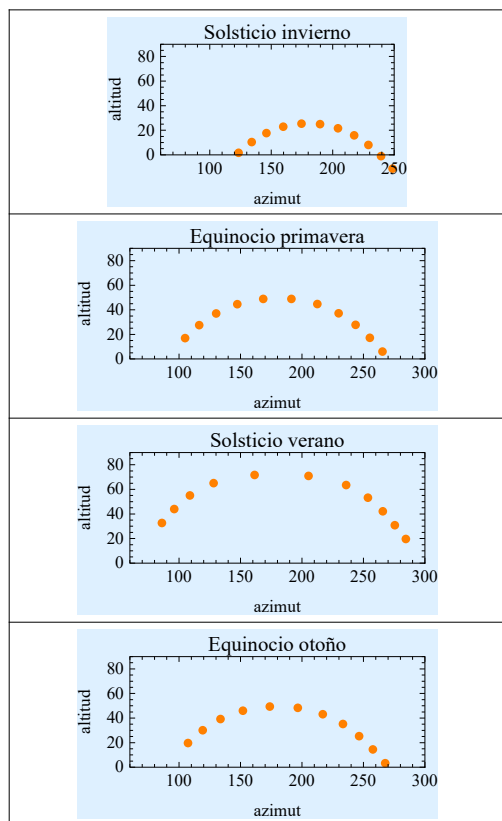
Wikipedia: <http://en.wikipedia.org/wiki/Azimuth>

- El gráfico de abajo muestra la posición del sol, visto desde Salamanca, en el ocaso desde el 1 de enero hasta el 31 de diciembre en 2013 (se repetirá todos los años sin apenas variación). Se observa que en la posición del sol en el ocaso se desplaza desde el SW (solsticio de invierno) al NW (solsticio de verano) para volver a decrecer.





- Las figuras que siguen muestran la posición del Sol desde nuestra posición (azimut y altitud) desde las 9 hasta las 17 h en para los solsticios y equinoccios .



La curva que describe la posición del Sol vista desde un lugar concreto a la misma hora le llamamos analema solar. En <http://www.perseus-gr/Astro-Solar-Analemma.htm> puede encontrar estupendos analemas realizados por Anthony Ayiomamitis que con gran paciencia ha ido tomando fotos periódicamente durante años. (<http://www.perseus.gr/Astro-Solar-Analemma.htm> )

En el sitio donde ha descargado este artículo (<http://diarium.usal.es/guillermo/astronomia/>) puede ver una animación del analema que se vería desde Salamanca

## 1.4. Las estrellas errantes

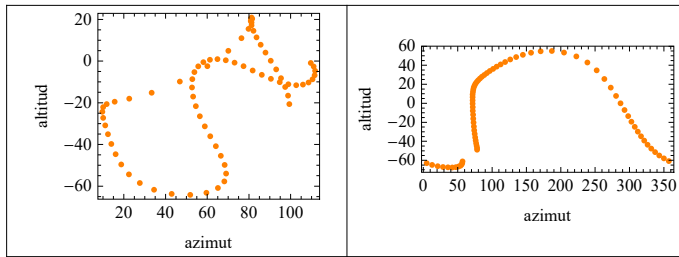
Desde la antigüedad los hombres se dieron cuenta de que había un reducido número de astros cuyo comportamiento difería de las estrellas fijas que presentaban una regularidad anual. A estos astros se les denominó estrellas errantes. Hoy sabemos que corresponden a los cinco planetas visibles: Mercurio, Venus, Marte, Jupiter y Saturno (Urano no se añadió a la lista de planetas hasta 1783, prácticamente invisible a simple vista).

Si observamos un planeta a simple vista periódicamente a la misma hora y desde el mismo sitio y vamos registrando (a veces se hace tomando fotos, como vimos con el sol) su posición respecto al horizonte podemos componer una figura (analema). En la sección anterior vimos un analema solar. Aquí mostramos los analemas para Venus y Marte.

- Necesitamos definir la posición (latitud y longitud) y zona horaria (tiempo oficial respecto al GMT) que queremos tomar como referencia para construir el analema. En este caso utilizamos las coordenadas de Salamanca

{{40.97, -5.66}, 1.}

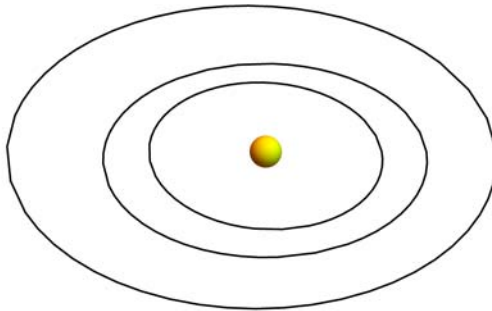
- Analema de para Venus y Marte. En esta caso representamos dos años. Suponemos que lo observamos cada 10 días a las 6 a.m.



Los puntos con altitud negativa corresponden a aquellos momentos en los que el planeta está por debajo del horizonte y, por tanto, no sería visible. Tampoco lo veríamos cuando el planeta está detrás del Sol.

Además, podemos observar que en el caso de Venus el planeta solo es visible unos grados sobre el horizonte. Esto se explica porque Venus es un planeta interior y, como consecuencia, al ser visto desde la Tierra no se elevará demasiado sobre el horizonte y nunca se presentará próximo al zenit, como ocurre con los planetas exteriores, como Marte.

- Debajo se muestran las órbitas de Venus, la Tierra y Marte, con el Sol (en falsa escala) en el centro.



Aunque la observación visual, acompañada por el empleo de instrumentos para medir ángulos (sectante, astrolabio, etc.), permitió progresos. La llegada del telescopio y de otro instrumentos no menos importante: los relojes precisos, abrieron una nueva época en la Astronomía. Mucho después, ya en el siglo XX, llegarían los radiotelescopios y la astronomía espacial.

En la reunión de la UAI de 24 de agosto de 2006, a la que nos hemos referido, se estableció una nueva definición de planeta. Este hecho estuvo motivado en gran parte por el descubrimiento de planetas más allá de Plutón, en lo que se denomina cinturón de Kuiper que probablemente incluya miles de planetoides. Plutón se considera parte de este cinturón. A los planetas que no encajaban en la nueva definición se les denominó planetas enanos. Se vió que en su definición también encajaba Ceres, el mayor asteroide del cinturón de asteroides situado entre Marte y Júpiter.

Hay razones que justifican que Plutón no pertenezca al mismo grupo que los planetas clásicos, aunque la denominación de enano no parece la más adecuada, toda vez que hay planetas enanos que probablemente sean mayores que el planeta clásico Mercurio.

- Una de las características de los astros del cinturón de Kuiper es que sus órbitas normalmente están inclinadas con respecto al plano de eclíptica, próximos a la cual discurren los planetas clásicos, como podrá verse a continuación (Ceres es un planeta enano que está situado entre Jupiter y Marte, es decir no pertenece al cinturón Kuiper, por eso su plano está próximo a la eclíptica):

Ceres	Pluto	Haumea	Makemake	Eris
10.58671	17.14175	28.2141	28.99790	44.159

- Debajo se muestra el tamaño de semieje mayor (en metros) de las elipses que describen las órbitas de los planetas ya clasificados como enanos.

1 Ceres	$4.13781191 \times 10^{11}$
Pluto	$5.906376272 \times 10^{12}$
136108 Haumea (2003 EL61)	$6.475 \times 10^{12}$
136472 Makemake (2005 FY9)	$6.822 \times 10^{12}$
136199 Eris (2003 UB313)	$1.0133 \times 10^{13}$

Todo hace indicar que en los próximos años el número de planeta enanos descubiertos irá incrementando sustancialmente.

## 1.5. Galaxias y nebulosas

Hoy sabemos que el Sol es una estrella más de la galaxia que conocemos como Vía Láctea. Sin embargo, la idea de galaxia no se introdujo hasta la década de 1920. Hasta entonces, no estaba clara la diferencia entre nebulosa y galaxia. Vistas al telescopio galaxias y nebulosas aparecían como objetos difusos con una forma que recuerda a una nube. De ahí que en general se hablaba de nebulosas. Las galaxias se consideraban un tipo de nebulosa y nuestra galaxia era todo el Universo.

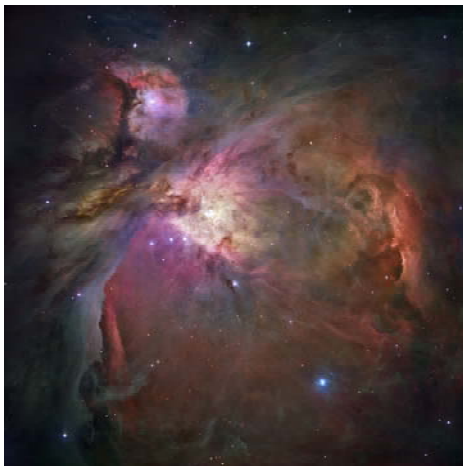
- Hacemos una consulta a **WolframAlpha** y seleccionamos la definición de galaxia. Vemos que las nebulosas forman parte de las galaxias, y por tanto no son galaxias. Con telescopios solo podemos distinguir los nebulosas que están en nuestra galaxia.

```
(astronomy) a collection of star systems; any of the
billions of systems each having many stars and nebulae and dust
```

El nombre genérico de nebulosas realmente incluye dos tipos de estructuras muy diferentes: las nebulosas planetarias (“PlanetaryNebula”) formadas por la acumulaciones de polvo que va dejando una supernova tras su explosión y las nebulosas (“Nebula”) que son los lugares de formación de estrellas, como la nebulosa de Orion. Observe que el nombre es confuso, pues nada tiene que ver la denominación de nebulosa planetaria con la formación de planetas.

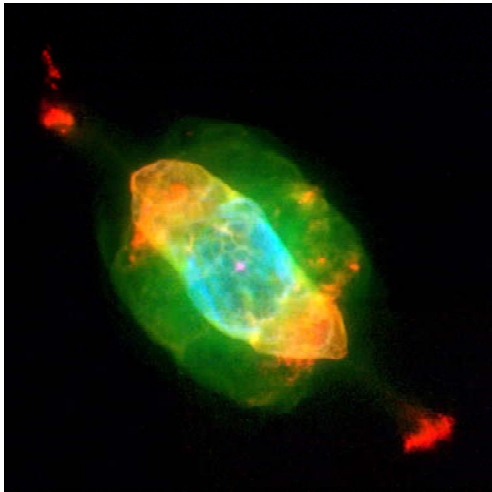
- Un interesantísima nebulosa (“Nebula”) es Orion que es fácilmente visible (en invierno en el hemisferio norte). Se trata de un vivero de estrellas pues es una gigantesca nube de gas en la que se están formando estrellas.

```
Import ["http://spacetelescope.org/static/archives/images/screen/heic0601a.jpg"]
```



- NGC 7009 es un ejemplo de nebulosa planetaria. Debajo se muestran alguna de sus propiedades, muy utilizada por los astrónomos y, que aquí no vamos a explicar, y una impresionante foto.

```
Import["http://www.spacetelescope.org/static/archives/images/screen/opo9738g.jpg"]
```



```
{ {AlphanumericName, NGC 7009}, {AlternateNames, {PK 37-34.1, Saturn Nebula}},
  {AlternateStandardNames, {PK37-34.1, SaturnNebula}}, {Altitude, 16.65},
  {ApparentMagnitude, 8.0}, {Azimuth, 122.1}, {BlueBandMagnitude, 8.2},
  {Classes, {DeepSkyObject, NGCObject, PlanetaryNebula}},
  {Constellation, Aquarius}, {ConstellationName, Aquarius},
  {Declination, -11.3630556}, {LastRiseTime, {2011, 10, 15, 16, 29, 17.729}},
  {LastSetTime, {2011, 10, 15, 3, 17, 18.641}}, {Name, NGC 7009},
  {NextRiseTime, {2011, 10, 16, 16, 25, 21.833}},
  {NextSetTime, {2011, 10, 16, 3, 13, 22.745}}, {NGCNumber, 7009},
  {ObjectType, PlanetaryNebula}, {RightAscension, 21.06967},
  {StandardName, NGC7009}, {VisualBandMagnitude, 8.0} }
```

- El diámetro de nuestra galaxia: La Vía Lacta (“MilkyWay”) en años-luz es:

51 000 ly

- Debajo se muestran las galaxias más próximas a la nuestra, la Vía Lactea (Milky Way), que forman un conjunto de galaxias conocido como grupo local. Muchas de ellas son muy pequeñas. Mostramos su distancia a nosotros, al sistema solar, en años-luz. En todos los casos las distancias se refieren al centro galáctico, por eso aparece que la distancia de la Vía Lactea de nosotros (el sistema solar) es de alrededor 25000 años-luz.

```
{ {Large Magellanic Cloud, 1.63 × 105}, {Small Magellanic Cloud, 1.98 × 105},
  {M31, 2.573 × 106}, {Sagittarius Dwarf Elliptical Galaxy, 6.5 × 104},
  {M33, 2.815 × 106}, {M110, 2.481 × 106}, {M32, 2.763 × 106}, {NGC 6822, 1.793 × 106},
  {Fornax Dwarf Galaxy, 4.5 × 105}, {IC 1613, 2.454 × 106}, {NGC 185, 1.992 × 106},
  {NGC 147, 2.286 × 106}, {NGC 3109, 4.049 × 106}, {Sculptor Dwarf Galaxy, 2.6 × 105},
  {Draco Dwarf Galaxy, 2.7 × 105}, {Wolf-Lundmark-Melotte, 3.02 × 106},
  {Leo I, 8. × 105}, {IC 10, 2.598 × 106}, {Carina Dwarf Galaxy, 3.3 × 105},
  {Ursa Minor Dwarf Galaxy, 2.2 × 105}, {Sextans Dwarf Galaxy, 2.8 × 105},
  {Sextans B, 4.4 × 106}, {Sextans A, 4.4 × 106}, {Andromeda VII, 2.47 × 106},
  {Boötes Dwarf Galaxy, 1.97 × 105}, {Pegasus Dwarf Irregular Galaxy, 3.00 × 106},
  {Phoenix Dwarf Galaxy, 1.5 × 106}, {Andromeda II, 2.17 × 106},
  {UGC-A 86, 7.3 × 106}, {Leo A, 2.3 × 106}, {UGC-A 92, 4.2 × 106},
  {Canes Venatici Dwarf Galaxy, 7.2 × 105}, {Andromeda VI, 2.60 × 106},
  {Andromeda III, 2.45 × 106}, {Sagittarius Dwarf Irregular Galaxy, 3.5 × 106},
  {Tucana Dwarf Galaxy, 2.9 × 106}, {Andromeda V, 2.56 × 106},
  {Pisces Dwarf Galaxy, 2.52 × 106}, {Antlia Dwarf Galaxy, 4.0 × 106},
  {Canis Major Dwarf Galaxy, 2.5 × 104}, {Cetus Dwarf Galaxy, 2.49 × 106},
  {Milky Way, 2.48 × 104}, {Ursa Major Dwarf Galaxy, 3.3 × 105}, {Willman I, 1.2 × 105}}
```

- Para comprobar que galaxias son visibles a simple vista podemos mostrar las galaxias más brillantes y ver cuales tienen una magnitud aparente menor de 5.

```
LargeMagellanicCloud SmallMagellanicCloud M31 SagittariusDwarfEllipticalGalaxy M33
0.9 2.2 3.5 4.5 5.5
```

En el hemisferio norte solo es visible a simple vista, como una nubecita, M31 (Andromeda) que se muestra en la imagen de abajo. las otras galaxias con mayor luminosidad (y por consiguiente con magnitud aparente menor) sólo son visibles desde el hemisferio Sur.

```
Import ["http://www.nasa.gov/images/content/654242main_p1220b3k.jpg"]
```



Andromeda y la Via lactea se están aproximando. El choque entre ambas galaxias empezará dentro de 3000 millones de años, hasta entonces no tenemos porque preocuparnos.