

CIENT PREGUNTAS AL UNIVERSO
EN LA SENDA DE LAS ESTRELLAS



Santos Jerónimo Corrochano / José María Gómez Gómez

En la Senda de las estrellas

*Aunque estamos distantes,
tierra adentro.*

*Nuestras Almas contemplan
ese inmortal océano
que nos trajo aquí*

*Y pueden, en un momento,
transportarse a allá*

*y ver a los hijos gozarse
sobre la ribera,*

*y oír a las poderosas aguas
en su oleaje eterno.*

Los Yogasutras de Patanjali

PREFACIO

La colaboración es una de las facetas humanas, que cuando es llevada a cabo con interés y cooperación constructiva, puede dar lugar a obras que están por su calidad y profundidad muy por encima de aquéllas que son elaboradas por un único autor. Este manuscrito es uno de esos casos.

En el verano de 1999, nos propusimos dar forma de libro a un cuaderno titulado "*Cien preguntas al Universo*" que Santos Jerónimo había preparado para el proyecto del Planetario de Talavera de la Reina. Los conocimientos de José María Gómez sobre Astronomía en general y sobre Biología en particular, para desarrollar el texto, así como los dibujos realizados por el primero, fueron decisivos para culminar el trabajo que el lector tiene ante sí.

Este libro puede dar una respuesta a preguntas que muchas personas se hacen cuando observan las maravillas del firmamento o al menos ayudar a ello, sirviendo de base para profundizar más tarde en el contenido de las mismas, para ello damos en el glosario una detallada información acerca de las fuentes disponibles en bibliografía y con la ayuda de Internet. Así mismo, puede ayudar a los visitantes del Planetario a formular preguntas y favorecer así la conexión interactiva con los encargados de la difusión y la confección de programas acertados del Planetario, que busca ser un aula de astronomía para todos.

Lentamente, el ser humano comienza a ser consciente del Universo, nuestras sondas y naves espaciales recorren sin cesar el espacio de nuestro sistema solar y se aventuran hacia otros mundos. Cada año nuevos ingenios son lanzados al espacio y durante las últimas décadas hemos avanzado mucho en el conocimiento del Cosmos y nos planteamos su explotación y colonización. Sin embargo, el Universo es tan grande, tan impresionante que nos quedamos sobrecogidos por su inmensidad y su misterio. ¡¡Hay tanto que no sabemos!!

La Tierra, nuestro pequeño hogar, es un sólo un punto planetario girando alrededor del Sol, nuestra estrella; pero hay 250.000 millones de estrellas sólo en nuestra Galaxia, y existe un número infinito de ellas en el Universo de diferente tamaño y forma. Nuevos soles nacen y otros muchos mueren, desplegando nubes de materia que da origen a otras estrellas. Ante nosotros se desarrolla un espectáculo a gran escala de vida y de muerte asombrosa que despliega cantidades de energía incomprensibles y trascendentes.

El Universo tiene miles de millones años, en donde el tiempo y el espacio se confunden. En Él, adquirimos una nueva percepción de la realidad en donde el hombre es un eslabón entre lo pequeño y lo grande, entre lo conocido y lo desconocido. Hay mucho que observar e investigar y también mucho que difundir y enseñar, aproximándonos a eso que llamamos "ciudadanos del Cosmos", la aventura pero también el reto que se abre a la humanidad para el futuro del nuevo siglo, milenio y era.

En *Cien preguntas al Universo en la Senda de las estrellas*, hacemos un repaso a preguntas claves de Cosmología básica, repasamos la evolución estelar, nos acercamos a los Planetas y a los pequeños cuerpos celestiales, también sugerimos la fuente de misterios históricos como la estrella de los Magos o de Belén y proponemos un calendario que armoniza las fechas del Zodíaco popular con el de las Constelaciones astronómicas, afín de que todos los amantes de los astros de cualesquiera creencia puedan disfrutar del tema que a todos nos une, a saber: El Universo, del que hemos surgido y del que todos formamos parte.

Los autores

Segurilla, Toledo, noviembre 1999

INDICE DE PREGUNTAS

1ª	¿Qué es el Universo?	10
2ª	¿De qué está hecho el Universo?	12
3ª	¿Qué edad tiene el Universo?	13
4ª	¿Proseguirá eternamente la expansión del Universo?	14
5ª	¿Qué sucedió en los primeros instantes del Big Bang?	16
6ª	¿Cuales son las fuerzas principales en el Universo?	17
7ª	¿Cuales son los principales principios de la Cosmología?	17
8ª	¿Porqué el cielo es oscuro?	18
9ª	¿Porqué es tan grande el Universo	19
10ª	¿Cuales son las fuentes de energía más poderosas del Universo?	21
11ª	¿Qué es el espectro electromagnético?	22
12ª	¿Qué es la Radioastronomía?	23
13ª	¿Cómo se reconocen los elementos químicos de los objetos distantes del Universo?	24
14ª	¿Qué es el diagrama H-R?	26
15ª	¿Qué es el efecto Doopler?	27
16ª	¿Cuales son las unidades habituales en Astronomía?	28
17ª	¿Cómo se miden las distancias a las estrellas?	29
18ª	¿Qué significa la ley de la inversa al cuadrado?	32
19ª	¿Qué es el tiempo atómico?	33
20ª	¿Qué es el átomo?	33
21ª	¿Qué es la radioactividad?	35
22ª	¿Qué es una Galaxia?	36
23ª	¿Qué es la Vía Láctea?	39
24ª	¿Qué son los cúmulos estelares?	40
25ª	¿Todas las Nebulosas son iguales?	42
26ª	¿Qué es el catálogo de Messier?	44
27ª	¿Qué es una estrella?	46
28ª	¿Cómo nacen las estrellas?	
29ª	¿Cómo es el Sol?	51
30ª	¿Qué es el viento solar?	53
31ª	¿Porqué nuestro Sol es amarillo?	55
32ª	¿Cómo acabará sus días nuestra estrella, el Sol?	56
33ª	¿Qué es una Nova?	57
34ª	¿Qué es una Supernova?	59
35ª	¿Entonces, el hombre tiene su origen en las estrellas?	62
36ª	¿Qué es una Enana Blanca?	63
37ª	¿Qué es un agujero negro?	65
38ª	¿Qué son las estrellas variables?	68
39ª	¿Cuales son las estrellas más próximas a la Tierra?	71
40ª	¿Cual es la estrella más grande?	72
41ª	¿Qué son las estrellas marrones?	73
42ª	¿Cuantas estrellas pueden verse a simple vista?	74
43ª	¿Cuales son las estrellas más brillantes?	76
44ª	¿Qué es una Constelación?	78
45ª	¿Qué no puede verse del hemisferio sur desde el norte?	82
46ª	¿Cambian las Constelaciones con el curso del tiempo?	83
47ª	¿Qué Constelaciones se observan mejor en cada estación del año?	84
48ª	¿Qué es el Zodíaco?	85
49ª	¿Qué es la precesión?	90
50ª	¿Cuales son las coordenadas celestes básicas?	94
51ª	¿Qué es el tiempo sideral?	96

52 ^a	¿Qué dicen las leyes de Kepler?	98
53 ^a	¿Cuál es la ley de Bode?	99
54 ^a	¿Qué son los tránsitos astronómicos?	100
55 ^a	¿Cuándo es más favorable la observación de los Planetas?	101
56 ^a	¿Qué es un disco protoplanetario?	102
57 ^a	¿Qué características tienen los Planetas extrasolares?	103
58 ^a	¿Qué es la ecozona?	104
59 ^a	¿Qué dice la ecuación de Drake?	105
60 ^a	¿De entre los cuerpos celestes qué es la Tierra?	107
61 ^a	¿Cómo se produjo la alquimia que posibilitó la formación de la vida en la Tierra?	111
62 ^a	¿Porqué vemos siempre la misma cara de la Luna?	114
63 ^a	¿Qué fenómenos produce la Luna?	115
64 ^a	¿Los satélites de otros Planetas son semejantes a nuestra Luna?	116
65 ^a	¿Qué son los eclipses?	118
66 ^a	¿Porqué se producen las estaciones?	120
67 ^a	¿Cómo se produce el arco iris?	122
68 ^a	¿Qué es la presión atmosférica?	124
69 ^a	¿Cómo se produce el tiempo atmosférico?	125
70 ^a	¿Porqué a veces el cielo del atardecer se vuelve rojo?	128
71 ^a	¿Qué es la escala Kelvin?	128
72 ^a	¿Qué son los cometas?	129
73 ^a	¿Qué son los asteroides?	132
74 ^a	¿Qué son las estrellas fugaces?	132
75 ^a	¿Para el observador aficionado cuál es la mejor manera de descubrir nuevos cometas, asteroides así como fenómenos puntuales que pueda haber en el cielo?	133
76 ^a	¿Qué son los días julianos?	135
77 ^a	¿Qué tipo de gemelos binoculares son los más adecuados para la observación astronómica?	136
78 ^a	¿Qué tipos de telescopios hay?	137
79 ^a	¿Es muy complicado un observatorio de aficionado?	139
80 ^a	¿Cómo es el telescopio espacial Hubbel (HST)?	140
81 ^a	¿Qué es una sonda espacial?	142
82 ^a	¿Qué es una órbita estacionaria?	144
83 ^a	¿Qué es la velocidad de escape?	145
84 ^a	¿Cómo es la lanzadera espacial?	146
85 ^a	¿Está muy avanzado el proyecto de las misiones tripuladas a Marte?	147
86 ^a	¿Es posible una futura y próspera economía interplanetaria?	148
87 ^a	¿Tienen los Planetas luz propia?	149
88 ^a	¿A qué astro llamamos el lucero del Alba?	150
89 ^a	¿Cómo son los anillos de Saturno?	151
90 ^a	¿Pudo haber sido Júpiter una estrella?	152
91 ^a	¿Cómo es el eje de rotación de Urano?	154
92 ^a	¿Qué son los rayos cósmicos?	155
93 ^a	¿Qué amenazas provienen del espacio?	156
94 ^a	¿Qué es la materia oscura?	157
95 ^a	¿Es posible viajar a una velocidad superior a la de la Luz?	161
96 ^a	¿Los objetos celestes que vemos en el cielo se corresponden en realidad tal como son el momento presente?	162
97 ^a	¿Se puede viajar a través del tiempo?	163
98 ^a	¿Qué es un Planetario?	164
99 ^a	¿Qué descubrimientos han acelerado la ciencia de la Astronomía?	166
100 ^a	¿De donde surgen las leyes de la Naturaleza?	168
	Índice de figuras	170
	Bibliografía	175
	Páginas Web	178

1ª ¿Qué es el Universo?

El Universo (Uni = Uno, verso = diverso), como entidad abarca a todo lo que existe, es todo sin excepción. En sus niveles más fundamentales abarca la materia, energía, espacio-tiempo y los niveles de mayor complejidad: vida, muerte, psicología, historia... Todo aquello que podemos "ver" y experimentar forma parte del Universo.

En el Universo no hay hacia arriba ni hacia abajo, ninguna dirección tiene un determinado privilegio, el centro está en todas partes (Principio Cosmológico). Lo que vemos como una gran cúpula bajo una superficie plana, sólo es efecto de la perspectiva puesto que debajo continua el cielo ilimitado.

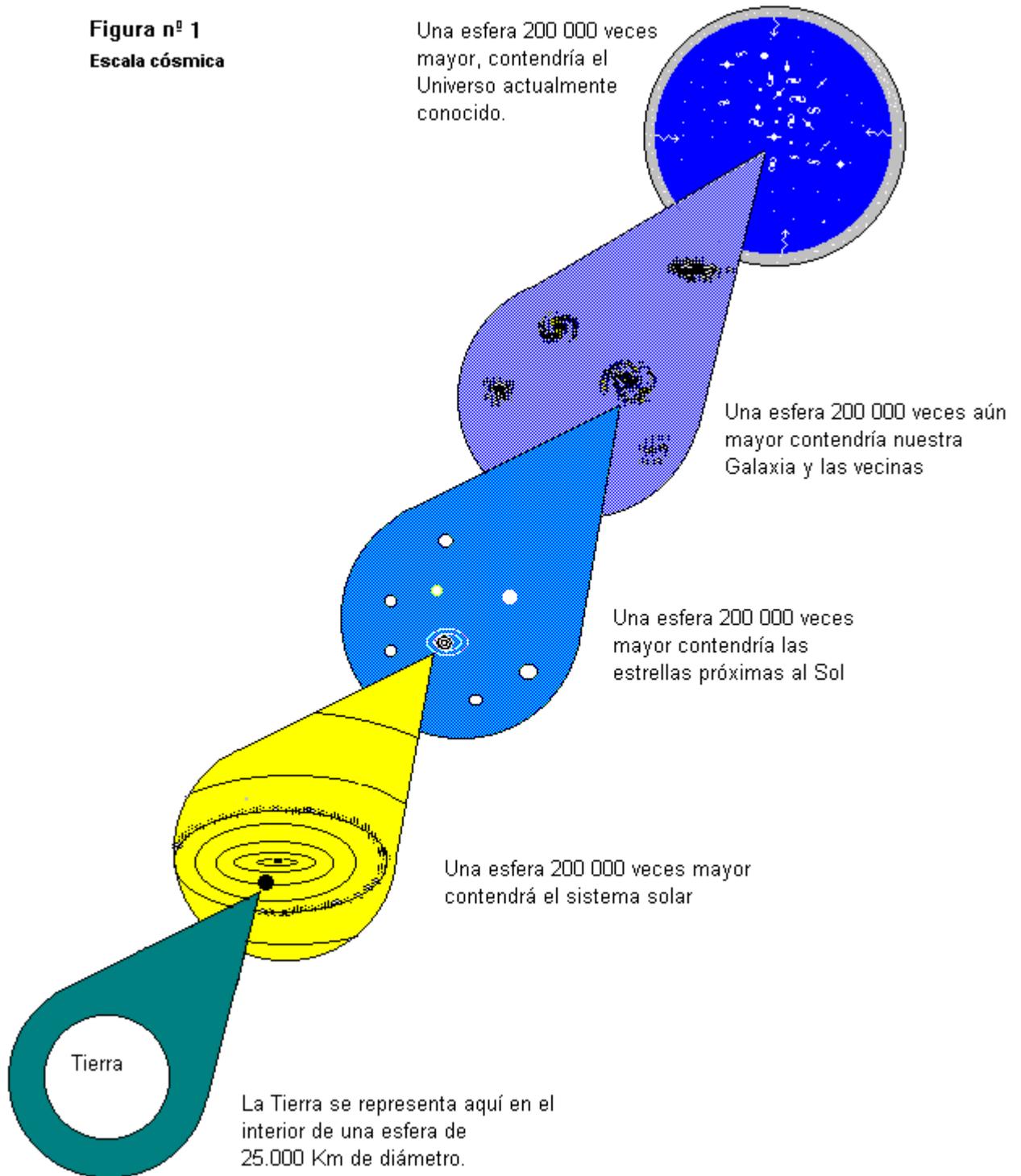
Fundamentalmente, el Universo es un espacio vacío, ilimitado, oscuro y frío, aproximadamente a 3 grados Kelvin (270° C sobre el cero absoluto).

El espacio a gran escala está vacío salvo algo de polvo y gas, casi un vacío perfecto, la densidad es de 1 átomo por metro cúbico, lo que equivale a un grano de arena perdido en un volumen cúbico de 30 Km de arista.

En la Teoría de la Relatividad de Einstein, el espacio se funde con el tiempo en una "*continuum*" denominado espacio-tiempo, por lo que el espacio deja de ser considerado como una entidad en sí misma y se encuentra siempre unido al tiempo.

Suponemos que el Universo surgió de una titánica explosión, el famoso **Bing-Bang** o Gran Estallido. Después de un largo y continuado proceso de evolución cósmica, el hombre como un objeto más surge en una pequeño "Oasis" de Calor y Luz de este sombrío y casi vacío Universo . Sabiéndonos productos de la evolución del Universo, significa entender que somos ciudadanos del mismo, habitantes del Cosmos... aunque no siempre seamos conscientes de ello, este horizonte cósmico tiene ¡¡15000 millones de años luz!!.

Figura nº 1
Escala cósmica



2ª.- ¿De qué está hecho el Universo?

En general, podemos decir que el Universo está hecho de un "contenedor" el espacio-tiempo, y de un "contenido" materia-energía. Del contenedor poco podemos decir. Del contenido, la Física actual admite la existencia de diversos estados de la materia. La gran mayoría de los objetos que "pululan" en el Universo son los gases. Estos contienen átomos o moléculas muy ligeros moviéndose con gran rapidez. Los gases más simples están constituidos por hidrógeno y helio que son los más abundantes del universo (el 80%). Las Nebulosas, las estrellas y los grandes Planetas tales como Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno están formados principalmente por estos gases.

Los Planetas, satélites, asteroides y cometas son otro grupo importante de objetos que se encuentran en el Universo. Muestran una constitución más sólida con presencia de rocas, hielo o metales en su superficie y además gravitan alrededor de una estrella o de un cuerpo central masivo. Marte, La Tierra y algunos satélites de Júpiter Ganímedes y Calixto, Titán de Saturno y Tritón de Neptuno son una buena muestra de estos objetos en el Universo.

Todas las diferencias que exhiben los distintos cuerpos celestiales están en función de la temperatura a la que se encuentran.

En los anteriores estados materiales, la estructura atómica, es preservada. Sin embargo, existen también estados de la materia extremos como sucede en el interior de las estrellas (donde la temperatura es del orden de millones de grados centígrados) apareciendo una nueva forma material, el plasma. En este estado la estructura atómica se desmorona, existiendo un "mar" de protones, neutrones, electrones..., exhibiendo unas características físicas y químicas muy diferentes de los anteriores estados materiales.

La abundancia cósmica de los elementos se muestra en la siguiente **Tabla I**:

ELEMENTO -----	Nº de átomos con relación a 1.000.000 de átomos de H.
Hidrógeno (H)	1.000.000
Helio (He)	63 000
Oxígeno (O)	690
Carbono (C)	420
Nitrógeno (N)	87
Silicio (Si)	45
Magnesio (Mg)	40
Neón (Ne)	37
Hierro (Fe)	32
Azufre (S)	16

El resto se halla repartido desigualmente entre los 70 elementos restantes conocidos.

3ª ¿Qué edad tiene el Universo?

Cualquier objeto que se encuentra en el Universo tiene una edad, pero la pregunta más interesante es la edad del propio Universo. La respuesta precisa a esta pregunta sería uno de los hallazgos científicos más importantes dado que se encuentra aún sin resolver. Para poder hablar de una edad tuvo que haber antes un nacimiento. La idea científica de que el Universo tuvo un origen se remonta a comienzos del siglo XX, cuando el astrónomo belga Abbé Georges Lemaître, propuso que el Universo habría nacido a partir de un "huevo cósmico", evento que posteriormente fue renombrado por el Astrofísico Británico Sir Fred Hoyle, no sin cierta ironía Big Bang o en su traducción castellana en una Gran explosión o Estallido, la cual aconteció hace aproximadamente unos quince mil a veinte mil millones de años. Este estallido inicial supuso la creación simultánea del espacio y del tiempo, así como de la materia-energía.

El Universo actual se halla en continua expansión tal como demostró a principios del siglo XX, el astrónomo Norteamericano Edwin Hubble. Éste, encontró una relación lineal (Ley de Hubble) entre la distancia a la cual se encuentra una galaxia y la velocidad con la que se aleja del observador (en este caso un observador terrestre). Este hecho significa que cuanto más lejana se encuentra una galaxia, mayor es su velocidad en el flujo de expansión universal. La constante de Hubble (H_0 , denota el valor de la constante en el momento actual de la historia del Universo) indica el incremento en la velocidad (expresada en Km/seg) por unidad de distancia cósmica (Megaparsec). El valor de esta constante es actualmente un asunto de gran controversia. Precisamente el hecho de que las galaxias se alejen significa que según nos remontamos hacia el pasado, las galaxias se encontraban más cercanas entre sí, hasta fundirse en un minúsculo punto del cuál se produjo la gran explosión.

4ª .-¿Proseguirá eternamente la expansión del Universo?

Un parámetro importante que nos dice cual puede ser el destino de nuestro Universo, es un número sin dimensiones (Ω) que representa la relación entre la densidad (ρ) real del Universo y la denominada densidad crítica (ρ_c). Para conocer el valor de Ω hay que determinar el contenido total de la materia y energía ("materia bariónica") ordinaria, así como la cantidad de materia oscura o desconocida, la cual es invisible a nuestros detectores (no brilla), aunque se detecta por su influencia gravitacional sobre el movimiento de objetos formados por materia bariónica, por ejemplo sobre el movimiento de giro de las distintas regiones de las galaxias alrededor de su núcleo central. La naturaleza última de esta "*dark matter*" no es aún conocida (ver pregunta 94). De manera que todo cuanto conocemos es que el Universo se encuentra en la actualidad en una continua expansión.

No obstante, se pueden ofrecer tres modelos sobre la posible evolución futura del Universo. De esta forma la Cosmología que estudia la estructura, límites, origen y evolución del Universo contempla tres posibles alternativas a su destino final:

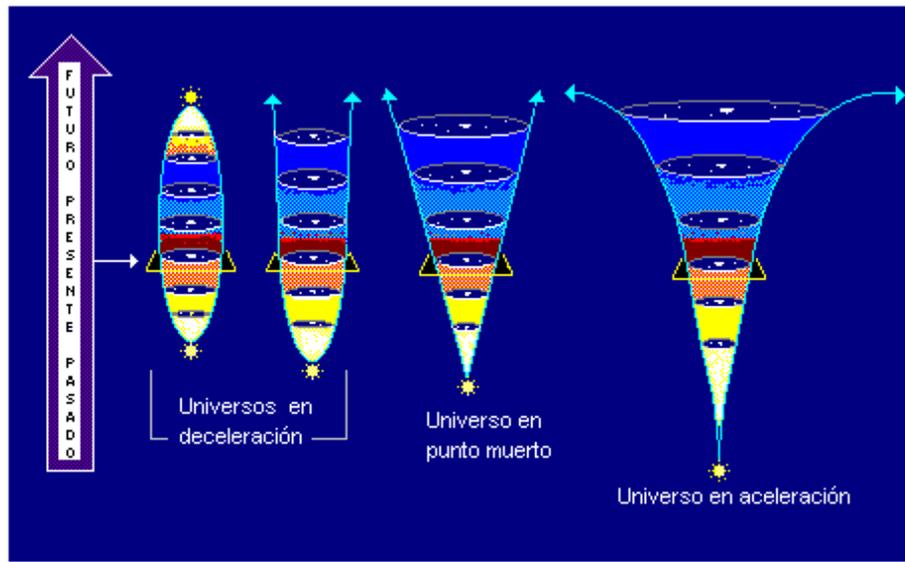


Figura nº 2
Posibles modelos sobre la expansión del Universo

1. Si la densidad del universo está por debajo del valor crítico entonces $\Omega < 1$, y la fuerza gravitatoria del Universo no será lo suficientemente grande como para parar su expansión. Este se expandirá continuamente, separándose al "*in finitum*" las galaxias unas de otras. El volumen del Universo irá aumentando, la temperatura del mismo continuará bajando enfriándose hasta convertirse en un lugar muy inhóspito y "silencioso". Puede por lo tanto, extenderse infinitamente durante toda la eternidad. Un caso muy interesante de esta evolución sería el que se daría si el $\Omega = 1$, entonces la expansión del Universo estaría en un punto equilibrio estacionario entre la dinámica de expansión y la opuesta de la contracción.

2. Si la densidad del Universo se encuentra por encima del valor crítico ($\Omega > 1$), en un momento de su evolución, este alcanzará un punto máxima expansión a partir del cual comenzará una continua contracción, retornando al punto inicial para explotar iniciando un nuevo ciclo y así sucesivamente. Este es modelo del Universo cerrado o cíclico.

Este segundo modelo está curiosamente registrado por las escrituras milenarias sagradas de los Vedas en la tradición hindú. El Universo físico se multiplica en la manifestación de un día de Brama con una duración de 8640 millones de años. Pasado este tiempo llega la noche de Brama y comienza la contracción. Así, una y otra vez en una rueda de muertes y renacimientos continuos a escala cósmica. También hay un ciclo mayor, llamado *Kalpa* de una duración de 100 años brahmánicos. Esta última cifra está en la línea de la cosmología científica actual y lleva a la conclusión de que el Big Bang es el inicio de este Universo, pero sólo es uno de los muchos Universos que se han dado y que se darán. El actual día de Brama está presidido por Shiva.

3.- Un modelo que inicialmente no fue considerado, sería aquel cuya densidad es menor que la crítica, pero el Universo muestra una expansión acelerada. Las medidas actuales del parámetro de deceleración, indican que el Universo incrementa su velocidad de expansión con el transcurso del tiempo y que esta velocidad es ahora mayor que cuando el Universo era más joven.

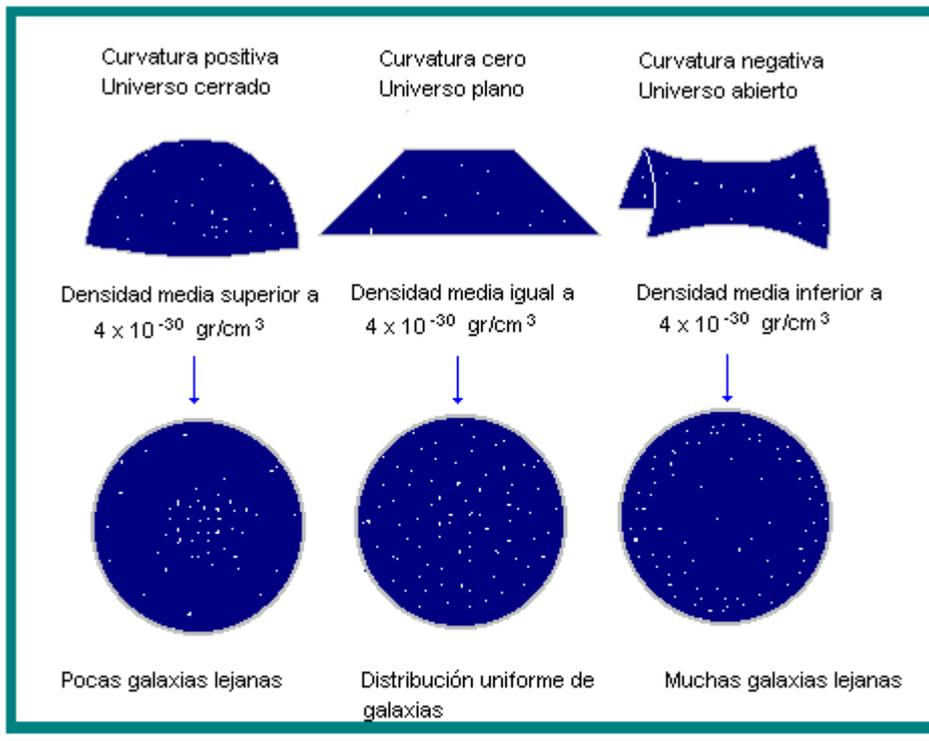


Figura n° 3

Cada partícula con masa-energía del Universo, produce una curvatura en el espacio-tiempo. La suma de todas ellas determina la forma en el que éste evolucionará.

Por último, hay también que señalar la existencia de un modelo alternativo al que arriba se ha expuesto. Propuesto por los astrofísicos Holey, Bondi y Gould en los años 50. Estos autores sostienen que el Universo ha existido siempre y las galaxias se separan desde siempre, formándose nuevas galaxias que sustituyen a las que desaparecen (principio cosmológico perfecto). El Universo es estable y en una continua creación. A este modelo se le ha denominado del estado estacionario. El descubrimiento de la radiación de fondo de microondas por Penzias y Wilson (1963), supuso prácticamente el abandono de esta Teoría.

5ª .-¿Qué sucedió en los primeros instantes del Big Bang?

La observación de la radiación fósil, es decir, el eco de la gran explosión o radiación cósmica de fondo (CBM), nos permite ir muy hacia atrás en el tiempo, aproximadamente cuando el Universo tenía de 150.000 a 300.000 años de edad, siendo por lo tanto la "imagen" más joven que se puede tener del Universo. Sin embargo, a medida que nos aproximamos al tiempo cero las pruebas se desvanecen y sólo la especulación teórica es posible. En el gran brasero inicial, (la esfera de fuego primitivo) todo el universo estaba comprimido a un simple punto, el calor fue tal que todas las estructuras que conocemos hoy día estaban desmanteladas o no existían, las señales desaparecen y nos hundimos en un mundo más simple y simétrico.

En la Senda de las estrellas

No obstante, gracias al estudio de la abundancia de los elementos ligeros (D, H, ^3He , ^4He , ^7Li) que se cree que fueron sintetizados (Nucleosíntesis Primordial) en las primeras millonésimas de segundo después de la Gran Explosión, tenemos información de lo que probablemente ocurrió en esos primeros instantes. Esta etapa primordial recibe por ello el nombre de la era de los **hadrones**, dado que se formaron las partículas hadrónicas (llamadas así por su capacidad de "sentir" la fuerza nuclear fuerte - "de hadros" que en griego significa fuerte), conocidas como protones y neutrones. Después, en el primer segundo y siguientes se formaron las partículas más ligeras, incluyendo a los electrones, estamos en la era de los **leptones** (del griego, *leptos* que significa ligero, pues no sufren la influencia de la fuerza fuerte). Luego, desde los pocos segundos hasta los 300.000 años posteriores la mayor parte de la energía del Universo estaba en forma de fotones de alta energía, como los rayos gamma, los cuales procedían de la aniquilación de las partículas y antipartículas, siendo esta la era de la radiación. Los hadrones y los leptones son los residuos materiales de esta gran destrucción. Finalmente, 300.000 años después de la Gran Explosión el Universo se produce la última dispersión de esta radiación con la materia ionizada, produciéndose el desacoplamiento entre materia y radiación y volviéndose transparente el Universo.

La radiación puede ya viajar libremente sin la continua interferencia con la materia, que ya se encuentra estructurada en forma de átomos, desde entonces esta radiación se ha ido enfriando como consecuencia de la expansión del Universo, y sufriendo además un corrimiento hacia el rojo en su longitud de onda, apareciéndonos hoy en día (entre unos 8-15.000 millones de años después) en la parte de microondas del espectro electromagnético, de ahí su nombre de radiación de fondo de microondas (CBM). Desde entonces, en el Universo comenzaron a emerger por autogravitación (a partir de pequeñas fluctuaciones de densidad, las cuales dejaron su impronta como pequeñas fluctuaciones en la temperatura de la CBM, detectada en los años 90 por el satélite Norteamericano COBE) las estructuras materiales que actualmente observamos en el Universo (Galaxias, cúmulos de galaxias, planetas, etc...), por todo ello, esta etapa en la evolución del Universo ha recibido el nombre de era de la materia.

6ª.- ¿Cuales son las fuerzas principales en el Universo?

Actualmente todas las interacciones que acontecen entre las partículas y objetos que existen en nuestro universo están mediadas por cuatro fuerzas principales: fuerza gravitatoria, fuerza electromagnética, fuerza nuclear débil y fuerza nuclear fuerte.

La fuerza más importante que rige los destinos del Universo a gran escala y la única que afecta a todo el Universo como totalidad, es la fuerza de la gravedad. La característica más importante de la Gravedad es que es siempre atractiva, y es capaz de sentirla todo objeto material que se encuentre en el Universo, de ahí que en el mundo del microcosmos no tenga relevancia, pero cuando el número de partículas materiales aumenta, comienza a sentirse su efecto, de hecho fue la primera fuerza en ser descubierta (no hace falta más que dejar caer un objeto para tener evidencia experimental de la misma).

La segunda fuerza en ser descubierta fue la electromagnética, actualmente es una de las mejor conocidas y la que más utiliza el Hombre en su que hacer diario, se pone de manifiesto cuando existen partículas materiales cargadas eléctricamente. Podría ser tan importante como la gravedad, pero el hecho de que existan dos tipos de cargas (positivas y negativas) capaces de anular sus efectos entre sí, hace que esta fuerza se manifieste a una pequeña escala, cuando los átomos que forman un objeto pierden electrones (proceso denominado de ionización). Es una de las fuerzas que posibilitan la emergencia de la estructura atómica y por lo tanto permite que existan procesos y transformaciones químicas, la base dinámica sobre la que se sustenta la diversidad y variedad de las cosas que el hombre ve cotidianamente a su alrededor.

La fuerza nuclear fuerte, es la de más de corto alcance, aunque esta es la fuerza que permite la existencia del núcleo atómico y por lo tanto el comienzo en la estructuración de la materia que conocemos. Esta fuerza que media en la interacción entre los constituyentes básicos de los hadrones, los QUARKS (este nombre tan extraño, fue propuesto por Murray-Gell-Mann, a partir de una cita de un libro del escritor James Joyce "*Tres quarks para Mr. Murd*") los últimos constituyentes de los nucleones. Con dos clases de QUARKS (Up, Down) se pueden formar todos los protones y neutrones del Universo. El estudio de estas fuerzas nucleares se consiguen actualmente en los diversos aceleradores de partículas que "trituran" mediante choques a un alto nivel de energía, diversos tipos de partículas o antipartículas.

La fuerza nuclear fuerte está en el origen del fenómeno de desintegración radiactiva y por lo tanto la transformación de unas partículas de un tipo en otro.

7ª.-¿Cuales son los principales Principios de la Cosmología?

Los Principios Cosmológicos que permiten entender la estructura global del Universo de una manera sencilla, están basados en el supuesto filosófico de la inexistencia de un centro o marco de referencia especial. El Principio Copernicano, propuesto en su Magna obra "*De Revolutionibus Orbium Caelitium*" supuso el desplazamiento de la Tierra de su posición de privilegio en el Sistema Solar, siendo relegada a ser un planeta más que gira alrededor del Sol. Una ampliación de este principio realizada en el siglo XX es el Principio Cosmológico. Nuestro hogar galáctico (la Galaxia de la Vía lactea) no tiene ni se encuentra en un lugar privilegiado en el Universo. Un supuesto habitante de cualquier otra galaxia vería el Universo, aproximadamente igual que nosotros. En otras palabras, el Universo es isótropo (igual en todas las direcciones) y homogéneo (igual en cada punto) a gran escala; en consecuencia, no hay que buscar un centro ya que este está en todas partes.

Estos dos principios son por lo tanto afirmaciones de mediocridad. El Principio de Relatividad de Einstein, es otra extensión de las ideas copernicanas, aplicado a la dinámica del Universo. Todos los sistemas de referencia ("lugares") del Universo a respecto de su movimiento son similares a la hora de medir (por ejemplo la velocidad de la luz), describir y cuantificar las leyes físicas que rigen el dinamismo y la estructura del Universo. Sin embargo, con el Principio Antrópico, propuesto explícitamente en década de los 70 por los cosmólogos B. J. Carr y M.J. Rees sitúan de nuevo, al contrario que los anteriormente comentados, al hombre en el centro del escenario cósmico; su existencia es un factor de selección de los valores que se deben introducir en las ecuaciones de las leyes físicas para que la emergencia de observadores sea posible.

En palabras del astrofísico Hubert Reeves, el principio se anuncia mas o menos así: "Dado que existe un observador, el universo tiene las propiedades requeridas para engendrarlo". La Cosmología debe tener en cuenta la existencia del cosmólogo.

8ª.-¿Porque el cielo nocturno es oscuro?

Esta ingenua y aparentemente simple pregunta encierra sin embargo una de las paradojas cosmológicas más profundas que ha desafiado a las múltiples respuestas desde que fuera insinuada por Kepler, aunque hecha más explícita por el astrónomo Heinrich Olbers en 1826.

La paradoja se puede formular así: si nuestro Universo es infinito en el tiempo y en el espacio, y posee un número infinito de galaxias (la propuesta original de Olbers eran estrellas, pues todavía no era conocido la existencia de otros "universos islas") entonces en cualquier línea o dirección del cielo a la que dirigiéramos nuestra mirada durante una noche sin luna, el cielo tendría que resplandecer por la luz que nos llega de todo el conjunto de estrellas, como esto no es lo que observamos es de aquí donde surge la paradoja.

La noche es oscura en la Tierra porque estamos de "espaldas" al Sol, ahora bien, el cielo sigue siendo oscuro (no hace falta más que ver las fotos del cielo desde la superficie de la luna obtenidas por las naves Apolo, para tener una idea muy clara de esta afirmación). La respuesta dada por diversos autores a la paradoja depende esencialmente de eludir algunos de los supuestos admitidos por Olbers. Así si el Universo no es infinito en el espacio y en el tiempo como teoría del Big-Bang propone, el Universo no tendría suficientes estrellas o galaxias para alumbrar todo el cielo y si además como se halla en expansión, la energía de la luz que nos llega se debilita por efecto de corrimiento hacia el rojo, de tal manera que sumando estos dos hechos se podría resolver la paradoja.

No obstante, una aclaración a los supuestos de la paradoja de Olbers, la da el físico Paul Marmet, el cual nos recuerda que el cielo es oscuro únicamente en las longitudes de onda del visible (la única que puede detectar el ojo humano) si observáramos el cielo en otras longitudes de onda (por ejemplo en la zona microondas, 21 cm) con unas hipotéticas gafas capaces de "ver" esta radiación (radiación de fondo de microondas) el cielo nos aparecería totalmente brillante.

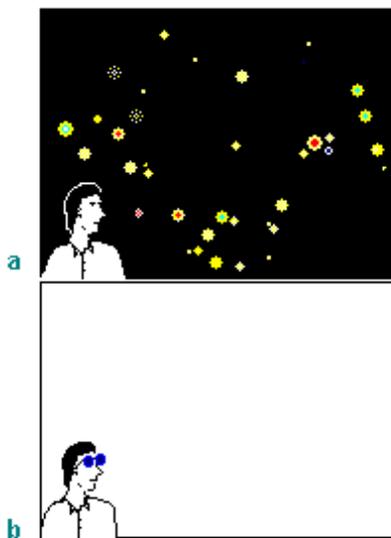


Figura nº4

En el cuadro (a), vemos el cielo oscuro, mientras que en el cuadro (b) con unas hipotéticas gafas 3K, veríamos un cielo totalmente brillante.

9ª.-¿Por qué es tan grande el Universo?

Aunque es difícil captar la inmensidad del Universo, ya que sólo con los números que son potencias de diez somos capaces de expresarlo (ver figura-1), podríamos no obstante, cambiar el matiz de la pregunta y hacer esta otra: ¿Sería posible la existencia de un Universo relativamente más pequeño que el nuestro?. Si bien la respuesta a estas cuestiones no está aún zanjado, se puede encontrar una vía de comprensión utilizando el llamado **Principio Antrópico**: el tamaño de nuestro universo es tal que sino fuera así, no estaríamos aquí para observarlo. La aparición de observadores "conscientes" (en este caso los humanos) en el Universo requiere una gran cantidad de tiempo, durante el cual la expansión cósmica universal esta en marcha, por lo tanto una posible respuesta sería esta: el Universo ha tardado entre unos 12-15000 millones de años en llegar hasta nosotros, y ese es el tamaño que observamos, pues si fuera más pequeño no estaríamos aquí para verlo, ni medirlo.

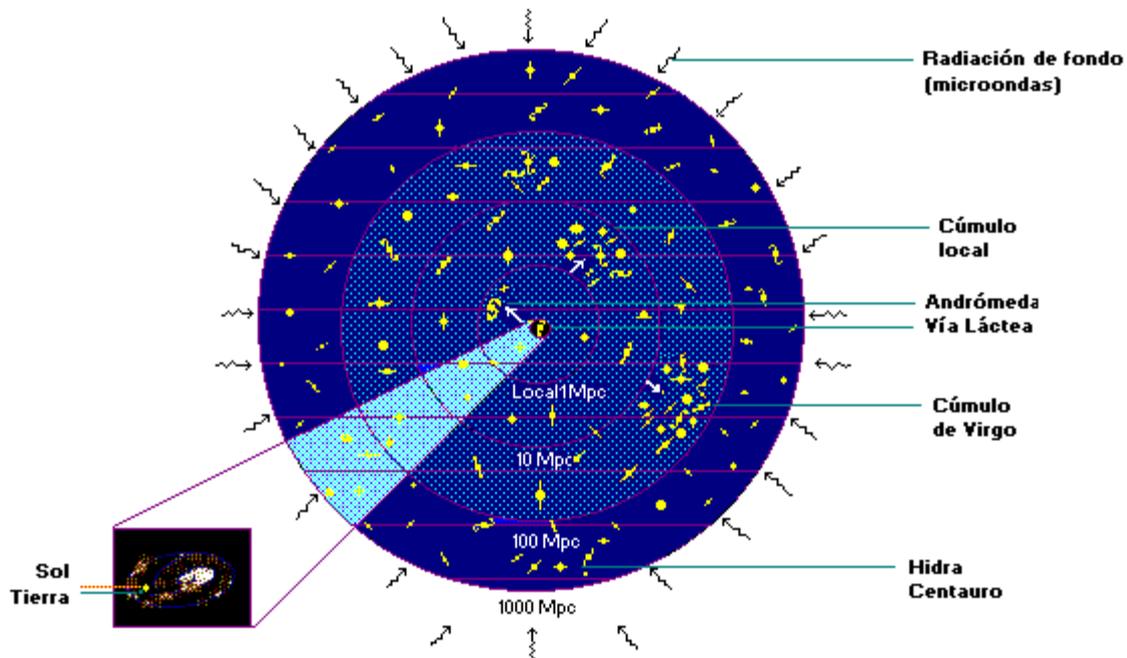


Figura nº 5

La Tierra se mueve alrededor del Sol a 30 Km/s y este alrededor del centro de la galaxia, la Vía Láctea a 225 Km/s. La Vía Láctea parece moverse hacia la Galaxia de Andrómeda a 100 Km/s, ambas galaxias a su vez junto a otras pequeñas galaxias del cúmulo Local alrededor del cúmulo de Virgo a 220 Km/s. Este supercúmulo Local parece moverse en dirección a los cúmulos de Galaxias de la Hidra y el Centauro a 400 Km/s.

Hay que decir también que en ciertos modelos cósmológicos conocidos como Inflacionarios, el tamaño tan gigantesco del Universo, se debería a que este pasó en sus más tempranas etapas de existencia por un proceso de inflación, esto es se infló (aquí la analogía con un globo inflándose es muy evidente) y las distancias cósmicas se agrandaron enormemente, siendo el universo observable solo una porción de un universo relativamente mucho mayor.

10ª.-¿Cuáles son las fuentes de energía más poderosas del Universo?

Los Quasars o QSO (Quasi-Stellars-Objects), están entre los objetos más energéticos y violentos en el Universo, caracterizados por la liberación de una enorme cantidad de energía. Los QSO son intensamente luminosos con apariencia de estrella (de ahí su nombre: casi-estelar) y siempre emiten una considerable cantidad de energía electromagnética en las longitudes de onda de radio. Se supone que se localizan en núcleos de galaxias lejanas a millones de años luz de distancia.

Los Quasars son todavía un misterio. Al encontrarse a una distancia de 2000, 5000 o más de años luz nos revelan que son objetos "tempranos" en la formación del Universo. La energía que emiten es escalofriante, ¡cómo la de una Galaxia entera!. Sin embargo, las dimensiones o volumen del "núcleo" donde se origina tan extraordinaria cantidad de energía es como el de una estrella. ¿Qué es lo que se esconde detrás de su enigmática naturaleza? ¿Serán la consecuencia de choques entre Galaxias de materia con otras de antimateria?, ¿O tal vez sea un agujero blanco? es decir, un objeto que recoge y expulsa la energía oculta en agujeros negros o invisible a nuestros conocimientos? . No obstante, la hipótesis más reciente es que son núcleos activos (AGN) de galaxias, en los cuales ingentes cantidades de materia al ser engullidas por un gigantesco agujero negro y es transformada en parte en energía que es emitida por el Quasar, generalmente a través de dos Jets que emergen como lóbulos de emisión del núcleo. Al estar tan alejados, el brillo de la materia estelar galáctico alrededor de este núcleo luminoso, es eclipsado por la intensidad de esta enorme radiación.

Recientemente los fenómenos conocidos con el nombre de GRB del inglés "*gamma ray burst*" (fuentes explosivas de rayos gamma) han llamado la atención de la comunidad científica. Los CBR, son explosiones que liberan una colosal cantidad de energía en forma de rayos gamma (γ), localizados a millones de años luz de distancia. Estas misteriosas explosiones fueron por primera vez detectadas por la serie de satélites Vela. La energía que libera una GRB en pocos segundos equivaldría a la que el Sol emite en ¡10.000 millones de años!. La naturaleza física de estas potentes fuentes energéticas es actualmente desconocida.

11ª.-¿Qué es el espectro electromagnético?

Cuando en 1666 el Gran Newton, descompuso la luz blanca mediante su famoso experimento del prisma de cristal, se tuvo que quedar tan impresionado que denominó a esta descomposición el "espectro" de la luz.

La radiación electromagnética es el flujo de energía en forma de ondas electromagnéticas producidas por las oscilaciones conjuntas de un campo eléctrico y magnético.

El espectro de radiación electromagnética, es el conjunto formado por todas las ondas electromagnéticas, cuya principal diferencia es la longitud y la frecuencia de la onda. El espectro electromagnético comprende las ondas hertzianas o las ondas de radio, microondas, los rayos infrarrojos, la luz visible, los rayos ultravioletas, los rayos X y los rayos Gamma. Todos ellos viajan a la velocidad de la luz.

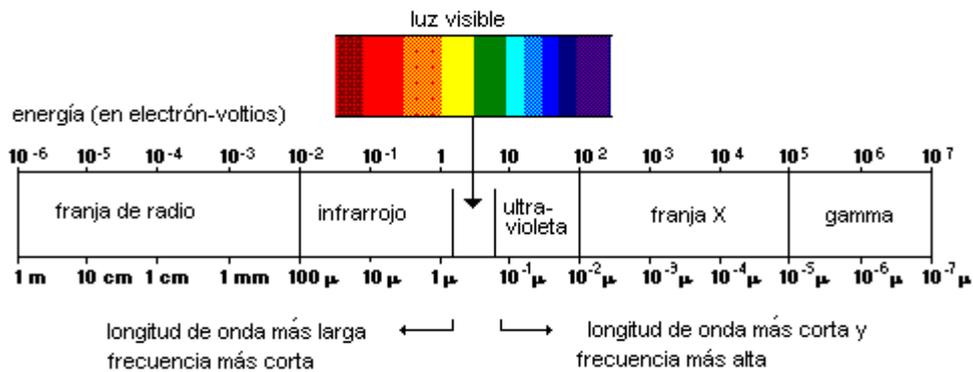


Figura n° 6
Espectro de radiación electromagnética

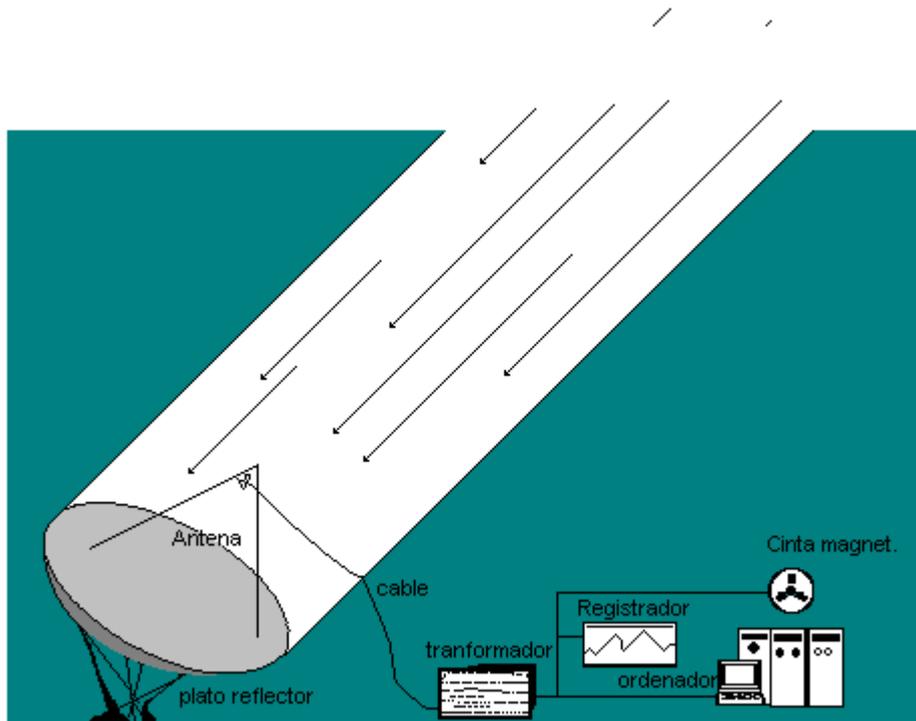
En la banda del espectro que corresponde a las ondas de radio y los rayos infrarrojos son invisibles al ojo humano, siendo la longitud de onda más larga y de frecuencia baja, les siguen la banda de colores del espectro visible: rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta. Después las longitudes de onda son más cortas y de frecuencia más alta que comprende los rayos ultravioletas, los rayos X y los rayos gamma que son producidos por los objetos y fenómenos más energéticos y violentos del Universo.

12ª.- ¿Qué es la Radioastronomía?

Es aquella parte de la Astronomía y Astrofísica que estudia los fenómenos del Universo "viéndolos" a través de las ondas de radio. Esta disciplina científica surgió a partir de los años 50, como una utilización lateral del radar, el cual permite captar los aviones en la distancia así como determinar su dirección y velocidad. Este instrumento había sido ampliamente mejorado en el transcurso de la segunda guerra mundial y pudo ser rápidamente utilizado para hacer observaciones radioastronómicas.

Figura nº 7

Radiotelescopio común



Actualmente existen grandes radiotelescopios situados en lugares diferentes de la superficie terrestre, estando sus observaciones sincronizadas con ordenadores (Interferometría) de manera, que en la práctica un radiotelescopio puede tener un diámetro que cubre miles de Km. El radiotelescopio recibe las microondas y ondas de radio (para lo cual necesita la tan característica antena en forma de plato, para poder concentrar o focalizar las ondas de radio en el receptor, que como sabemos tienen longitudes de onda de metros). Para este tipo de "luz" la niebla, el polvo y las perturbaciones atmosféricas no tienen importancia, de manera, que tenemos una nueva ventana de luz abierta al espacio exterior.

Gracias a los radiotelescopios podemos estudiar hoy objetos del cielo profundo y observar otros fenómenos que rodean por ejemplo a los núcleos de las galaxias más distantes, Pulsars, Quasars, etc.... que no es posible detectar con los telescopios ópticos.

13ª.-¿Cómo se reconocen los elementos químicos de los objetos distantes del Universo?

A comienzos del siglo XIX, tuvo lugar el nacimiento de la espectroscopia como Ciencia. Uno de los primeros en utilizar el espectroscopio para observar la luz solar fue Joseph Fraunhofer (1817). Este físico alemán siguiendo estudios anteriores descubrió multitud de líneas oscuras en el espectro de la luz blanca del Sol. Luego se dieron cuenta que estas líneas oscuras estaban presentes en el espectro de otras estrellas, notando además que algunas de estas líneas estelares estaban ausentes en el espectro del Sol y al contrario.

Los científicos alemanes Busen y Kirchoff a mediados del siglo XIX consiguen dar una clara explicación a este hecho. Comparando las líneas brillantes de emisión presentes en los espectros de diversos elementos obtenidos en el laboratorio (ver figura nº 8), con las líneas oscuras del espectro solar, se dieron cuenta que estas últimas se correspondían con las primeras. Así, el helio (de *Hellios-Sol*) se identificó primero en el Sol, antes de que fuera descubierto en la Tierra. Más tarde Kirchoff descubrió el cesio y el rubidio (en latín *cesium* significa cielo azul, y el *rubidium*, rojo).

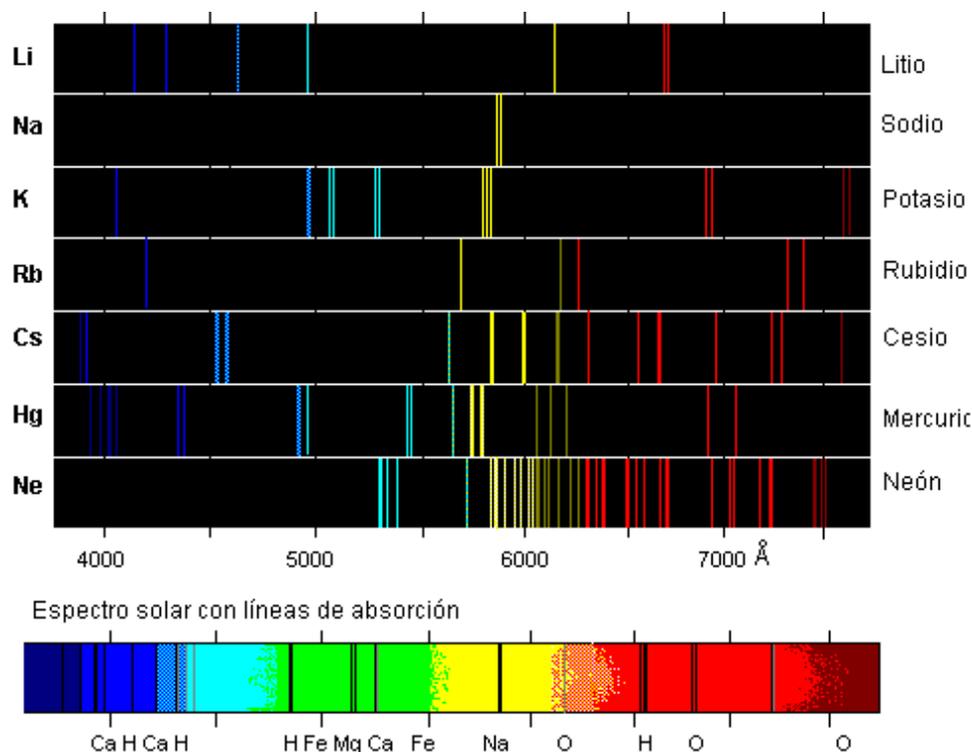


Figura nº 8 Espectro de emisión de varios elementos y espectro solar.

Notese por ejemplo, que las rayas brillantes amarillas que aparecen en el espectro de emisión de Sodio (Na), coinciden en la misma posición (igual longitud de onda) con las rayas oscuras de absorción que aparecen en el espectro solar indicando la presencia de Sodio en la atmósfera del Sol.

Por tanto es posible detectar de forma sencilla la presencia de un elemento o compuestos simples del mismo en los espectros por medio de su "huella dactilar". Esta huella se puede presentar como líneas brillantes de emisión sobre un fondo oscuro, si el elemento está muy caliente (espectro de emisión) o como líneas oscuras sobre un fondo brillante (espectro de absorción) si los elementos están relativamente fríos y absorben luz.

Mediante el estudio de las líneas espectrales se descubrieron por primera vez el dióxido de carbono (CO₂) en las atmósferas de Marte y de Venus. Actualmente se disponen de modernos instrumentos para este fin, llamados Espectrógrafos.

14.-¿Qué es el diagrama de Hertzsprung-Russell (H-R)?

El diagrama de Hertzsprung-Russell (H-R), llamado así en honor a sus autores Ejnar Hertzsprung y Norris Russell, es un gráfico en donde se representa en uno de los ejes cartesianos (eje de la Y) la luminosidad absoluta de una estrella y en el otro eje (el de la X) la temperatura estelar superficial, de tal manera que la simple inspección visual del diagrama nos permite distinguir fácilmente los diferentes tipos de estrellas.

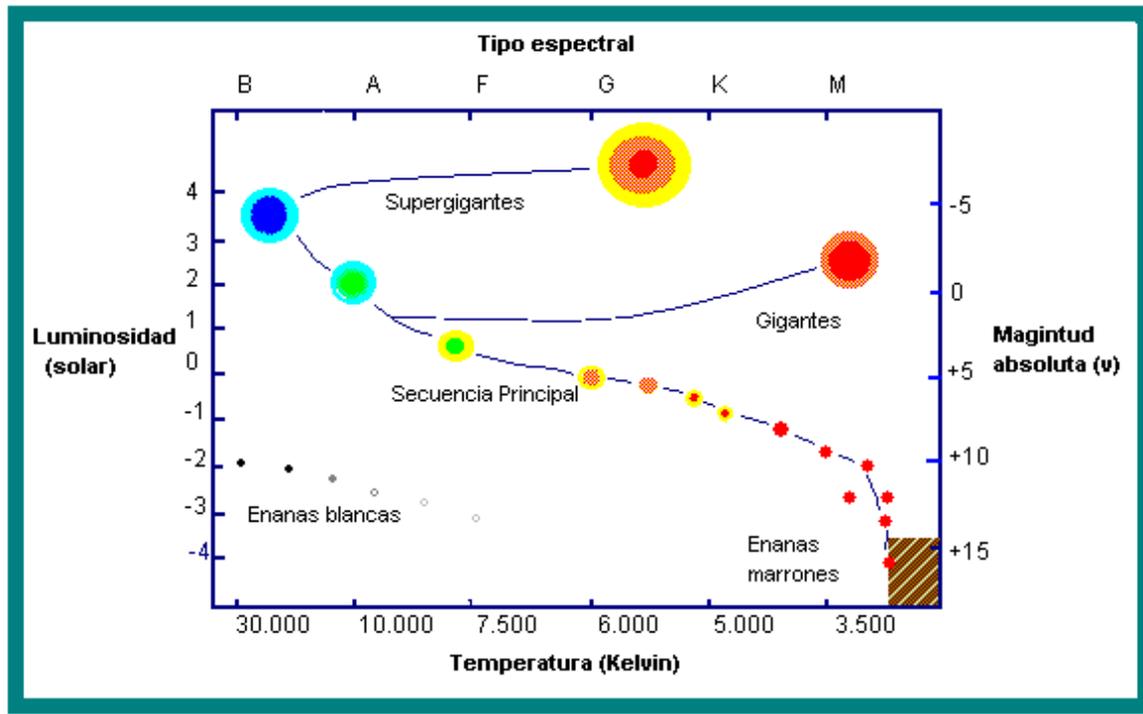


Figura n° 9 Diagrama HR

En un diagrama HR, se representan las posiciones de las estrellas teniendo en cuenta su luminosidad, temperatura y tipo espectral.

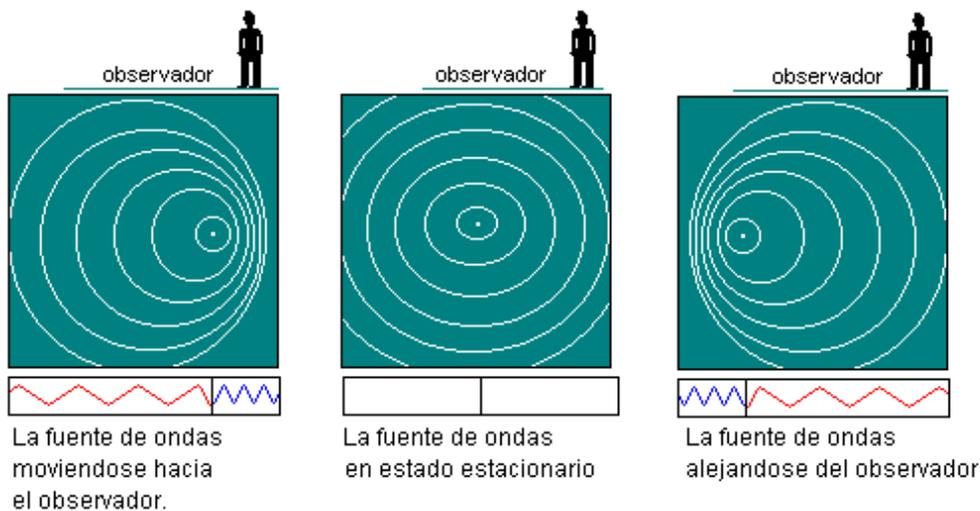
El diagrama H-R, relaciona pues el brillo intrínseco de un objeto estelar con su temperatura superficial. Técnicamente, sólo los gráficos de magnitud absoluta en función del tipo espectral son los diagramas de H-R, aunque se denominen también así otros gráficos de corte similar.

15.-¿Qué es el efecto Doppler?

El efecto debe su nombre al físico Christian Johann Doppler, quién descubrió a mediados del siglo XIX, que el intervalo entre las ondas sonoras emitidas por una orquesta que tocaba en una locomotora eran más breves si esta se acercaba, que cuando se alejaba y determinó la relación matemática entre velocidad y tono. Más tarde Fizeau descubrió que el efecto Doppler era aplicable no solo para las ondas sonoras sino también para las ondas de luz y en general para todo tipo de ondas. Desde entonces el efecto Doppler se utiliza para determinar la velocidad de los objetos estelares. Así por ejemplo, se utiliza para calcular la velocidad angular de giro de un sistema de estrellas dobles, o como hemos visto anteriormente para determinar la velocidad de recesión cósmica de las galaxias.

En el caso de las ondas electromagnéticas, el efecto Doppler es la variación de la longitud de onda de la luz detectada para un objeto en movimiento, con relación a la longitud de onda medida de esa misma luz, cuando el objeto está en reposo. Si el objeto emisor se acerca a nosotros, el número de ondas de luz recibidas aumenta, observándose este efecto como un desplazamiento hacia el azul del espectro; por el contrario, si el objeto se aleja el desplazamiento es hacia el rojo alargándose las longitudes de las ondas.

Figura nº 10 El efecto Doppler



16ª.-¿Cuales son las unidades de medida habituales en Astronomía?

Antes de introducir las Unidades más utilizadas en los estudios astronómicos conviene recordar al lector los principales modos de expresar los números a los que se refieren esas Unidades. En principio cabe decir, que para facilitar la comprensión de cifras muy altas, se utiliza las potencias 10, por ejemplo:

Notación en potencias de 10

10^5	=	100 000
10^4	=	10 000
10^3	=	1 000
10^2	=	100
10^1	=	10
10^0	=	1
10^{-1}	=	0,1
10^{-2}	=	0,01
10^{-3}	=	0,001
10^{-4}	=	0,0001

Las Unidades de las magnitudes fundamentales de la Física: Longitud, masa, tiempo son:

Longitud

1 metro (m) S.I.	=	100 cm
1 centímetro (cm) c.g.s.	=	10 mm

Múltiplos y Submúltiplos

1 km	=	1000 m
1 milímetro (mm)	=	10^{-3} m
1 micrómetro (1 μ)	=	10^{-6} m
1 nanómetro (nm)	=	10^{-9} m

Masa:

1 gramo (g) (c.g.s)	=	1/1000 kg
---------------------	---	-----------

Las unidades astronómicas más habituales son:

1 Angstrom (Å)	=	10^{-8} cm
1 Unidad astronómica (U.A)	=	$1,495979 \times 10^{11}$ m
1 año luz (al)	=	$6,3240 \times 10^4$ UA
	=	$9,46053 \times 10^{15}$ m
	=	$9,46 \times 10^{12}$ km
1 parsec (pc)	=	206265 UA
	=	$3,085678 \times 10^{16}$ m
	=	3,261633 a.l.
1 kiloparsec (kpc)	=	1 000 pc
1 megaparsec (Mpc)	=	1 000 000 pc

Una mención especial requiere el año-luz. Dada la gran distancia que separa a las estrellas y a los objetos celestes en general, se hace necesario un sistema de medida diferente al habitual o cotidiano para calcular dichas distancias. Para ello los astrónomos utilizan como vara de medir la velocidad de la luz. La luz recorre cerca de 300.000 Km en un segundo, exactamente 299.792.458 m/seg.

Un año luz es la distancia que recorre la luz en un año. Así, un año tiene 365 días, un día tiene 24 horas, una hora 60 minutos y un minuto 60 segundos; lo cual significa que cada año tiene casi 31.557.000 segundos. Multiplicando la distancia que la luz recorre en un segundo por el número de segundos en un año, obtendremos que en un año la luz recorre alrededor de 9,46 billones de Km. Esta distancia se denomina año luz. Por ejemplo las estrellas más cercanas al sol se encuentran en un radio de 100 años luz.

Un año luz sin embargo, es una medida pequeña cuando se trabaja con distancias a escala cósmica, para ello se utiliza también el Parsec que es la distancia a la que estaría una estrella que es visualizada con un segundo de arco de paralaje.

Un parsec es igual 3,2616 años luz. Un megaparsec es igual a 3.262.000 años luz.

Nuestro Sistema solar tiene un diámetro de 11h luz y se halla a unos 30.000 años luz del centro de nuestra Galaxia, la Vía Láctea.

La referencia de todas las unidades aquí dadas se pueden encontrar en la dirección Web del Centro Europeo de la Investigación Nuclear en Ginebra. Suiza. <http://www.cern.ch>.

17.-¿Cómo se miden las distancias a las estrellas?

Hay varios métodos para medir las distancias a los objetos celestes. En distancias cortas (hasta unos 500 años luz), el método más utilizado es el estudio de la **paralaje**. La cantidad de paralaje de una estrella indica la distancia a la que se encuentra. Para medirlo, se observa el cambio de la posición aparente de una estrella con respecto al fondo del cielo, en dos mediciones separadas por un tiempo de seis meses, que supone la observación desde dos puntos que distan uno del otro un diámetro de la órbita de la Tierra. Dicho de otro modo: si una estrella recorre de forma aparente un segundo de arco en el tiempo que la Tierra recorre la distancia que hay entre la Tierra y el Sol, estará a una distancia de un parsec.

Una de las primeras estrellas medidas a través de la técnica de la paralaje, fue la estrella 61 Cygni. Esta estrella muestra un paralaje de 0,29", por lo tanto la distancia (r) a la que se encuentra es igual a $(1/p) = 3,448$ parsecs (pcs).

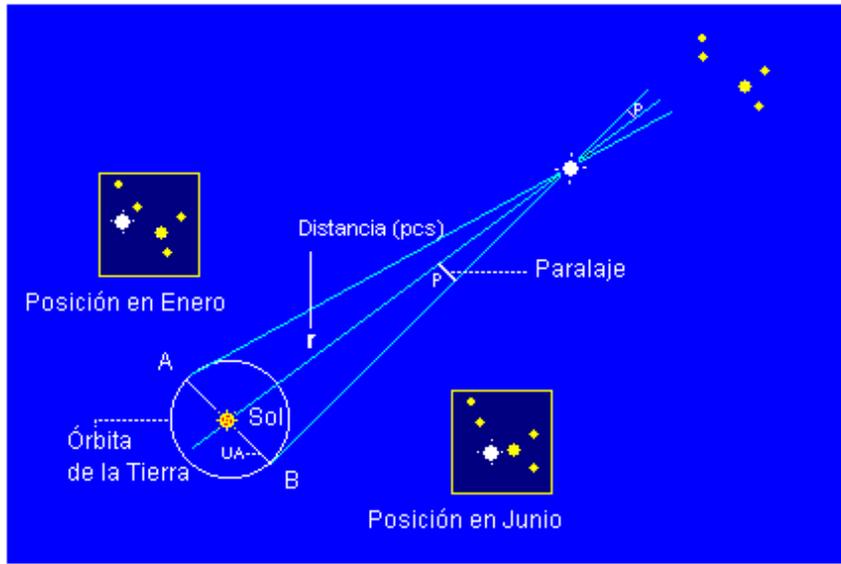


Figura nº 11

La mitad del cambio total de la posición de la estrella en un periodo de 6 meses, es su paralaje.

Los astrónomos utilizan como unidad de medida cósmica el Parsec (*P paralaje ar arco sec segundo*), que es la distancia a la que se encontraría una estrella que mostrara un paralaje de un segundo de arco. Esta distancia equivale a 3,2616 años luz o a poco más de 30 billones de Km.

Sin embargo, cuando las distancias superan los 500 años luz aproximadamente, se utilizan los denominados indicadores estelares. Un indicador estelar, es una estrella que sufre variaciones en su brillo, existiendo una relación entre el periodo de esta variación, la luminosidad y la distancia. Uno de estos indicadores más utilizados son las estrellas ceféidas.

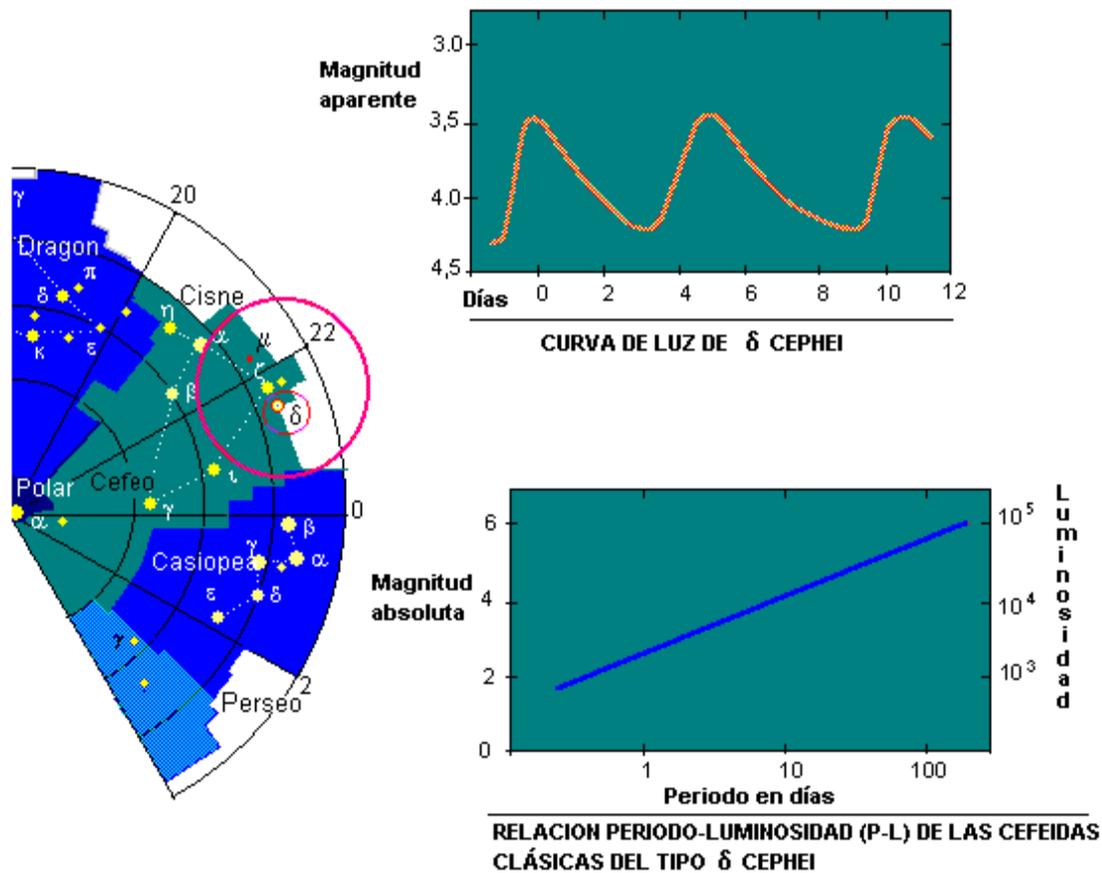


Figura nº 12
Posición, curva de luz de δ Cephei y relación periodo-luminosidad para otras cefeidas

Este tipo de estrellas son Supergigantes rojas que muestran una variación (periodo) regular en el brillo. Esta relación fue descubierta por la astrónoma Henrietta Leavitt, a comienzos del siglo XX, cuando realizaba estudios sobre la variación del brillo de estrellas variables situadas en la Pequeña Nube de Magallanes.

Como se observa en la figura nº 12, la variación en el brillo aparente de delta Cefeí, se realiza de manera regular con un periodo de 5,36 días, con una variación entre el máximo y el mínimo de 2,2 magnitudes. También observamos en la gráfica Luminosidad-Periodo (L-P) que cuanto más luminosa es una cefeida mayor es su periodo.

El cálculo de la distancia utilizando estas relaciones L-P es "simple". Se determina el periodo de la cefeida de interés (a partir de la curva de luz), la cual puede estar situada en una galaxia que deseamos determinar su distancia. Introducimos este dato (periodo) en la curva de la gráfica L-P y con ello conocemos la magnitud absoluta de la cefeida. Comparando esta magnitud absoluta con la aparente, se puede calcular la distancia de la cefeida a partir de la conocida ecuación de los cuadrados inversos. Así por ejemplo, si tenemos dos cefeidas con el mismo periodo (por lo tanto la misma magnitud absoluta) pero tienen distinta magnitud aparente, esto nos indica que se encuentran a distintas distancias, siendo esta distancia mayor cuanto más alta sea la magnitud aparente de la cefeida. Así podemos conocer la distancia de la galaxia predeterminada.

La ecuación del cuadrado inverso es: $\text{brillo aparente} = \text{brillo real}/\text{distancia}^2$.

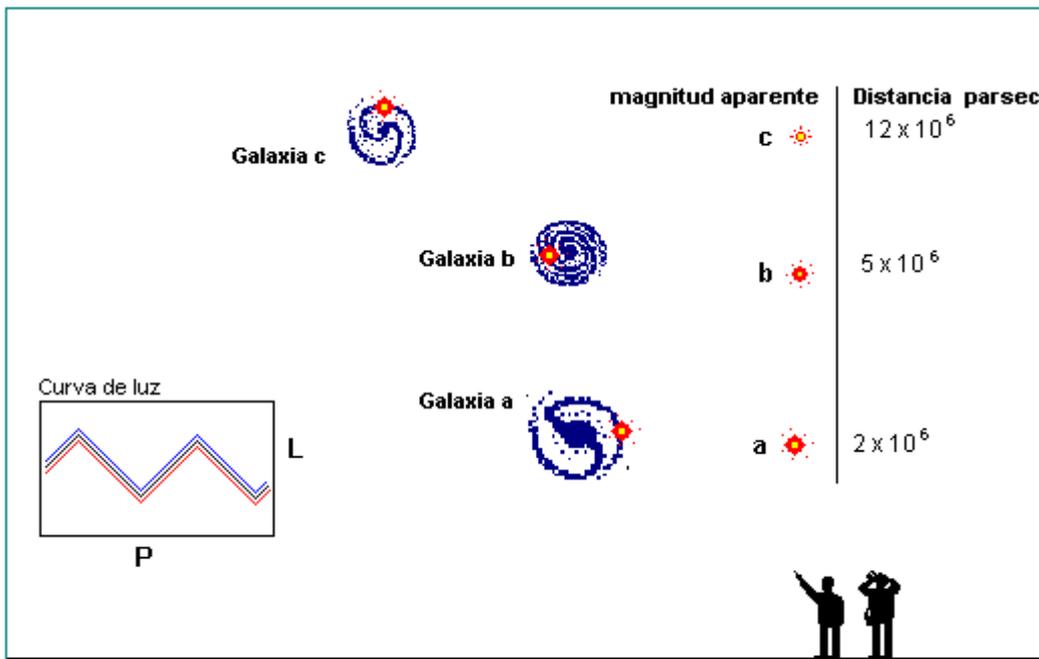


Figura 12 B

La curva de luz obtenida para tres cefeidas situadas en diferentes galaxias, muestran el mismo periodo y por lo tanto la misma magnitud absoluta. Sin embargo su magnitud aparente es distinta dado que están a diferente distancia.

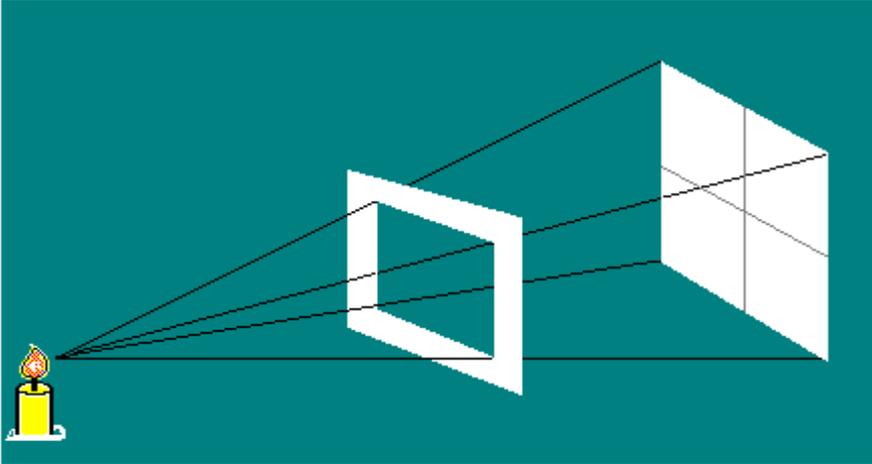
18ª.-¿Qué significa la ley de la inversa al cuadrado?

La ley de la inversa al cuadrado nos enseña que una magnitud sea esta la intensidad de una fuerza (la gravedad) o un flujo de energía como la luz sufre una variación en su valor inversamente proporcional a la distancia de la fuente al cuadrado. Por ejemplo si el Sol estuviera al doble de su distancia (a 2 AU), detectaríamos que la intensidad de la gravedad solar o su emisión de luz disminuiría en cuatro veces (2^2) con respecto a los valores que se obtienen a 1 AU; si la distancia fuera tres veces mayor (3^2), la intensidad gravitatoria o su intensidad lumínica sería de nueve veces menores ($1/3^2$) y así sucesivamente.

Figura n° 13

La ley de los cuadrados inversos.

A dos veces la distancia de una vela, la luz se reparte por una superficie cuatro veces mayor, mientras que su intensidad es la cuarta parte.



19.-¿Qué es el tiempo atómico?

En 1972 se instauró internacionalmente el sistema oficial de tiempo que viene dado por los relojes atómicos. Estos relojes utilizan las oscilaciones de los átomos de cesio 133 para medir el tiempo y proporcionan el sistema más exacto del que disponemos actualmente, no llegando al segundo de retraso por cada 100.000 años. Los átomos de cesio son capaces de emitir y absorber radiación electromagnética en una frecuencia muy determinada. Estas resonancias son muy estables en el espacio-tiempo, así, un átomo de cesio es igual ahora que hace un millón de años o igual a otro átomo que se encuentra en cualquier otra distante galaxia, por lo que resulta más preciso que los relojes convencionales.

En 1967 la frecuencia natural del átomo de cesio, fue reconocida formalmente como la nueva unidad internacional del tiempo. De este modo, el segundo fue definido exactamente en 9,192,631,770 oscilaciones del átomo de cesio en su frecuencia natural, reemplazando a la antigua definición de segundo que venía dada por el movimiento de la Tierra. De esta manera, también se ha podido definir el metro como la distancia recorrida por la luz en el vacío en un intervalo de tiempo de 1/299792458 de segundo.

En 1984, el tiempo dinámico a partir del tiempo atómico sustituyó al tiempo de efemérides para cálculos astronómicos medidos tradicionalmente a partir del movimiento de la Tierra en torno al Sol. El tiempo dinámico va por delante en aproximadamente un segundo del tiempo universal que es el utilizado habitualmente para todo el mundo. La hora universal UT o GMT, es la hora media de Greenwich por acuerdo internacional desde 1928.

20.-¿Qué es el átomo?

El átomo, es una palabra que proviene del griego y significa indivisible. Este concepto de átomo surgió en la antigua Grecia en el siglo IV a.C. y fue propuesto por los primeros atomistas de la historia, Leucipo y Demócrito. Hoy en día sabemos que es la parte más simple de un elemento químico, siendo por lo tanto la partícula más pequeña capaz de "sufrir" reacciones químicas.

El átomo posee una estructura interna, consta de un núcleo que es la parte donde se encuentra la casi totalidad de la masa atómica y de una "corteza" de electrones que lo rodean. Una imagen sencilla, aunque incorrecta es visualizar el átomo como un pequeño sistema solar en miniatura, en donde el Sol sería el núcleo y los Planetas los electrones. El núcleo está compuesto de nucleones (protones y neutrones). El electrón tiene una carga negativa mientras que el protón tiene la misma cantidad de carga pero de signo positivo, por lo que el átomo en condiciones normales es neutro. El neutrón como su nombre indica es neutro, aunque más masivo que los otros dos y por lo tanto no aporta carga al átomo.

Los núcleos de los elementos que tienen igual número de protones pero de distinto número de neutrones se denominan isótopos, por ejemplo el hidrógeno (H, sin neutrones en el núcleo) tiene dos isótopos, el deuterio (D, con un neutrón en el núcleo) y el tritio (T, con dos neutrones en el núcleo).

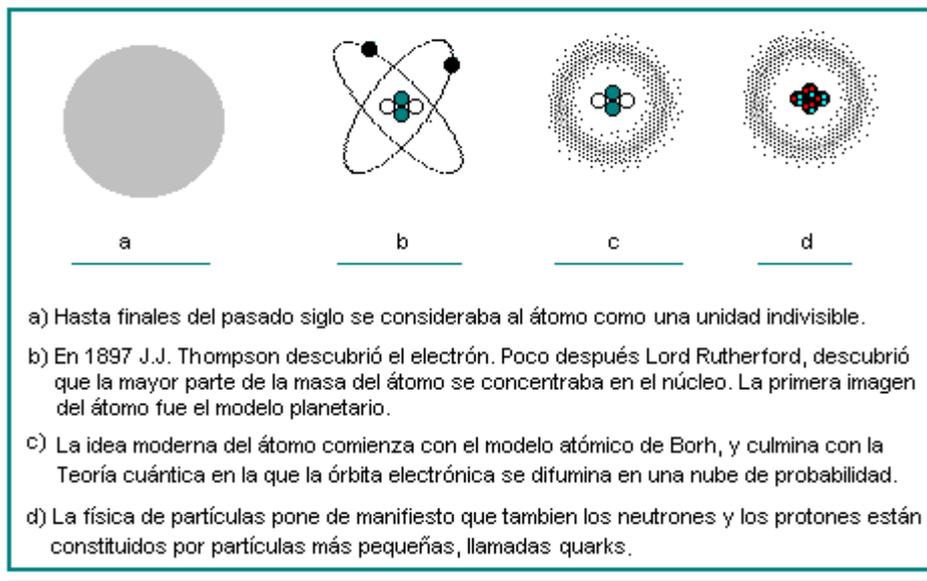


Figura n° 14

Breve historia de nuestro conocimiento del átomo.

Los átomos se enlazan para formar moléculas, por ejemplo una molécula de agua tiene dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno.

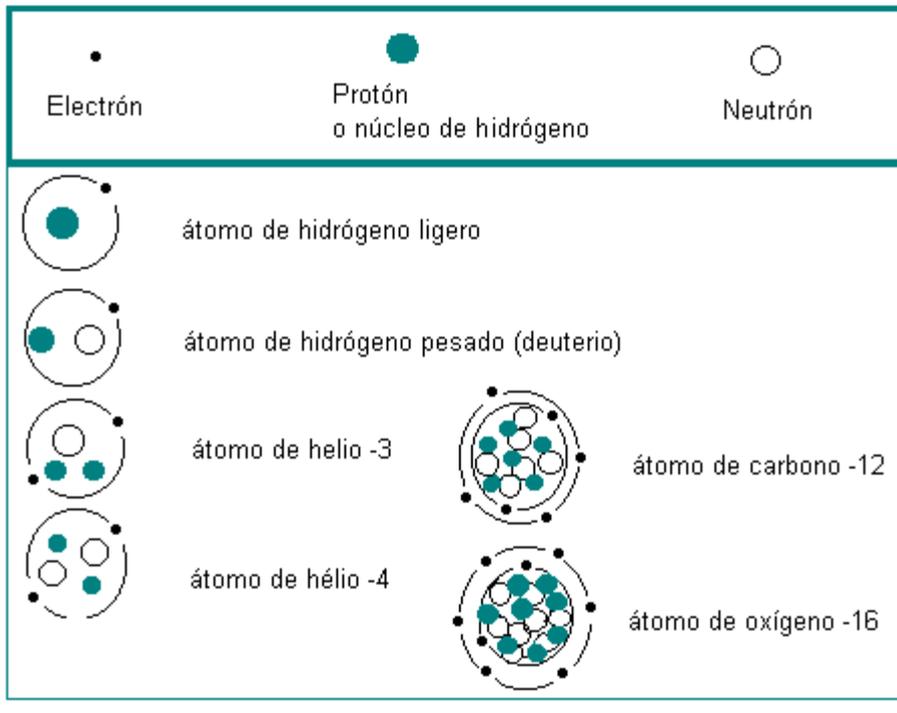


Figura nº 15
Algunas clases de átomos

Si los átomos se ven sometidos a altas temperaturas o son "torpedeados" por fotones (partículas de radiación electromagnética) se ionizan, es decir ganan o pierden parte de sus electrones. El estado de la materia formado por átomos ionizados y electrones libres se denomina plasma, el cual se encuentra en los núcleos de las estrellas, en el sitio en el que se realizan las reacciones termonucleares, responsables de la **nucleosíntesis** estelar y de la emisión de radiación por estos cuerpos esterales.

21ª.- ¿Qué es la radioactividad?

A finales del siglo pasado el científico francés Jacques Becquerel descubrió que determinadas sales de Uranio eran capaces de velar las placas fotográficas, en la más absoluta oscuridad. El estudio de este fenómeno fue continuado por los esposos Curie (Marie y Pierre), los cuales descubrieron después de un arduo trabajo dos nuevos elementos radioactivos, además del ya citado uranio: el polonio y el radio. Supusieron que los efectos de estos elementos sobre el espacio que los rodeaban eran debidos a radiaciones procedentes de sus átomos, por lo que en honor al radio a este fenómeno de radiación lo denominaron radioactividad. Hoy sabemos esta radiactividad es una consecuencia del fenómeno de desintegración radioactiva de los núcleos de elementos como el isótopo Uranio-235, radio, plutonio etc..., los cuales debido a su estructura atómica (núcleo) son inestables, desintegrándose para dar otros núcleos que ya son estables, además la fuerza débil anteriormente comentada, es la responsable de controlar este proceso de "transmutación" nuclear.

Existen tres tipos de radiaciones diferentes:

La radiación alfa (α) beta (β) y gamma (γ). Los rayos alfa son partículas constituidas por dos protones y dos neutrones (núcleos de helio) son por lo tanto las partículas más pesadas, producidas en el proceso de desintegración radioactiva (radiación).

Los rayos beta son electrones emitidos por el núcleo radioactivo. Los rayos gamma no están formados con partículas, sino que son radiaciones de naturaleza electromagnética. Su longitud de onda es muy pequeña y tienen gran poder de penetración.

Las radiaciones nucleares, al atravesar los tejidos de los seres vivos, ionizan también sus átomos y moléculas y, por tanto, alteran los tejidos, por lo que hay que protegerse de las radiaciones.

Es muy importante conocer la tasa con que se desintegra una sustancia radiactiva para conocer el tiempo que debe permanecer bajo control. El periodo de semidesintegración ($t_{1/2}$) o vida media, es el tiempo transcurrido para que la desintegración de una cierta cantidad inicial de material radioactivo, reduzca ésta hasta la mitad. Así, el cesio 137 tiene un periodo de $t_{1/2}$ de 30 años. El carbono 14, tiene un periodo de 5730 años. El carbono 14 está presente en los seres vivos, desintegrándose tras su muerte, por eso puede ser medida y utilizada para datar fechas.

Otra sustancia que tiene un periodo de semidesintegración mucho más largo es el potasio 40 que es de 1310 millones de años. Midiendo la cantidad de esta sustancia en las rocas podemos determinar su edad.

En las centrales nucleares se utiliza el uranio 235. La fisión nuclear consiste en bombardear un núcleo de uranio 235 por un neutrón, el núcleo se divide en otros dos núcleos de peso atómico medio, desprendiéndose una gran cantidad de energía. Cada vez que se rompe un átomo de uranio se desprenden a gran velocidad dos o tres neutrones que a su vez bombardean nuevos átomos produciendo lo que se llama una reacción en cadena. Para la producción de una gran cantidad de energía por este método, de una manera controlada se necesita y realiza en un reactor nuclear.

En general, las partículas alfa pueden ser detenidas por una lámina de papel, las partículas beta por una plancha de madera, pero los rayos gamma requieren varios cm de plomo o alrededor de 1 m de hormigón.

22ª.-¿Qué es una Galaxia?

Una Galaxia es un sistema formado por millones o billones de estrellas, así como nebulosas de polvo y gas; todo este conjunto se mantiene agrupado por la fuerza de la gravedad. En líneas generales la estructura de una galaxia consta de un **núcleo**, **halo** galáctico y un **disco** galáctico. En función de su forma las galaxias se agrupan en tres tipos principales:

Galaxias irregulares. Son las menos "evolucionadas". Contienen una gran cantidad de polvo y gas con relativas pocas estrellas. La Pequeña y la Gran Nube de Magallanes en el Hemisferio sur pertenecen a este tipo (Irr). Reciben este nombre en honor del gran navegante Fernando de Magallanes, que fue quien las descubrió en su viaje alrededor del mundo.

Galaxias espirales: están entre los objetos más majestuosos de los que pueblan el Universo. Estas galaxias se encuentran en una etapa de evolución intermedia dentro del ciclo evolutivo de estos enormes sistemas estelares. Tienen brazos curvados que salen desde su núcleo, con un alto contenido de gases y polvo, donde la formación de estrellas es continua.

Dependiendo de donde salgan los brazos del núcleo las galaxias espirales se clasifican en distintas categorías (ver figura). Así nuestra Galaxia la Vía Láctea y la galaxia de Andrómeda (M31) pertenecen al tipo (Sb).

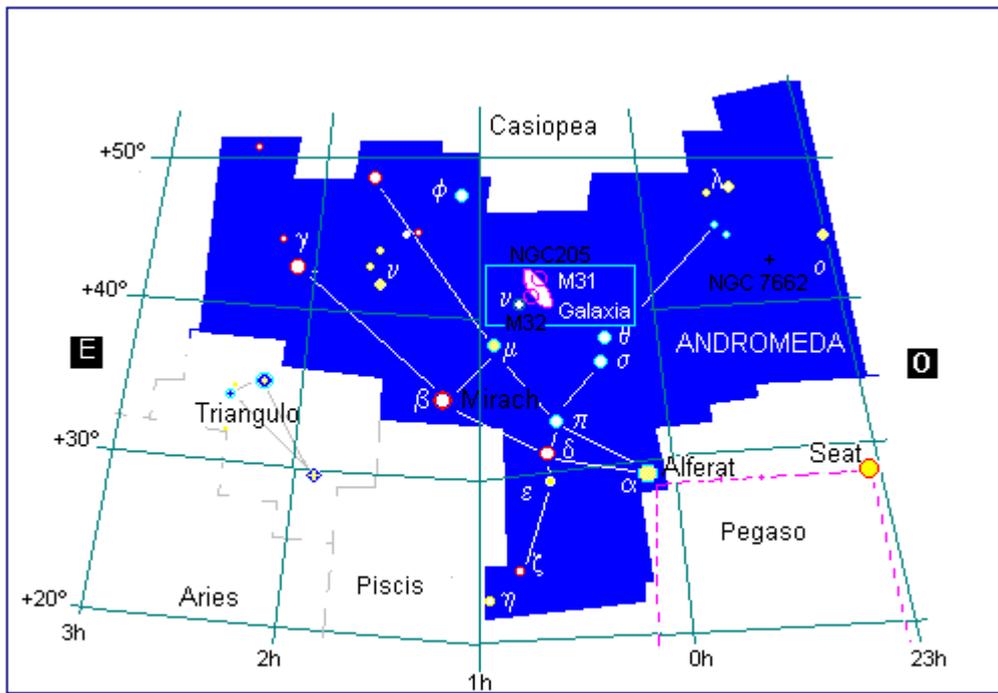


Figura nº 16
 Posición de la Galaxia de Andrómeda. M31.
 0h 42.7m +41° 16' 2,9 millones años luz

La Vía Láctea se supone que tiene tres brazos espirales principales que salen del núcleo: el brazo de Perseo, el brazo de Sagitario en cuya dirección se halla el núcleo galáctico y el brazo de Orión en el cual se halla nuestro Sol a una distancia de 30.000 años luz del núcleo. El Sol tarda 200 millones de años (año galáctico) en completar su órbita alrededor del centro de masas galáctico.

Las Galaxias espirales contienen entre 100.000 y 200.000 millones de masas solares (M_{\odot})

Galaxias elípticas: muestran una estructura más compacta, que los tipos anteriores. Tienen una forma elíptica (M59) o casi circular (M87), con menos gas y polvo, con lo que sus poblaciones estelares son más viejas que las que se encuentran en las galaxias irregulares y espirales.

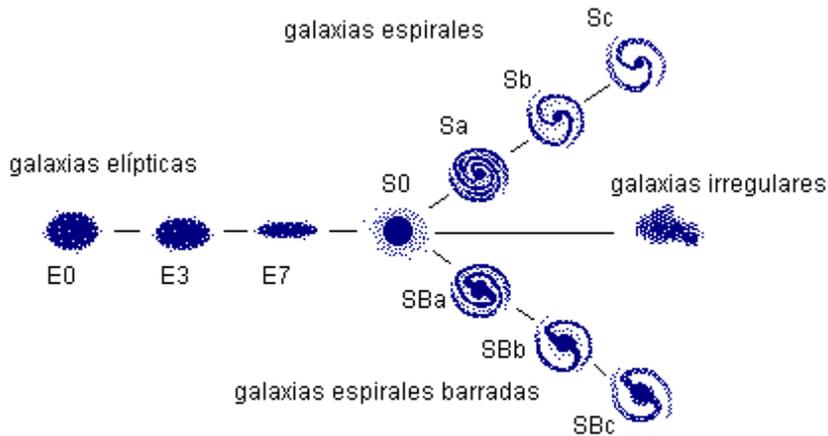


Figura nº 17

Clasificación Hubble de las galaxias.

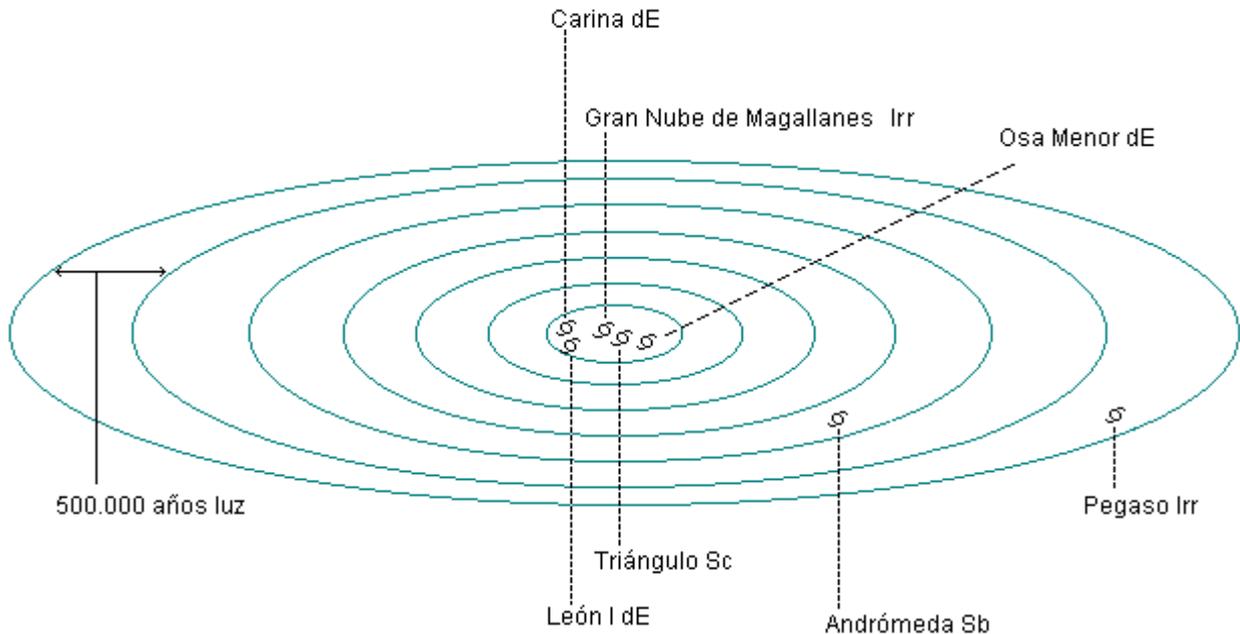
Las Galaxias están agrupadas en cúmulos. El cúmulo local al que pertenece la Vía Láctea lo forman una treintena de galaxias que incluye a las dos Nubes de Magallanes y la galaxia de Andrómeda. A su vez los cúmulos se hallan agrupados en supercúmulos. El cúmulo local, el cúmulo de la Virgen situado a 65 millones de años luz en la Constelación que lleva su nombre, así como otros cincuenta cúmulos de galaxias forman el super cúmulo local.

Se piensa que todas las Galaxias nacieron al mismo tiempo, aunque unas evolucionan más o menos lentamente que otras. Se calcula que nacieron hace 15000 millones de años aproximadamente y su número es imposible de contar. De todas formas existe una controversia sobre los mecanismos cósmicos que posibilitaron la formación y emergencia de estos majestuosos objetos celestes.

Figura n° 18

Algunas de las galaxias que forman nuestro Grupo Local.

La Vía Láctea y la Galaxia de Andrómeda son grandes espirales, el resto parecen girar en torno a ellas y son pequeñas e irregulares, excepto la galaxia del Triángulo que es también una gran espiral.

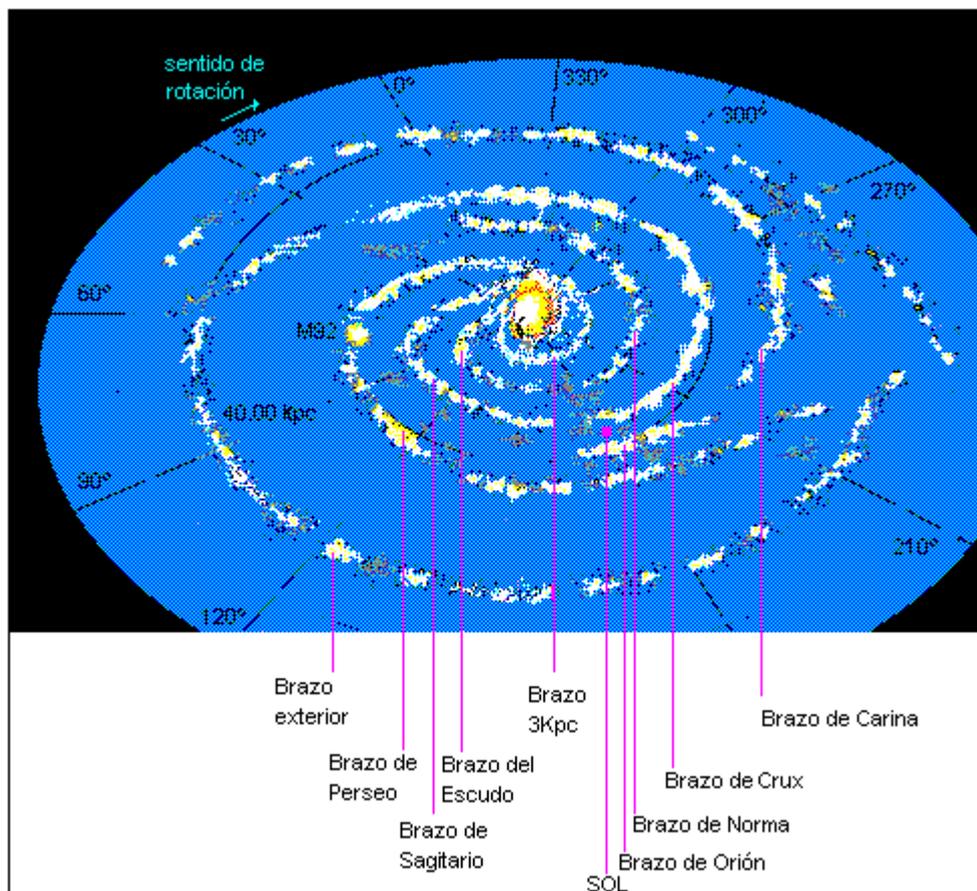


Por los estudios de la emisión de ondas de radio e infrarrojos, llevados a cabo por Radiotelescopios Terrestres y por satélites puestos en órbita alrededor de la Tierra (IRAS), hoy sabemos que el núcleo de muchas galaxias está sujeto a violentos fenómenos energéticos que se manifiestan con la emisión de una gran cantidad de energía en diferentes longitudes de onda electromagnética. Este núcleo galáctico está formado por millones de estrellas en tan sólo unos pocos años luz de distancia, en donde la explosión de supernovas, es frecuente y la formación de nuevas estrellas es un suceso común.

23ª.-¿Que es la Vía Láctea?

La vía láctea de aspecto lechoso, blanquecino es una débil "banda" de luz que se ve cruzando toda la bóveda celeste. Fue el gran físico y astrónomo Galileo-Galilei, el primero en señalar que esta tenue luz esta causada por la acumulación de un gran número de estrellas situadas a una enorme distancia. Posteriormente se pudo determinar que esta gran cantidad de estrellas forman los brazos espirales de nuestra Galaxia. Estos bellos brazos espirales se encuentran situados sobre el plano galáctico.

Figura nº 19 La Vía Láctea



Para obtener una mejor comprensión de la aparición de una banda como la vía láctea, nos podemos imaginar un disco plano lleno de una nube de puntos concentrada en el plano horizontal del mismo, si ahora hacemos una observación desde uno de los bordes de este disco (como ocurre en nuestra posición galáctica), observaríamos una gran acumulación de puntos que nos aparecería como una cinta, con una disminución paulatina de los puntos a medida que nos alejamos del plano, en dirección vertical.

La vía láctea "serpentea" a través de las Constelaciones del Can, el Unicornio, Orión, Tauro, Géminis, el Cochero, Perseo, Casiopea y Cefeo. Cruza luego el Triángulo de verano dirigiéndose hacia el hemisferio sur a través de Sagitario (el centro galáctico), Escorpio hasta la Cruz del Sur. Durante el verano la vemos muy brillante debido a la gran cantidad de estrellas que se encuentra orientadas hacia el centro de la Galaxia.

Nuestra galaxia, la Vía Láctea es enorme. Puede haber 250.000 millones de estrellas repartidas en un espacio de 100 000 años luz; de estas estrellas mil millones son accesibles a nuestros telescopios y tecnología actual, el resto se halla oculto por la absorción del material interestelar y las nubes de gas y polvo del núcleo galáctico (ver figura en la pregunta sobre las constelaciones).

24ª.-¿Qué son los cúmulos estelares?

Existen de dos clases dependiendo del número de estrellas que componen el cúmulo. **Los cúmulos abiertos** también llamados a veces cúmulos galácticos, en donde aparecen varios centenares de estrellas de población I, o estrellas jóvenes rodeadas de abundante polvo y gas que las engendró. Son famosos los cúmulos abiertos de las Hiádes en la Constelación de Tauro o el de las Pléyades formadas tan sólo hace unos 100 millones de años.



Figura nº 20
El asterisco estelar de las Pléyades, vistas con prismáticos.

Otros cúmulos abiertos muy conocidos son M6 y M7 en la cola del Escorpión o el doble cúmulo de Perseo en la empuñadura de su espada. También cabe mencionarse M44, el cúmulo del Pesebre en el cuerpo del cangrejo. En nuestra Galaxia existen censados mas 500 cúmulos abiertos.

La otra clase de cúmulos de estrellas son los globulares formados por estrellas viejas de población II, formadas hace mas de 10.000 millones de años. Son cúmulos que contienen millones de estrellas amarillas y rojas con poco polvo y gas, que se hallan situadas en reducido espacio, lo que en conjunto producen una gran luminosidad, y exhiben un aspecto de glóbulo cuando son examinados con pequeños telescopios, de ahí el nombre que reciben estos cúmulos. Los cúmulos globulares a diferencia de los cúmulos abiertos se hallan en la periferia de la Galaxia, en la zona

Conocida como halo galáctico con una buena parte de ellos situados alrededor del núcleo galáctico, por lo que lo que una zona rica en cúmulos de esta clase, es la zona de Sagitario, en dirección al centro de la Vía Láctea. En el hemisferio norte. El más conocido es el cumulo globular de Hércules M13 a 22.800 años luz de distancia. En el Hemisferio sur es famoso el cúmulo globular del Centauro que es uno de los más brillantes del firmamento, tiene un diámetro aparente como el de la Luna llena y los telescopios muestran mas de un millón de estrellas.

Hay que destacar el hecho de que fue el estudio de las distancias y distribución galácticas de los cúmulos globulares de la Vía Láctea, lo que permitió determinar nuestra posición periférica (el sistema solar) en la galaxia.

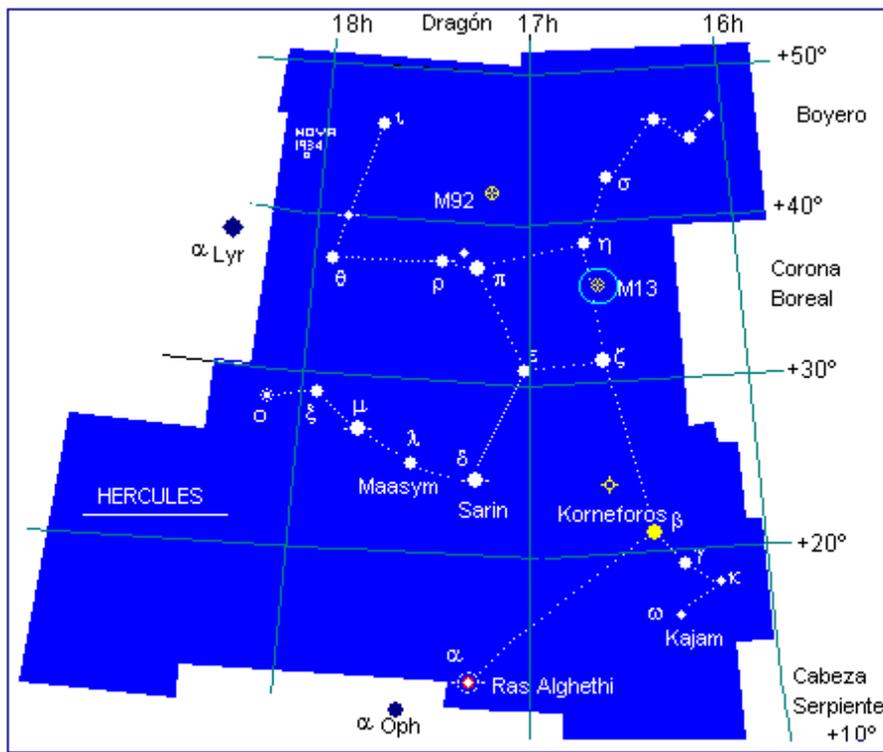


Figura nº 21
Posición de M13 en Hércules

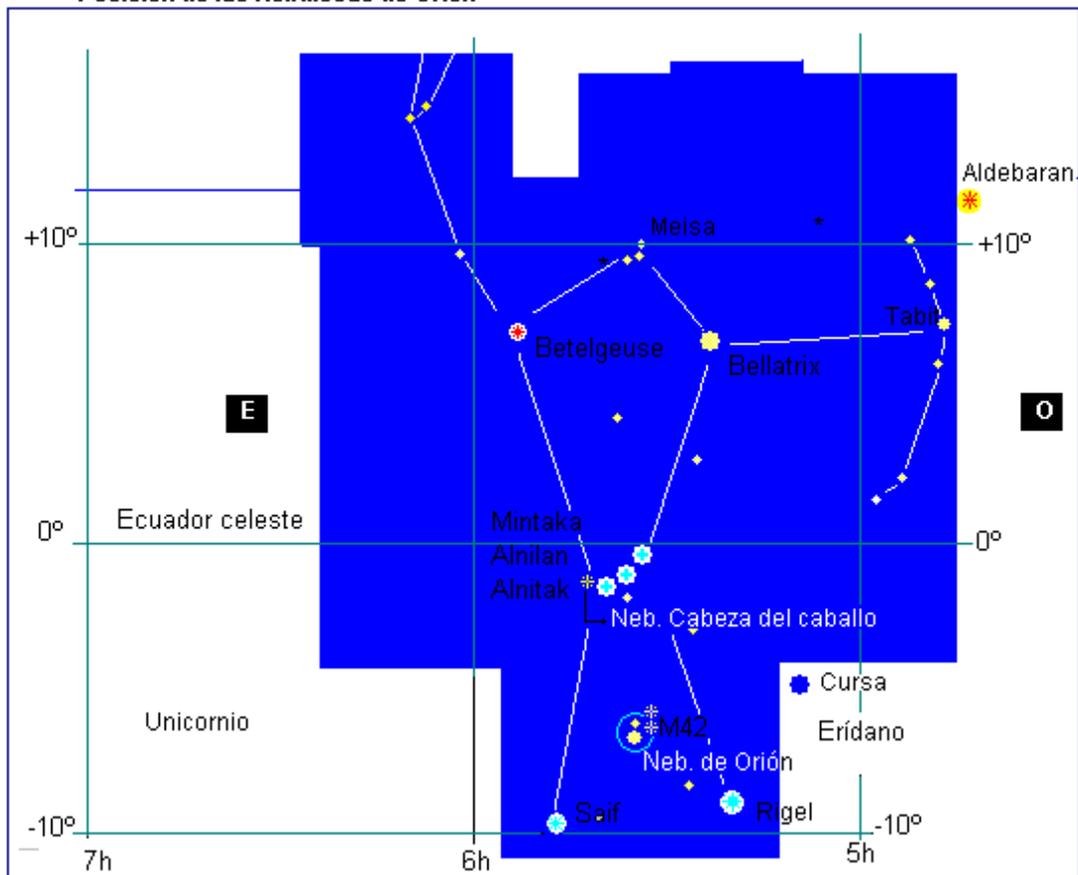
El número de cúmulos globulares en nuestra Galaxia ya registrados suman 120. Fue la medida de la distancia del Sol a estos cúmulos globulares, los que confirmó que el Sistema Solar, se encontraba en la periferia de la Vía Láctea.

25ª.-¿Todas las Nebulosas son iguales?

Todas las Nebulosas son nubes de polvo y gas que se nos aparecen brumosas a simple vista y con pequeños telescopios, están formadas en su mayor parte por hidrógeno y casi un diez por ciento de helio y pequeñas cantidades de otros elementos como el carbono, silicio, calcio, sodio... Existen de varios tipos:

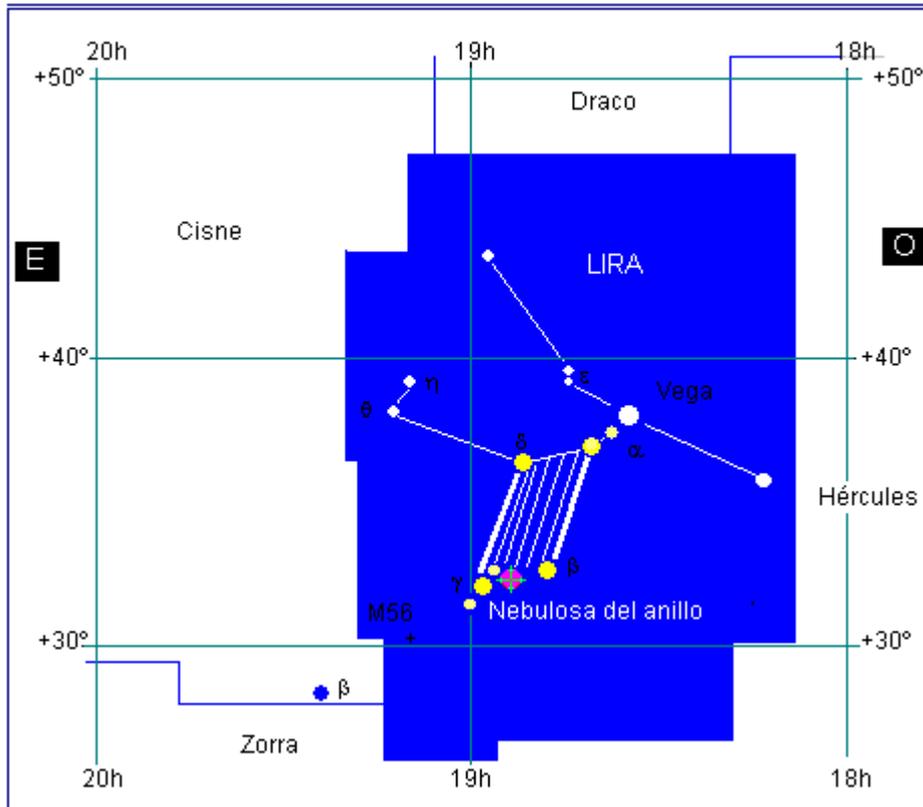
Las Nebulosas brillantes albergan en su interior o en sus proximidades a estrellas jóvenes, envueltas aún de abundante gas y polvo y reflejan la luz hacia la Tierra. Por esta razón se las llama **Nebulosas de reflexión**, por ejemplo las Nebulosas que rodean a las Pléyades o la Nebulosa de Orión.

Figura nº 22
Posición de las Nebulosas de Orión



Las Nebulosas que emiten luz por sí mismas se las llama **Nebulosas de Emisión**, dentro de ellas se encuentran las Nebulosas planetarias o la nube que rodea a las estrellas que se hallan al final de su vida, también son de este tipo los remanentes de supernovas.

Figura nº 23
Posición de la Nebulosa planetaria de la Lira (anular)



A otras Nebulosas se las llaman Oscuras tales como la conocida Nebulosa de la cabeza del Caballo en Orión o la del Saco de Carbón en las que granos de polvo bloquean la luz procedente de otras estrellas u objetos situados detrás de ella.

26ª.-¿Qué es el catálogo de Messier?

El catálogo de Messier contiene una lista de más de 100 objetos estelares del cielo profundo, en el que se incluyen Cúmulos, Nebulosas y Galaxias recopilados por el astrónomo francés Charles Messier. Los objetos se conocen por la letra M seguido de un número, por ejemplo la galaxia de Andrómeda es M31.

Desde entonces se han elaborado numerosos catálogos de objetos estelares especialmente de estrellas. El astrónomo J. Bayer en el año 1603 enumeró las estrellas de las constelaciones por letras griegas, comenzando por la (para la estrella más luminosa de una Constelación seguida del nombre de la Constelación; la segunda estrella más brillante es beta (β), y así sucesivamente, aunque esta regla no se cumple en todos los casos.

El catálogo de Flamsted publicado en Alemania en 1725 enumera las estrellas por un número seguida del nombre de la Constelación, enumeradas a partir de su ascensión recta.

Cabe mencionar también el catálogo FK5 que contiene información de mas de 200.000 estrellas. También es muy conocido el NGC, New General Catalogue y IC, reseñando cerca de 8000 objetos y el más reciente Hiparcos el único hecho por un satélite artificial del mismo nombre, con un catálogo de más de un millón de estrellas.

A continuación se da la lista de Messier, de gran utilidad para observadores aficionados por no necesitarse telescopios potentes, bastan unos buenos prismáticos, un pelín de curiosidad y un poquito de paciencia para su fácil localización:

M	a. r	dec.	Magnitud	objeto	constelación
1	05h 34,5m	+22° 01`	8,4	Neb. del Cangrejo	Tauro
2	21 33,5	-00 49	6,5	Cúmulo globular	Acuario
3	13 42,2	+28 23	6,2	Cúmulo globular	P. caza
4	16 23,6	-26 32	5,6	Cúmulo globular	Escorpio
5	15 18,6	+02 05	6	Cúmulo globular	Serpiente
6	17 40,1	-32 13	5,3	Cúmulo abierto	Escorpio
7	17 53,9	-34 49	4,1	Cúmulo abierto	Escorpio
8	18 03,8	-24 23	6	Neb. de la Laguna	Sagitario
9	17 19,2	-18 31	7,7	Cúmulo globular	Ofiuco
10	16 57,1	-04 06	6,6	Cúmulo globular	Ofiuco
11	18 51,1	-06 16	6,3	Cúmulo abierto	Escudo
12	16 47,2	-01 57	6,7	Cúmulo globular	Ofiuco
13	16 41,7	+36 28	5,8	Cúmulo globular	Hércules
14	17 37,6	-03 15	7,6	Cúmulo globular	Ofiuco
15	21 30,	+12 10	6,2	Cúmulo globular	Pegaso
16	18 18,8	-13 47	6,4	Neb y C. abierto	Serpiente
17	18 20,8	-16 11	7	Neb. Omega	Sagitario
18	18 19,9	-17 08	7,5	Cúmulo abierto	Sagitario
19	17 02,6	-26 16	6,8	Cúmulo globular	Escorpio
20	18 02,6	-23 02	9	Neb. Trífida	Sagitario
21	18 04,6	-22 30	6,5	Cúmulo abierto	Sagitario
22	18 36,4	-23 54	5,1	Cúmulo globular	Sagitario
23	17 56,9	-19 01	6,9	Cúmulo abierto	Sagitario
24	18 16,9	-18 29	4,6	Cúmulo abierto	Sagitario
25	18 31,6	-19 15	6,5	Cúmulo abierto	Sagitario
26	18 45,2	-09 24	8	Cúmulo abierto	Escudo
27	19 59,6	+22 43	7,4	Neb. Pl. Dumbbell	Zorra
28	18 24,5	-24 52	6,8	Cúmulo globular	Sagitario
29	20 23,9	+38 32	7,1	Cúmulo abierto	Cisne
30	21 40,4	-23 11	7,2	Cúmulo globular	Capricornio
31	00 42,7	+41 16	3,4	Galax. Andrómeda	Andrómeda

En la Senda de las estrellas

32	00	42,7	+40	52	8,1	Galax. Eliptica	Andrómeda
33	01	33,9	+30	39	5,7	Galax. Espiral	Triángulo
34	02	42	+42	47	5,5	Cúmulo abierto	Perseo
35	06	08,9	+24	20	5,3	Cúmulo abierto	Géminis
36	05	36,1	+34	08	6,3	Cúmulo abierto	Auriga
37	05	2,43	+32	33	6,2	Cúmulo abierto	Auriga
38	05	28,4	+35	50	7,4	Cúmulo abierto	Auriga
39	21	32,2	+48	26	5,2	Cúmulo abierto	Cisne
40	12	22,4	+58	05	8,4	Estrella doble	Osa Mayor
41	06	47	-20	44	4,6	Cúmulo abierto	Can Mayor
42	05	35,4	-05	27	4	Nebulosa Orión	Orión
43	05	35,6	-05	16	9	Nebulosa Orión	Orión
44	08	40,1	+19	59	3,7	C. del Pesebre	Cáncer
45	03	47,0	+24	07	1,6	C. las Pléyades	Tauro
46	07	41,8	-14	49	6	Cúmulo abierto	Popa
47	07	36,6	-14	30	5,2	Cúmulo abierto	Popa
48	08	13,8	-05	48	5,5	Cúmulo abierto	Unicornio
49	12	29,8	+08	00	8,4	Galax. Eliptica	Virgo
50	07	03,2	-08	20	6,3	Cúmulo abierto	Unicornio
51	13	29,9	+47	12	8,4	G. Torbellino	Lebreles
52	23	24,2	+61	35	7,3	Cúmulo abierto	Casiopea
53	13	12,9	+18	10	7,6	Cúmulo globular	C. Berenice
54	18	55,1	-30	29	7,6	Cúmulo globular	Sagitario
55	19	40	-30	58	6,3	Cúmulo globular	Sagitario
56	19	16,6	+30	11	8,3	Cúmulo globular	Lira
57	18	53,6	+33	02	8,8	Neb. anular	Lira
58	12	37,7	+11	49	9,7	Galaxia espiral	Virgo
59	12	42	+11	39	9,6	Galaxia Eliptica	Virgo
60	12	43,7	+11	33	8,8	Galaxia elíptica	Virgo
61	12	21,9	+04	28	9,7	Galaxia espiral	Virgo
62	17	01,2	-30	07	6,5	Cúmulo globular	Esc.-Ofiuco
63	13	15,8	+42	02	8,6	Galaxia espiral	P. caza
64	12	56,7	+21	41	8,5	Galaxia espiral	C. Berenice
65	11	18,9	+13	05	9,3	Galaxia espiral	Leo
66	11	20,2	+12	59	8,9	Galaxia espiral	Leo
67	08	50,4	+11	49	6,1	Cúmulo abierto	Cáncer
68	12	39,5	-26	45	7,8	Cúmulo globular	Hidra
69	18	31,4	-32	21	7,6	Cúmulo globular	Sagitario
70	18	43,2	-32	18	7,9	Cúmulo globular	Sagitario
71	19	53,8	+18	47	8,2	Cúmulo globular	Flecha
72	20	53,5	-12	32	9,3	Cúmulo globular	Cap-Acuario
73	20	58,9	-12	38	9,0	Cúmulo abierto	Cap-Acuario
74	01	36,7	+15	47	9,4	Galaxia espiral	Piscis
75	20	06,1	-21	55	8,5	Cúmulo globular	Sag-Capric.
76	01	42,4	+51	34	10,1	Neb. Planetaria	Perseo
77	02	42,7	-00	01	8,9	Galaxia espiral	Ballena
78	05	46,7	-00	03	8,3	Neb. de emisión	Orión
79	05	24,5	-24	33	7,7	Cúmulo globular	Liebre
80	16	17	-22	59	7,3	Cúmulo globular	Escorpio
81	09	55,6	+69	04	6,9	Galaxia espiral	Osa Mayor

82	09	55,8	+69	41	8,4	Galaxia irregular	Osa Mayor
83	13	37,7	-29	52	7,6	Galaxia espiral	Hidra-Cent.
84	12	25,1	+12	53	9,1	Galaxia elíptica	Virgo-Coma
85	12	25,4	+18	11	9,1	Galaxia espiral	C. Berenice
86	12	26,2	+12	57	8,9	Galaxia elíptica	Virgo-Coma
87	12	30,8	+12	24	8,6	Galaxia elíptica	Virgo-Coma
88	12	32,0	+14	25	9,6	Galaxia espiral	C. Berenice
89	12	35,7	+12	33	9,8	Galaxia elíptica	Virgo-Coma
90	12	36,8	+13	10	9,5	Galaxia espiral	C. Berenice
91	12	35,4	+14	30	10,2	Galaxia espiral	C. Berenice
92	17	17,1	+43	08	6,4	Cúmulo globular	Hércules
93	07	44,6	-23	52	6	Cúmulo abierto	Popa
94	12	50,9	+41	07	8,2	Galaxia espiral	P. de caza
95	10	44	+11	42	9,7	G. espiral barrada	Leo
96	10	46,8	+11	49	9,2	Galaxia espiral	Leo
97	11	14,8	+55	01	9,9	Neb. de la Lechuza	Osa Mayor
98	12	13,8	+14	54	10,1	Galaxia espiral	C. Berenice
99	12	18,8	+14	25	9,9	Galaxia espiral	C. Berenice
100	12	22,9	+15	49	9,3	Galaxia espiral	C. Berenice
101	14	03,2	+54	21	7,9	Galaxia espiral	Osa-Boyero
102	15	06,5	+55	46	9,9	Galaxia lenticular	Dragón
103	01	33,2	+60	42	7,4	Cúmulo abierto	Casiopea
104	12	40	-11	37	8	G. del Sombrero	Vir-Cuervo
105	10	47,8	+12	35	9,3	Galaxia elíptica	Leo
106	12	19,0	+47	18	8,4	Galaxia espiral	P. de caza
107	16	32,5	-13	03	7,9	Cúmulo globular	Esc-Ofiuco
108	11	1156	+55	40	10,0	Galaxia espiral	Osa Mayor
109	11	57,6	+53	23	9,8	G. espiral barrada	Osa Mayor
110	00	40,4	+41	41	8,5	Galaxia elíptica	Andrómeda

27ª.-¿Qué es una estrella?

Las estrellas son esencialmente esferas de gas muy caliente que se mantienen unidas por la fuerza de la gravedad. La mayoría de las estrellas que podemos ver en el cielo se hallan en la fase de la secuencia principal, (ver pregunta HR) presentando su color amarillo característico. Las estrellas como el Sol, poseen una estructura "simple" con un núcleo, una zona que lo rodea y una atmósfera. En el núcleo de una estrella se producen procesos físicos extraordinarios que las convierten en colosales fuentes de energía. Una estrella emite de forma ininterrumpida luz y calor al espacio, esta energía se produce por la fusión termonuclear de núcleos de hidrógeno (protones) en núcleos de helio, a través del proceso conocido como ciclo protón-protón.

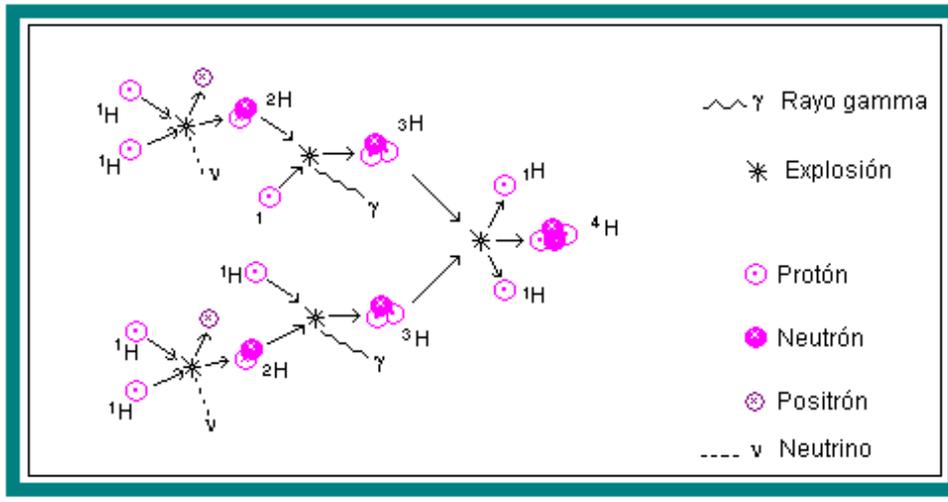


Figura nº 24
En la reacción protón-protón se fusionan 4 protones para producir un núcleo de helio y se libera energía en forma de rayos gamma, neutrinos y energía cinética.

Las reacciones nucleares de fusión sólo pueden producirse cuando la energía de interacción entre protones supera la llamada **Barrera de Coulomb**; como los núcleos de los átomos tienen cargas positivas tienden a repelerse (repulsión electrostática), por lo que se requiere una fuerte temperatura y por lo tanto una energía cinética (movimiento) lo suficientemente alta para que su violenta colisión sea capaz de sobrepasar esta barrera, y los núcleos de hidrógeno aparezcan fusionados como núcleos de He.

Como quiera que un núcleo de helio (${}^4\text{He}$) tiene un 0,7% menos masa que cuatro protones, este defecto de masa se convierte en energía, conversión regida por la famosa ecuación de Einstein: $E = mc^2$, siendo c , la velocidad de la luz.

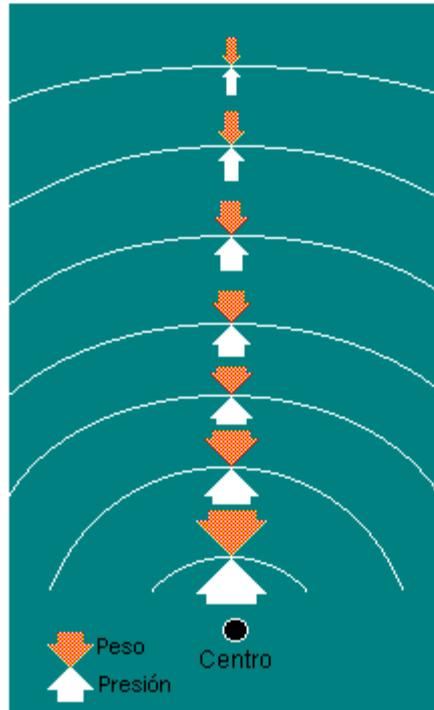


Figura nº 25

El equilibrio hidrostático.

Como se observa en la figura, en cada capa de la estrella, existe un perfecto equilibrio de fuerzas entre el peso del material de la capa y la presión térmica de la misma.

El proceso de fusión entre protones es tan improbable que un protón normal sufre esta reacción una vez cada diez mil millones de años, más o menos. En una estrella de la secuencia principal suele contener unos 10^{57} protones, por lo que estadísticamente ocurren unas 10^{39} reacciones de fusión cada segundo. En una estrella como el Sol significa que se transforman 5.000.000 de toneladas de masa en energía por segundo. Se puede calcular la energía que se obtiene de la transformación de esa cantidad de masa utilizando la ecuación de Einstein. Cuanto más masiva sea una estrella, las reacciones termonucleares de fusión ocurren a un ritmo mucho mayor, por lo que agotan antes el "combustible" nuclear y tiene una vida mucho más corta.

Una estrella media es 300.000 veces más masiva que la Tierra, y esta enorme masa es la causante del tremendo campo gravitatorio que mantiene a los gases unidos en forma de esfera. Si no hubiera una segunda fuerza que equilibrara esta gravedad, la estrella se comprimiría hasta el tamaño de una pequeña bola. Esta segunda fuerza que mantiene estable a una estrella proviene de alta presión de los gases mantenida por el calor de ésta. La presión empuja hacia afuera, y si no fuera por la primera fuerza de la gravedad, estos gases se esparcirían por el espacio. El equilibrio entre la gravedad que tiende a comprimir el material estelar en un volumen cada vez menor y la agitación térmica de estos gases que ejerce una presión hacia el exterior se llama **equilibrio hidrostático**. Este principio nos dice que en una estrella como nuestro Sol, el peso de los materiales situados por encima de determinada capa, deben estar equilibrados por la presión del gas de esta capa.

Una estrella azul de gran masa como Rigel en el pie derecho de Orion, puede mantenerse en la secuencia principal "quemando" hidrógeno durante 20-30 millones de años, en cambio una estrella mediana como nuestro Sol le quedan otros 5000 millones de años más de permanencia en esta fase "tranquila" de equilibrio hidrostático.

28.ª-¿Cómo nacen las estrellas?

Las estrellas nacen en el interior de las nubes moleculares que existen entre las estrellas que forman una galaxia. Estas nubes están constituidas por átomos de hidrógeno, helio y en algunos casos átomos más pesados como el carbono..., que se formaron en el interior de estrellas que han acabado ya su ciclo vital. Este material se encuentra disperso en la nube formando partículas de polvo a una temperatura entre 10 °K y 20 °K.

En zonas determinadas de las galaxias, por ejemplo en el trapecio de Orión, la densidad de estas nubes de polvo y gas es lo suficientemente grande para que pueda producirse la atracción gravitatoria entre estas partículas, que origina un núcleo rotatorio en el que se va a producir los procesos necesarios para el nacimiento de la estrella. Se cree que una nube interestelar no puede colapsar y formar estrellas hasta que están sometidas a ondas de choque. Las explosiones de supernovas, la ignición de estrellas masivas calientes o el propio movimiento de los brazos espirales de la galaxia, pueden ser las fuerzas desencadenantes que permiten el colapso de una nube molecular hasta propiciar el nacimiento de protoestrellas .

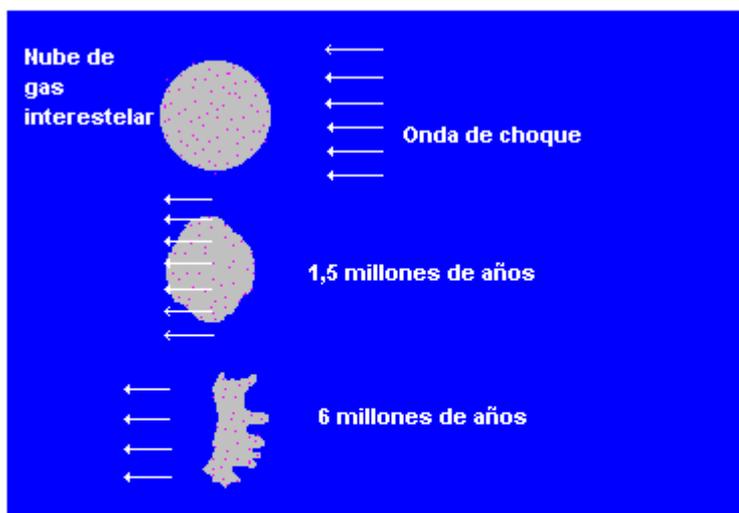


Figura nº 26
Una onda de choque puede deformar y comprimir una nube interestelar, propiciando el nacimiento de una protoestrella.

El núcleo colapsa en una protoestrella, formándose un disco a su alrededor, ambos se encuentran embebidos en una envoltura del gas residual. Cuando en el núcleo se alcanza la suficiente cantidad de masa y temperatura, se inicia la fusión termonuclear y comienza a brillar. Ha nacido una nueva estrella.

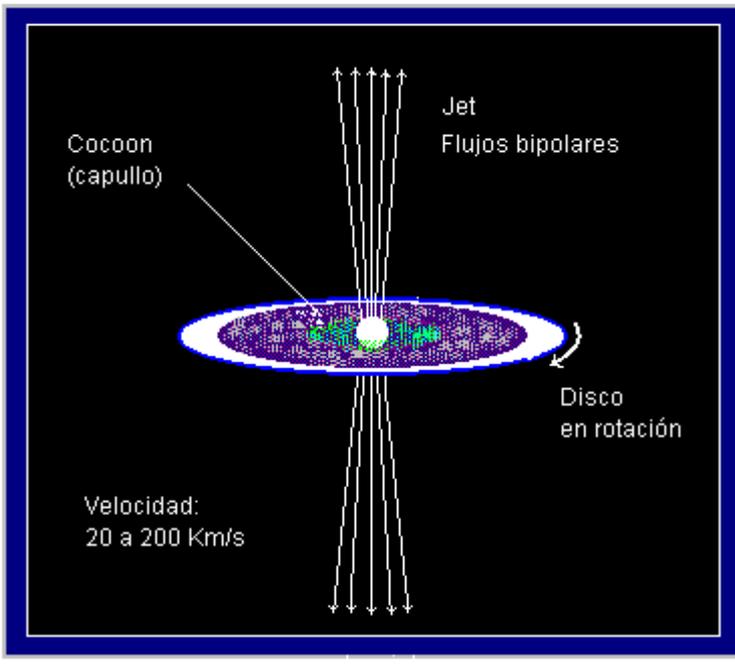


Figura nº 27
Esquema básico de una protoestrella.

Cuando comienza la fusión del hidrógeno en el centro de la protoestrella, la temperatura y la presión se incrementa, cesa la contracción y la joven estrella entra en la secuencia principal. El tiempo que dura la contracción depende de la masa de la estrella. Las más masivas, debido a su fuerte gravedad se contraen rápidamente. El Sol estuvo en esta fase unos 30 millones de años, pero una estrella de 30 masas solares puede necesitar sólo de 30.000 años, por el contrario una estrella de 0,2 masas solares puede necesitar 1000 millones de años.

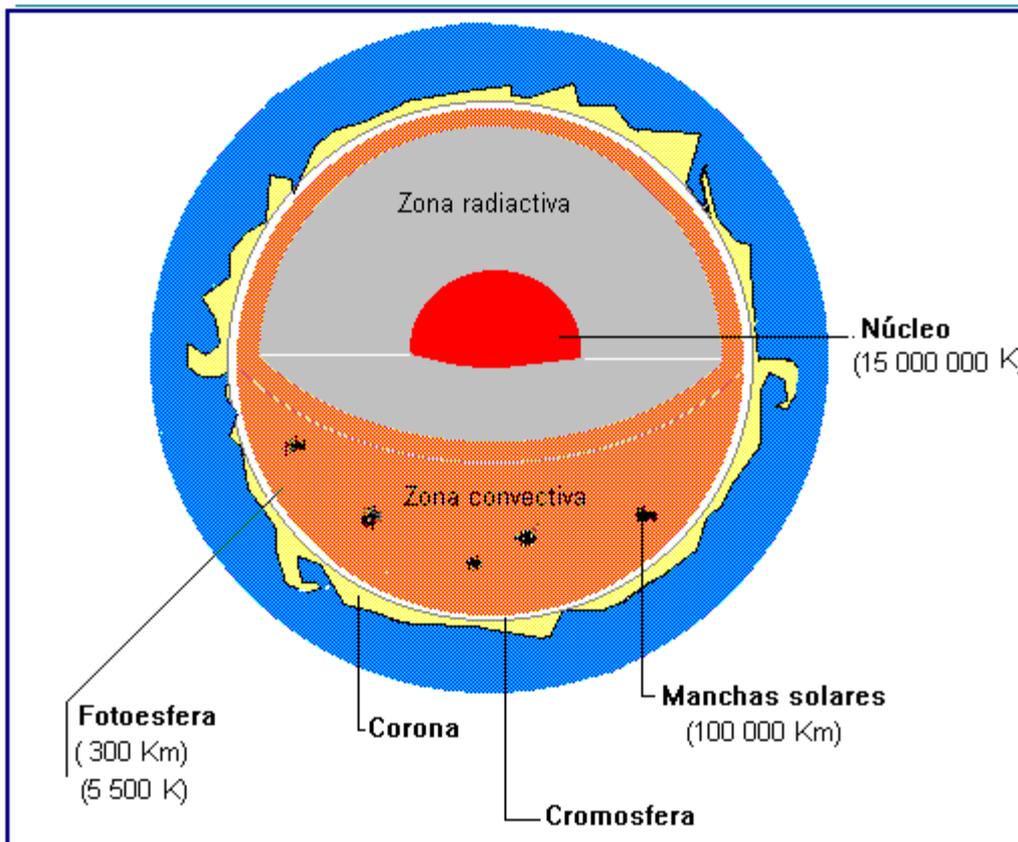
La energía liberada de estas reacciones de fusión produce un viento estelar que fluye hacia el exterior de la zona de condensación (ver figura) principalmente a través de los polos originándose los llamados objetos de **Herbig-Haro** (los jets que conforman los flujos bipolares). Más tarde el viento fluirá en todas las direcciones (ver viento solar) dejando a la joven estrella rodeada de un disco nebuloso.

Este proceso de formación de estrellas a partir de nebulosas se puede volver a repetir con material que ha sido enriquecido con elementos más pesados procedentes de explosiones de supernovas y de nebulosas planetarias que explotaron y esparcieron el material estelar en el espacio interestelar, así se pueden formar estrellas de segunda y tercera generación, se piensa que nuestro Sol es una de estas estrellas de tercera generación, y se ha beneficiado por tanto de elementos pesados como el carbono, el silicio o el oro generados por antiguas estrellas de primera generación.

29ª.-¿Cómo es el Sol?

El Sol, es la estrella más cercana a nuestro planeta la Tierra. Es el astro Rey, pues el mantenimiento de la diversidad biológica de la Biosfera terrestre depende de la energía que nos llega de él. Como todas las estrellas es una esfera incandescente de gas muy caliente con un diámetro de 1.400.000 Km que emite luz y otros tipos de radiaciones electromagnéticas: infrarrojos, ultravioleta, rayos X. El Sol una de las estrellas típicas de la secuencia principal, de tipo espectral **G**, por lo que se encuentra en una etapa tranquila de su ciclo vital. En las regiones centrales (núcleo) del Sol, la temperatura alcanza los 15 millones de grados Kelvin, en tales condiciones se realiza continuamente el proceso de fusión termonuclear. El Sol fusiona (por medio del ciclo protón-protón) en un solo segundo 400 millones de toneladas de hidrógeno en helio de manera constante, siendo una fuente de enorme producción de energía. Esta energía es transportada a través de la envoltura hacia el exterior por radiación y convección hasta que alcanza la fotosfera o superficie visible del Sol de 500 Km de grosor que está situada por encima de la cromosfera, capa de gas de alrededor de 10.000 Km de profundidad, mas fría y que emite menos luz que aquella y por último la corona, solamente visible durante los eclipses totales de Sol.

Figura nº 61
Estructura básica del Sol



Es característico observar en la superficie solar unos puntos negros, que al encontrarse a una menor temperatura que la **fotosfera** circundante se ven oscuros. Varían de tamaño, forma, número y duración; cuando crecen se convierten en las denominadas manchas solares, (cien o más) y pueden en algunos casos superar 100.000 Km de diámetro, permaneciendo algunas semanas en la superficie antes de desaparecer. La naturaleza física de estas manchas es en gran parte desconocida, aunque se piensa que se encuentran asociadas a los fenómenos magnéticos que ocurren en la fotosfera.

Comparando el Sol con otras estrellas, éste, es bastante pequeño, pero en relación con la Tierra es enorme, superándola en masa en más de 330.000 veces. La cantidad de energía que incide sobre la atmósfera terrestre denominada **constante solar** es de aproximadamente 1,35 kilovatios por metro cuadrado.

Las mejores condiciones para observar la superficie del Sol se presenta durante los eclipses, (ver pregunta sobre los eclipses) la Cromosfera, corona solar y las protuberancias solares se hacen entonces muy evidentes.

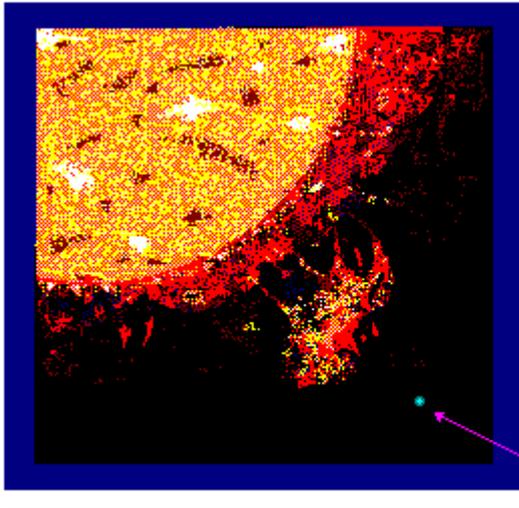


Figura nº 29

Dibujo artificio de una impresionante erupción solar a partir de una fotografía del SOHO.

La Tierra aparece superpuesta para apreciar el tamaño comparativo.

El 2 de Diciembre de 1995, a bordo del cohete lanzador Atlas II, fue puesto en órbita el satélite Solar *Heliospheric Observer*, popularmente conocido como el SOHO. Poco tiempo después quedó estacionado en el primero de los cinco puntos denominados de Lagrange, en donde un pequeño cuerpo como una sonda o un satélite puede quedarse estacionario o permanente entre la Tierra y el Sol, desde este privilegiado lugar situado a un millón y medio de Km de la Tierra en dirección al Sol, permite una continua observación del Sol. El SOHO está proporcionando datos hasta ahora desconocidos, tales como los ríos de plasma bajo la superficie del Sol. También una mejor comprensión de las manchas solares así como numerosos descubrimientos de los fenómenos producidos en el astro rey. En los primeros días de Junio de 1998, el SOHO observó como dos cometas se sumergían dentro de la superficie del Sol.

30ª.-¿Qué es el viento solar?

El viento solar es una corriente de partículas ionizadas que parten del Sol hacia todas direcciones. Su intensidad es variable dependiendo de la actividad que se produce en la corona solar. Estas partículas atómicas pueden viajar a la increíble velocidad de 500 Km por segundo. La región más externa del Sol, la corona, se encuentra en un estado de alta agitación térmica así que el hidrógeno y el helio pueden escapar de la atracción gravitacional y formar un flujo estable de material llamado **viento solar**. Al encontrarse a una alta temperatura y estar continuamente iluminado por el Sol el viento solar es un plasma completamente ionizado.

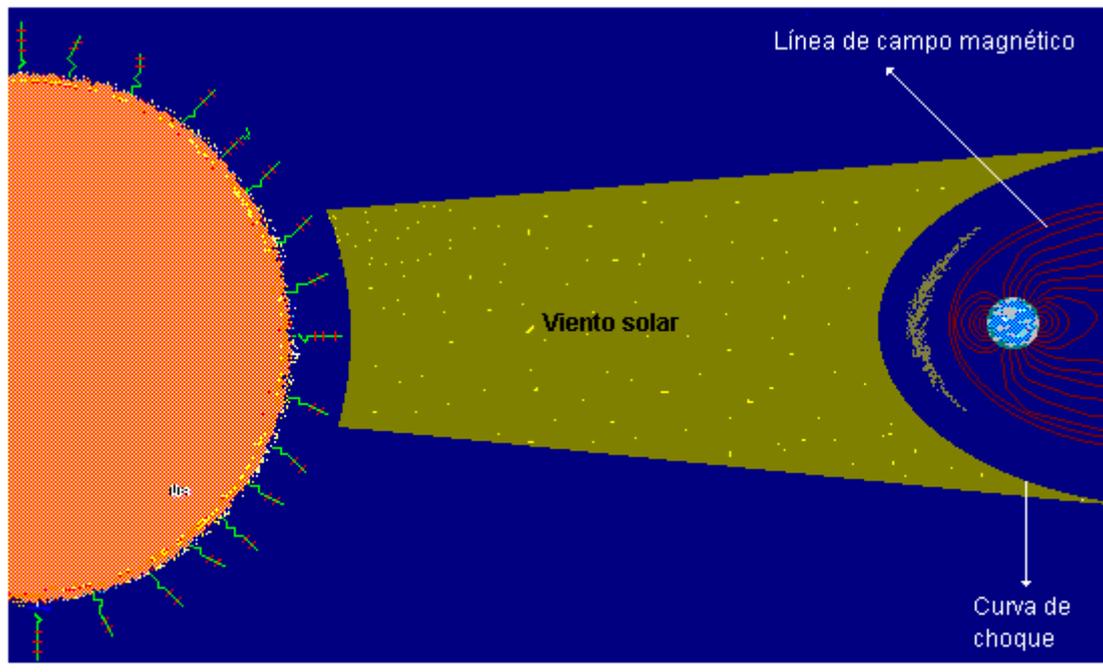


Figura nº 30

Las líneas del campo magnético producen ondas en la atmósfera solar que empujan al viento solar hacia el exterior, afectando a la magnetosfera terrestre.

Cuando el viento solar se acerca a la tierra interacciona con el campo magnético terrestre formando la magnetosfera. Una consecuencia de esta interacción es la aparición de fenómenos espectaculares en el cielo en las latitudes altas de ambos hemisferios de la Tierra, estos fenómenos naturales son conocidos como las auroras boreales y suelen formarse alrededor de 100 Km de la superficie.

Las auroras boreales formadas por bandas multicolores son especialmente brillantes los días siguientes a una intensa actividad solar, en los que se producen fulguraciones muy intensas. Este plasma consiste principalmente de electrones y protones con una pequeña fracción de iones He^{2+} .

31ª.-¿Cómo es que nuestro Sol es amarillo?

Nuestro Sol presenta su color amarillo característico al hallarse en la fase de las estrellas medianas de la secuencia principal. En esta fase estelar, estas se encuentran en un periodo tranquilo y de mayor duración de su ciclo vital. En las elevadas temperaturas del interior se produce la fusión de los núcleos de hidrógeno en núcleos de helio, mientras que la temperatura superficial oscila entre los 6000 y 8000 grados Kelvin. A esta temperatura el pico de emisión de radiación se produce a las longitudes de onda del visible en la zona amarilla del espectro, por eso vemos al sol de este color.

Las estrellas mas jóvenes o menos evolucionadas son más calientes en la superficie y radian preferentemente la zona del azul del espectro por ello tienen un color azul a blanco muy intenso, mientras que las estrellas viejas son más frías en la superficie y emiten en la región del rojo, son por ello gigantes rojas.

Algunas estrellas sufren variaciones del color y brillo debido a que son sistemas binarios o múltiples, combinando sus respectivos colores.

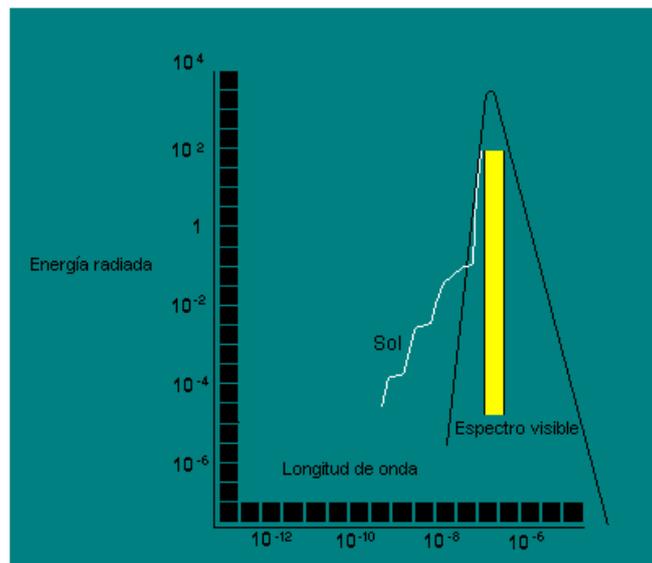


Figura nº 31
Espectro de emisión del Sol a distintas longitudes de onda del espectro electromagnético.

En relación al color, temperatura superficial y espectro las estrellas se clasifican en las siguientes clases espectrales:

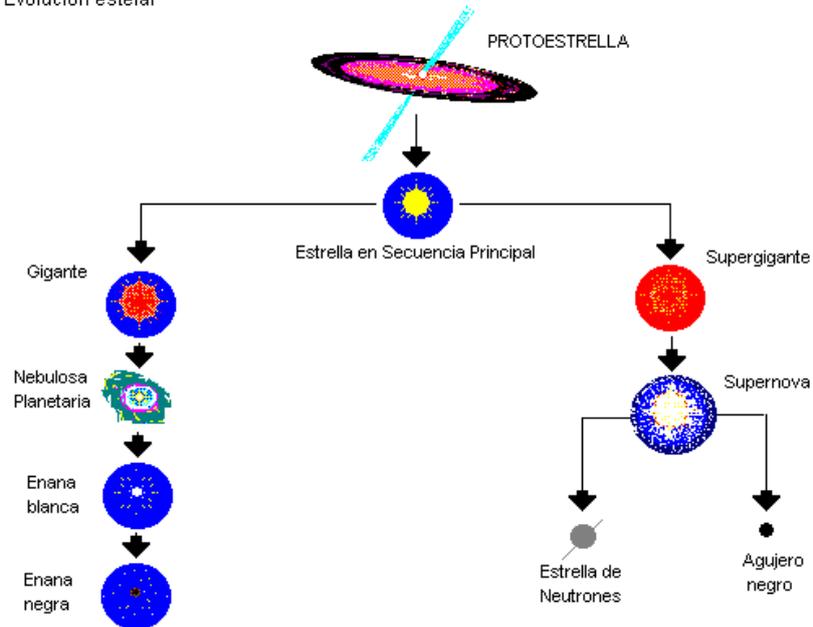
Tipo espectral.	Color aparente	Temperatura superficial (K)
O	Azul Las estrellas del cinturón de Orión o los reyes magos	25000 a 40000
B	azul Rigel (B8) y Espiga (B1)	11000 a 25000
A	de azul a blanco Vega (A0), Sirio (A1) y Deneb (A2)	7500 a 11000
F	blanco Canopus (F0), Proción (F5) y la estrella Polar (F8)	6000 a 7500
G	de blanco a amarillo Capella (G8) y nuestro Sol (G2)	5000 a 6000
K	de anaranjado a rojo Arturo (K2) y Aldebarán (K5)	3000 a 5000
M	rojo Antares (M1) y Betelgeuse (M2)	3000 a 3500

Nota: para recordarlo memoriza la siguiente frase en inglés, "Oh, **Be A Fine Girl Kiss Me**

32ª.-¿Cómo acabará sus días nuestra estrella, el Sol.?

Dentro de tal vez 5000 millones de años, el Sol habrá convertido todo el hidrógeno de su núcleo en helio, por lo que el equilibrio que existía hasta entonces entre la fuerza de la gravedad y la presión térmica se romperá y la estrella entrará en un nuevo camino evolutivo que le llevará hacia una gigante roja y por último a una enana blanca.

Figura nº 32
Evolución estelar



La gravedad gana momentáneamente la partida a la presión y el núcleo del Sol comenzará a contraerse, como consecuencia de esto su temperatura aumentará hasta los 100 millones de grados Kelvin. En el interior a estas temperaturas comenzará un nuevo ciclo de fusión nuclear ahora alimentado por helio fabricado en las cenizas de la fusión del hidrógeno ya agotado; esta energía de fusión proporcionará por un tiempo la presión térmica necesaria para alcanzar de nuevo el equilibrio hidrostático. No obstante, el rendimiento energético de estas reacciones de fusión de helio es menor que la del hidrógeno, por lo que la estrella genera menor energía y empieza a colapsar. Por otra parte, en una delgada capa más externa al núcleo tiene lugar la fusión del hidrógeno ahora a través del **ciclo del carbono (CNO)**, la energía liberada de este proceso en forma de presión térmica conseguirá expandir las capas exteriores de la estrella. El Sol crecerá tal vez 400 veces, y puesto que ahora la energía que emite se debe distribuir en un volumen mucho más grande, la energía radiada en la superficie disminuye convirtiéndose la estrella en una gigante roja. La luminosidad del Sol puede ser entonces de unas 10000 veces mayor que en la actualidad. El Sol en esta fase dispersará su atmósfera por el espacio y engullirá los planetas que se encuentren a su paso, primero a Mercurio y Venus, luego a la Tierra.

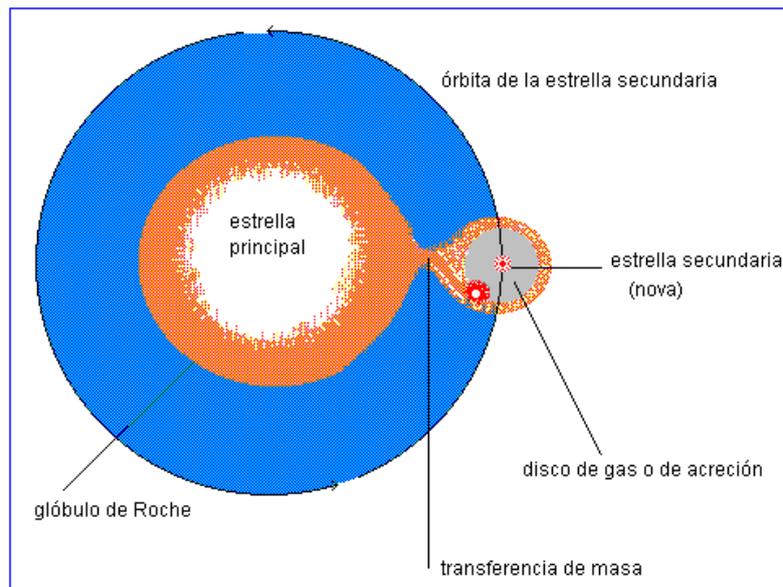
Mientras lo anterior acontece en las capas exteriores, en el núcleo los procesos de fusión continúan, fusionando núcleos de helio en núcleos de carbono y oxígeno, expulsando las capas exteriores de la estrella al espacio, y convirtiéndose así en esas bellas **nebulosas planetarias** que observamos en el cielo. El Sol en esta fase dispersará su atmósfera por el espacio y engullirá los planetas que se encuentren a su paso, primero a Mercurio y Venus, luego a la Tierra. El núcleo se enfría convirtiéndose en una enana blanca, (ver Novas o enanas blancas).

En este estadio, permanecerá durante mucho tiempo y sólo será un núcleo enano blanco con una extraordinaria densidad, así una cucharadita de café de esta estrella traída a la Tierra pesaría más de una tonelada. Finalmente, cuando esta enana haya radiado toda su energía (lo cual tendrá lugar en un enorme lapso de tiempo), se convertirá un rescoldo negro ("Black Star") vagando a la deriva por el inmenso océano cósmico.

33ª.-¿Que es una Nova?

La evolución de un sistema doble de estrellas puede llegar a un punto en la que uno de los componentes se convierta en una enana blanca y, debido a su enorme gravedad es capaz de atraer el material de la otra estrella del sistema. Cuando este material colisiona con la superficie de la enana blanca puede desencadenar nuevos procesos de fusión nuclear, por lo que este fenómeno va acompañado con un aumento considerable de su brillo, produciéndose lo que llamamos una Nova. La palabra Nova deriva del latín y significa "nueva". Algunas, pueden aumentar miles de veces su brillo en pocos días o semanas y a diferencia de las supernovas la explosión no destruye a la estrella, por lo que puede sufrir más de una explosión.

Figura nº 33
Mecanismo que conduce al fenómeno explosivo de una nova.



En el transcurso de 15000 millones de años de existencia de una Galaxia pueden explotar aproximadamente unos 75 millones de estrellas, lo que supone una nova entre 2000 a 3000 estrellas explosivas.

La asiduidad de una explosión de una estrella nova se supone de 8 ó 10 por siglo.

Ejemplos:	1934 en Hércules.	Posición:	18h 16m +45° 51´
	1891 en Auriga.		05h 28m +30° 25´
	1898 en Ofiuco.		17h 47m -06° 42´

34ª.-¿Qué es una Supernova?

Cuando una estrella supergigante roja llega al final de su ciclo vital, en su núcleo ya no se pueden sintetizar elementos más pesados que el Hierro (Fe), la nucleosíntesis del siguiente elemento (cobalto) requiere energía en vez de cederla, por lo que el núcleo es incapaz de resistir el embate de la gravedad, este proceso de contracción gravitatoria produce una súbita implosión de la estrella, liberándose una enorme cantidad de energía, cayendo las capas exteriores de la estrella hacia el interior, elevándose de nuevo la temperatura que puede llegar a los 5000 millones de grados, produciéndose una explosión de forma espectacular, fenómeno conocido con el nombre de supernova. Esta explosión lanza el material estelar hacia el medio interestelar, formándose una nebulosa de emisión alrededor del centro de explosión, la cual incrementa con el tiempo su tamaño, dejando en además como "cadáver" el núcleo, el cual se ha convertido en una estrella de neutrones, y que es detectado en la superficie terrestre como un Pulsar (ver Pulsar).

El brillo absoluto de una supernova es más de mil veces mayor que la de una Nova normal. En su punto álgido, una supernova es capaz de irradiar lo que 200 millones de soles juntos; la emisión de energía es tan fuerte aunque breve -tal vez varios meses- que alcanza magnitudes aparentes que la hacen visible en pleno día.

Una de las Supernovas más famosas de la Historia es la que fue registrada el 4 de Julio del año 1054 por los astrónomos chinos. Dejó un "detritus" en forma de remanente que hoy conocemos como la nebulosa del cangrejo situada en la constelación del Toro. El núcleo de esta estrella que explotó convertida en una estrella de neutrones fué detectada como una fuente de ondas de radio pulsantes (Pulsar) a finales de los años 60, por la estudiante de doctorado Jocelyn Bell, utilizando uno de los primeros radiotelescopios del mundo construido por la Universidad de Cambridge, en Inglaterra.

Figura nº 34
 Localización de la Nebulosa del Cangrejo, resto de una supernova observada por astrónomos chinos en el año 1054. Aún hoy experimenta una expansión a 1000 Km por segundo.

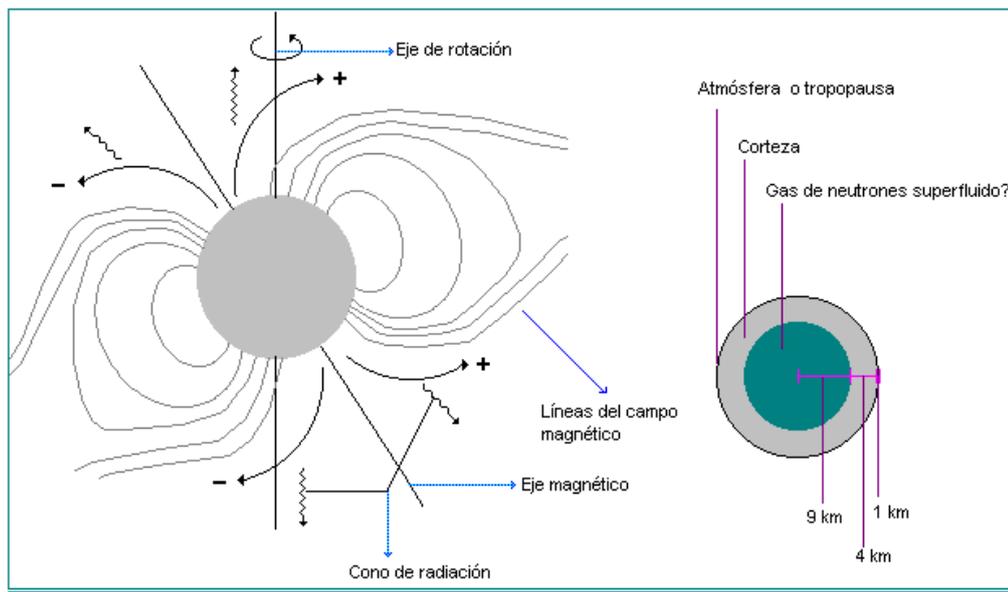
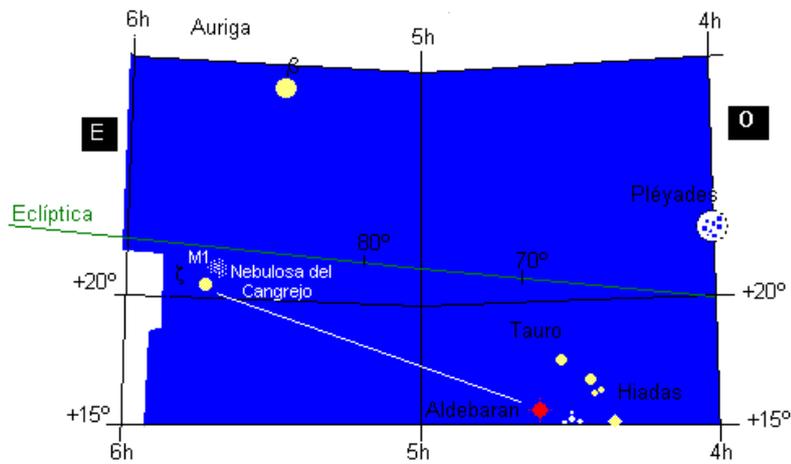


Figura nº 35
Estructura interna de una estrella de neutrones o púlsar
 El núcleo de una supernova se convierte en una estrella de neutrones, su densidad llega a cientos de millones de toneladas por centímetro cúbico. Estos objetos emiten ondas de luz llamados Pulsar que salen de sus polos en rápida rotación.

Existe otro tipo de explosión de Supernovas denominadas de tipo I, se piensa que son explosiones procedentes de estrellas enanas blancas acompañadas de otras estrellas. El gas de la estrella acompañante llega a la enana blanca, haciendo que esta adquiera una mayor masa, cuando supera 1,4 veces la masa solar explota lanzando al espacio gran cantidad de materia (ver figura de novas) aunque no tanto como las supernovas de tipo II anteriormente descritas de estrellas supergigantes. Los elementos químicos sintetizados en estas estrellas son proyectados al espacio circundante y pueden así servir más tarde como material de nuevas estrellas y de sistemas planetarios.

Clasificación de Supernovas:

Según el espectro obtenido en los primeros instantes de la explosión tenemos:

1.1 Sin mostrar presencia de Hidrógeno:

1.1.1

- SNI
- Con Si
 - SN Ia: 1985A y 1989B
 - Se cree que se originan en la deflagración o detonación del disco de acreción de una enana blanca.
- Sin Si
 - Se origina por colapso del núcleo. Las capas exteriores de la estrella son despojadas por el viento (estrellas de Wolf-Rayet) o la interacción de binarias.
 - Ricas en He
 - SN Ib: 1983N y 1984L
 - Su interacción en sistemas binarios provoca la pérdida del Hidrógeno
 - Pobres en He
 - SN Ic: 1981I y 1983V
 - Su interacción en sistemas binarios provoca la pérdida del Hidrógeno y el Helio.

1.2.- Con Hidrógeno en el espectro:

- SN II
- He dominante
 - SN IIb: 1993J y 1987K
 - Se cree que se originan por colapso del núcleo (aunque no todas). El Hidrógeno es perdido durante la evolución por efectos de marea gravitatorios.
- H dominante
- "SN II Normales"
 - Se originan en el colapso del núcleo de una estrella progenitora con un núcleo repleto de Hidrógeno.
 - Las curvas de luz decaen después del máximo:
 - -Decrecimiento lineal
 - SN IIL: 1980K y 1979C
 - - Con meseta ("plateau")
 - SN IIP: 1987A, 1988A y 1969L

La aparición de "estrellas nuevas" supuso un fuerte aldabonazo contra la idea del gran filósofo griego Aristóteles que sostenía que las esferas celestes eran perfectas y estaban hechas de un material incorruptible. Las observaciones que el astrónomo danés Tycho Brahe hizo sobre la supernova que estalló en Casiopea en 1572, así como la que observó Kepler en Ofiuco en el año 1604, sirvieron como base para atacar las teorías de Aristóteles, en una época donde la Ciencia comenzaba a mirar con más atención a los cielos. Desde entonces no ha aparecido ninguna otra en nuestra Galaxia. Sin embargo, a finales de la década de los 80, tuvo lugar la detección de la Supernova SN1987A en la nube Mayor de Magallanes, por lo al ser una de las más cercanas observadas con un gran número de instrumentos astronómicos distribuidos por todo el mundo, ha sido una de las supernovas mejor estudiadas hasta el momento.

Se piensa que en una Galaxia ordinaria pueden explotar una media de cinco supernovas por milenio.

Ejemplos: La Nebulosa del Velo en el Cisne. 20h 54m +31° 30`
 M1 la Nebulosa del cangrejo en Tauro. 05h 34m +22° 01`
 La estrella de Kepler en Ofiuco. 17h 27m -21° 16`

35ª.-¿Entonces, el hombre tiene su origen en las estrellas?

Antes de proseguir con nuestra senda de preguntas, merece la pena hacer un alto en el camino, y reflexionar sobre el significado que tiene el conocimiento vertido en las preguntas que hasta ahora nos hemos formulado. Hoy ya sabemos, que el hombre (*homo sapiens*) como especie biológica, al igual que toda la vida natural de la Tierra, depende en su proceso vital de moléculas orgánicas tales como ácidos nucleicos, proteínas, lípidos..., los cuales a su vez están formados por la unión de distintos elementos químicos, (Oxígeno, Hierro, Azufre, Carbono, Manganeso, Zinc...) . De estos el más importante como elemento estructural es el carbono (C). Como hemos podido ver este átomo son construidos en "horno estelar" esparcidos por el espacio interestelar y por última tras un proceso de lento enfriamiento y de reaccionar con otros elementos presentes también en dicho espacio comienzan a formar moléculas diversas que serán el substrato sobre el que se edificarán los organismos vivos. Teniendo en cuenta el origen estelar de estos bioelementos, es natural pensar que la emergencia de la humanidad dependió y depende de los acontecimientos de nucleosíntesis que tuvieron lugar en estos formidables eventos celestes acontecidos hace mucho tiempo, antes de que se formara el sistema solar y nuestro planeta, somos productos como dijo Carl Sagan, somos *polvo de estrellas*.

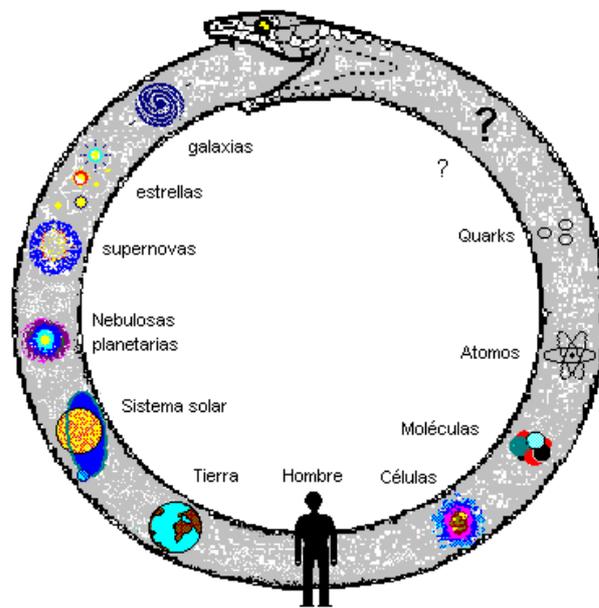


Figura n° 36

El hombre es polvo de estrellas y un eslabón entre lo pequeño y lo grande.

36.-¿Qué es una Enana Blanca?

Una estrella semejante a nuestro Sol, puede terminar sus días como una **enana blanca**. Al agotar su combustible nuclear, es incapaz de mantener el equilibrio que existía entre la fuerza de la gravedad (la cual tiende a estrujar toda la materia en un volumen de espacio cada vez menor) y la fuerza que contrarresta a la anterior (la presión del gas de la estrella producida por la de fusión termonuclear, siempre que la masa de la estrella no sea superior a $1,4 M_{\odot}$ el denominado límite de Chandrasekhar). El núcleo de la estrella se contrae hasta tener un diámetro semejante al de la Tierra, siendo en consecuencia su densidad muy grande. En este estado, es la presión de degeneración de los electrones, lo que permite contrarrestar la fuerza de la gravedad. Esta fuerza antigravitatoria es una consecuencia del **Principio de Exclusión de Pauli**, que impide que los electrones (fermiones) puedan ocupar el mismo lugar en el espacio, éste efecto mecánico-cuántico permite alcanzar un nuevo estado de equilibrio en la estrella, la cual se ha convertido entonces en una enana blanca. Estas estrellas tienen una superficie lo bastante caliente para radiar "luz visible" de ahí su nombre; luego estas moribundas estrellas languidecerán radiando aún energía durante millones de años.

Si la masa de la estrella supera el límite de Chandrasekhar, la "presión de degeneración" de los electrones no es suficiente para detener el efecto de la gravedad, por lo que estos "caen" sobre los núcleos de los átomos transformándose todos los protones en neutrones, de esta manera se genera una estrella de Neutrones. La masa de estas estrellas "muertas" puede ser superior en varias veces la masa solar mientras que su diámetro puede ser de tan sólo 20 Km. Su densidad es tan formidable que alguien lo comparó como el peso de una gran montaña en la cabeza de un alfiler.

Si posee una masa mayor de 7 o 8 masas solares, tal objeto es un candidato seguro a Agujero Negro. Una cucharada de materia de una enana blanca "pesa" una tonelada, una cucharada de materia de una estrella de neutrones "pesa" 100 millones de toneladas. Una cucharada de "materia" en un agujero negro se calcula que pesa al menos 6000 trillones de toneladas.

37ª.-¿Qué es un agujero negro?

Los agujeros negros ("**black hole**") han tenido una gran expectación desde que su existencia teórica fuera propuesta a la atención del gran público, tanto en su vertiente más científica como lúdica. Sin embargo, la idea de la existencia de estos objetos se remonta al siglo XVIII cuando el reverendo aficionado a la astronomía John Michell, se planteó y resolvió a la luz de la teoría de Newton de la gravitación Universal, la siguiente pregunta: ¿puede la materia crear un campo gravitatorio tan intenso que ni la propia luz pueda escapar?. La respuesta a esta pregunta es sí. Bajo ciertas condiciones la intensidad gravitatoria de un objeto, por ejemplo una estrella lo bastante compacta, tendría una **velocidad de escape** en la superficie que supere los 300.000 km/seg de tal forma que la luz no puede escapar de la zona de su influencia gravitatoria, por lo que dicho objeto se convertirá en algo invisible a nuestros ojos, algo así como un gato negro en una noche sin luna.

También a principios del siglo XIX Jean Pierre-Simon De Laplace, propuso la misma idea de forma independiente, pensó que podría darse el caso de combinaciones de masa y densidad que producirían una gravedad superficial tan elevada, que la velocidad de escape igualaría o superaría la

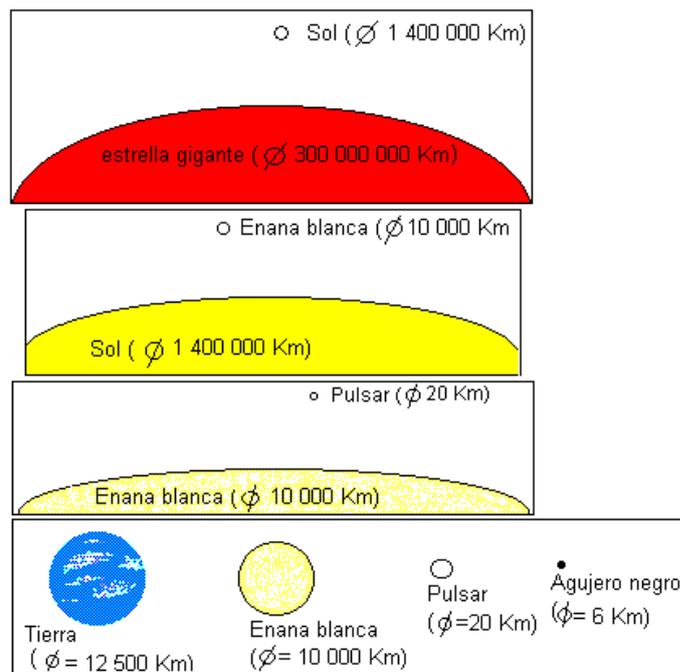


Figura nº 37
Dimensiones comparadas.

velocidad de la luz. En este caso el objeto, no podría emitir luz.

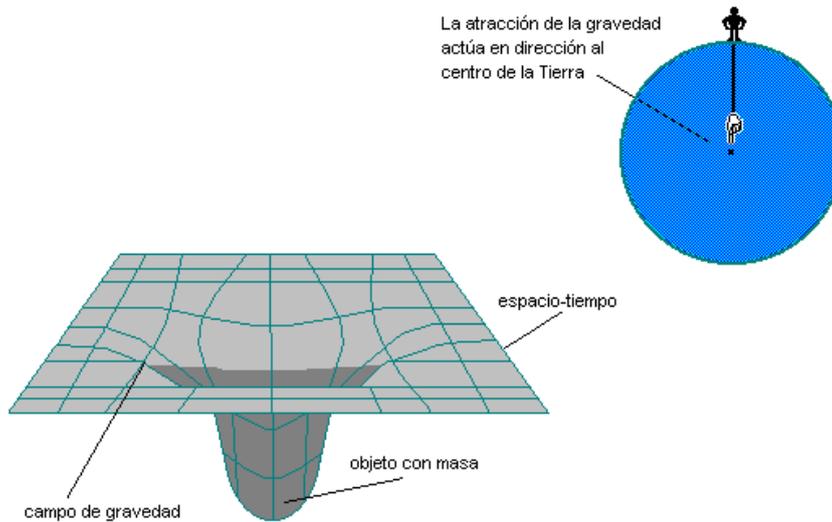


Figura nº 38

- a) La fuerza de la gravedad disminuye de acuerdo con la ley de la inversa al cuadrado.
- b) Curvatura del espacio-tiempo.
La curvatura se halla en relación a la masa-energía de un cuerpo.

Con la llegada del siglo XX entra la Teoría de la Relatividad General de Einstein en escena y con ella, se empieza ver a la fuerza de gravedad como una consecuencia de la geometría del espacio-tiempo. La masa-energía de los objetos es capaz de alterar o curvar el espacio-tiempo, estando esta tasa de curvatura en relación del contenido masa-energía de un cuerpo, cuanto mayor sea esta, mayor es la intensidad del campo gravitatorio (ver figura).

Por debajo de un cierto radio crítico denominado **radio de Schwarzschild** - distancia a partir de la cual la velocidad de escape en la superficie de un objeto supera a la velocidad de la luz-, cualquier pedazo de materia puede convertirse en un "black hole". No obstante el físico británico Stephen W. Hawking al conjugar los principios de la Relatividad con la mecánica cuántica, señaló que los agujeros negros podían emitir radiación térmica con lo que podría "evaporarse" muy despacio, y no serían objetos en el fondo tan negros y tampoco permanentes.

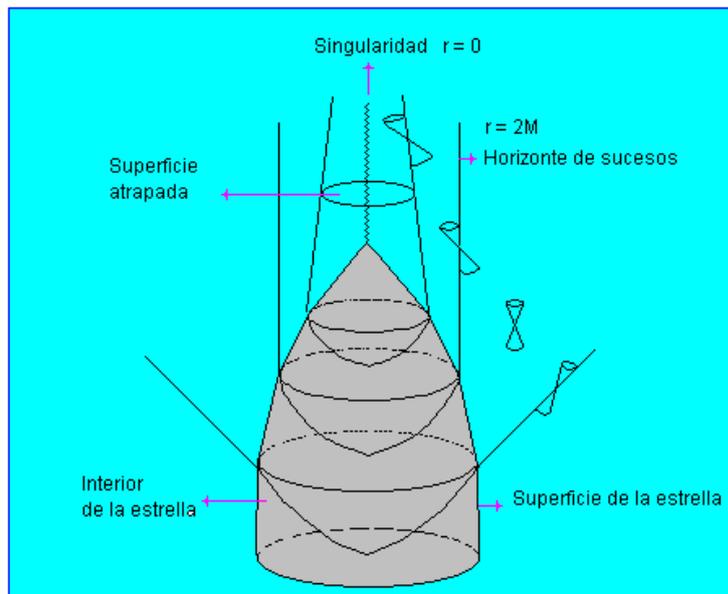
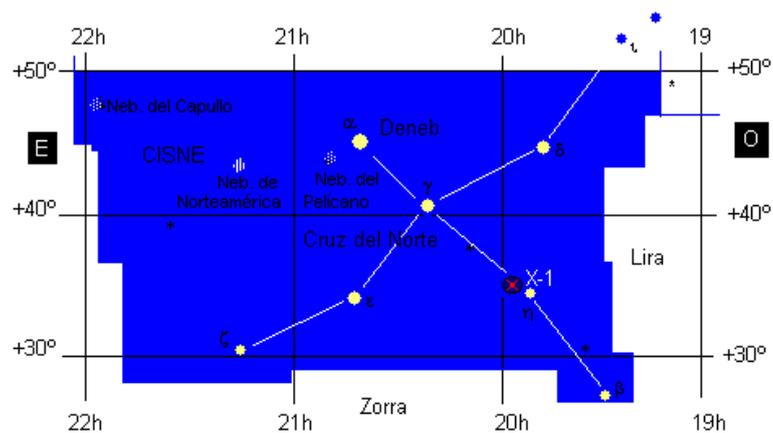


Figura nº 39
Esquema de un agujero negro.

Una manera de descubrir agujeros negros es intentar ver los efectos gravitacionales y por lo tanto energéticos que la presencia de un objeto de este tipo tiene sobre su entorno estelar. Por este medio se han descubierto sistemas dobles que emiten intensas radiaciones de rayos X, que pueden ser captados desde los satélites artificiales. El "peso" de uno de los miembros del sistema es lo suficientemente grande, como para ser un buen candidato a agujero negro. Como ejemplo

Figura nº 40
Posición de X-1 Cisne



Cisnus X-1 (δ 19h 56m, $+35^{\circ} 04'$); Sagitarius A (17h 42m $-28^{\circ} 55'$); Núcleo de la Galaxia NGC4151 (12h 08m $+39^{\circ} 41'$)

38ª.-¿Qué son las estrellas variables?

La observación diaria de muchas de las estrellas del firmamento pone de manifiesto la existencia de variaciones muy importantes en su luminosidad aparente, de estas algunas de ellas lo hacen de una manera regular. Debido a que este fenómeno se puede observar a simple vista, la primera estrella en la que se describió esas variaciones de brillo fue en la estrella β -Persei en la Constelación de Perseo, denominada Algol (el ojo del diablo). Cada dos días y 21 horas pierde mas de la mitad de su brillo como consecuencia del eclipse que la produce otra estrella que gira alrededor de ella. El eclipse de Algol dura 10 horas en las que de nuevo vuelve a recuperar su brillo habitual de magnitud 2,2 a 3,5. **Algol** es el prototipo de **estrellas variables eclipsantes**.

Figura nº 41
Posición de Algol (3h 08m +40°57')

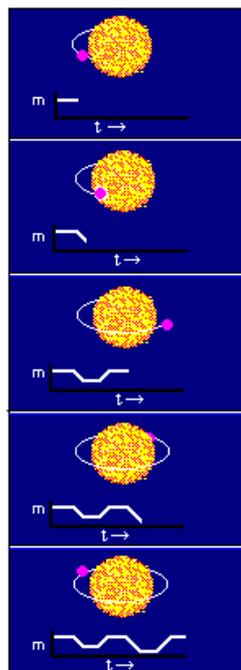
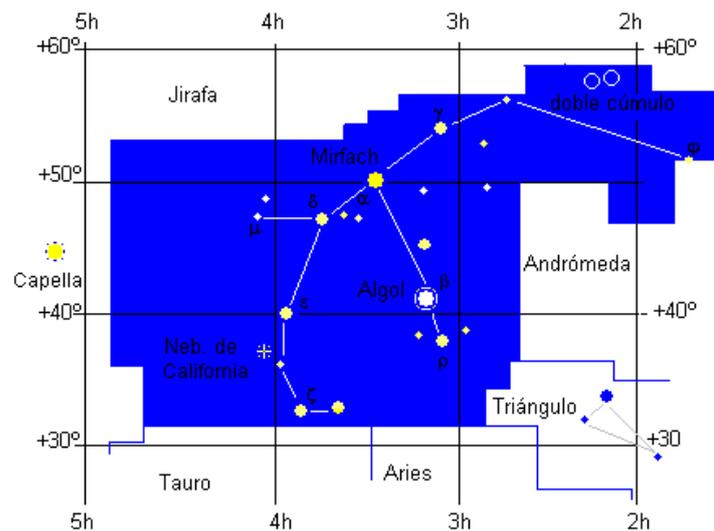
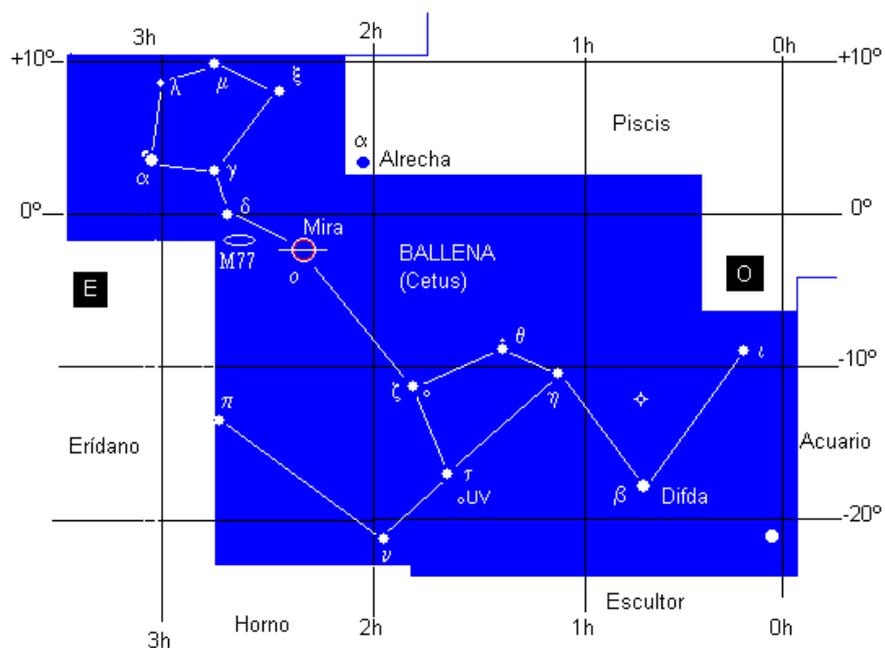


Figura nº 42

Curva de luz. Cuando en un sistema binario, una estrella eclipsa a otra. En este caso una pequeña estrella eclipsa parcialmente a otra mayor. **m** es la magnitud y **t** es el tiempo.

Otra estrella variable muy conocida y utilizada como prototipo de su clase, es la estrella de la Ballena **Mira** "la estrella maravillosa". Su variabilidad de luminosidad es muy irregular al contrario que Algol, pasando de ser una de las 100 estrellas más brillantes a prácticamente ser necesario la ayuda de un instrumento óptico para su observación. Mira, es una **estrella tipo variable de largo período**, ya que su ciclo se produce en casi un año y se dan en estrellas rojas. Mira es de setecientas veces mayor que el Sol a una distancia de 400 años luz de la Tierra y esta acompañada de una pequeña estrella enana blanca.

Figura nº 43
Posición de la estrella variable Mira en la Ballena



Otro tipo de variables muy estudiadas en astronomía son las variables cefeidas, como **δ-Cefeo**, que son **estrellas variables pulsantes de corto período**. En tan sólo cinco días varían su luminosidad desde una magnitud aparente de 3,5 a 4,4 en tan solo 7 días y 18 horas. Una estrella

muy popular de este tipo es **La Polar** cuyo brillo varía cada tres días. Las estrellas del tipo de las cefeidas varían su brillo entre 3 a 50 días y suelen ser supergigantes amarillas. A través de las cefeidas hemos podido ampliar nuestro horizonte cósmico, al utilizarlas como indicadores de distancias cósmicas.

Muchas veces podemos ver estrellas muy juntas unas de otras lo que puede parecer que son sistemas binarios o estrellas dobles, pero no es así puesto que pueden hallarse a una distancia muy alejadas entre sí aunque desde la perspectiva de la Tierra aparezcan juntas. A estas estrellas se las denomina **dobles ópticas** pero no son consideradas estrellas dobles porque no lo son, un ejemplo de estas lo tenemos en Mizar y Alcor en la vara del gran carro.

Cuando se descubre una estrella doble a partir de su espectro se denomina **binaria espectroscópica**, mientras que si se observa a través de la astrometría se denominan **binarias astrométricas**.

Siete de cada diez estrellas son múltiples. En ocasiones resultan ser estrellas triples o cuádruples, separadas gracias a la espectroscopia.

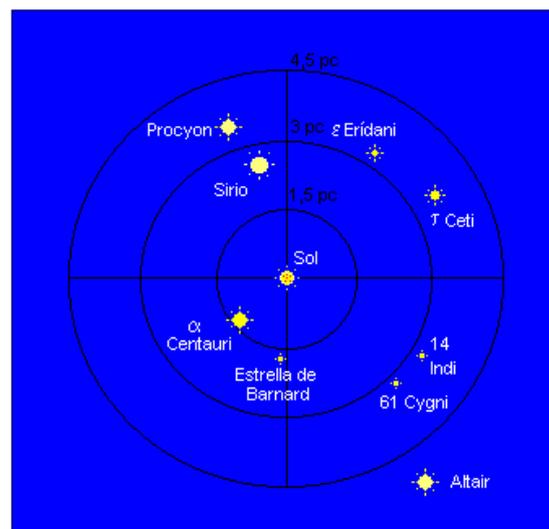
39ª.-¿Cuales son las estrellas más próxima a la Tierra?.

La estrella llamada Próxima Centauro es la más cercana de un sistema triple de Alfa Centauro situada en el hemisferio sur, se halla a 4 años luz de distancia, esto es aproximadamente nueve billones cuatrocientos sesenta mil millones de Km (9.460.000.000.000) por 4.

La segunda estrella mas cercana es la estrella de Barnard en la Constelación de Ofiuco, una enana roja a 6 años luz. Siguen Wolf 359 en Leo a 7,6 años luz y Lalande 21185 en la Osa Mayor a 8,1 años luz. Sirio que es la más brillante del cielo en el Can Mayor es también una de las más próximas a 8,7 años luz.

Figura nº 44

Algunas de las estrellas más próximas a la Tierra

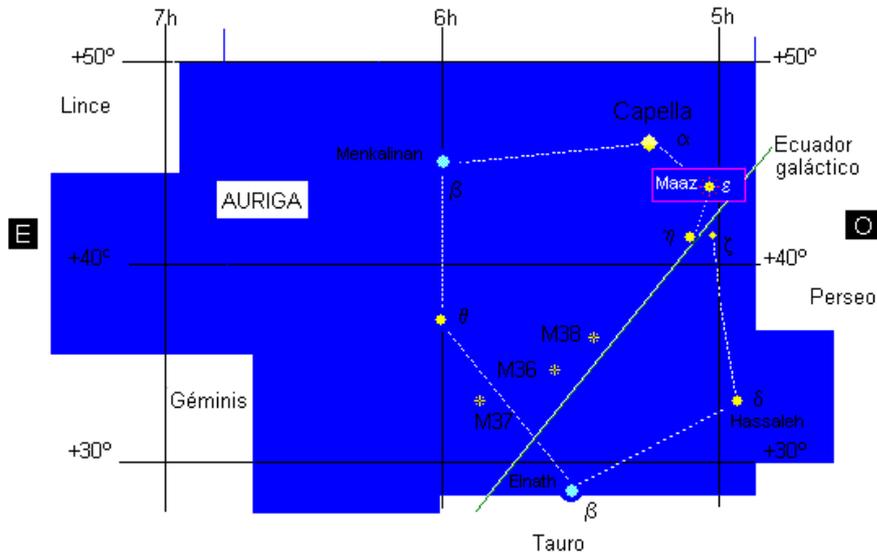


40ª.-¿Cuál es la estrella más grande de nuestra galaxia?

De las estrellas conocidas cuyo tamaño ha podido medirse, ϵ del Cocheo o de Auriga es una de las mayores de las estudiadas, tiene al menos 2700 veces la masa del Sol. También W de Cefeo, Rasalgheti en Hércules, Mira en la Ballena, Betelgeuse en Orión o Antares en Escorpio son estrellas supergigantes.

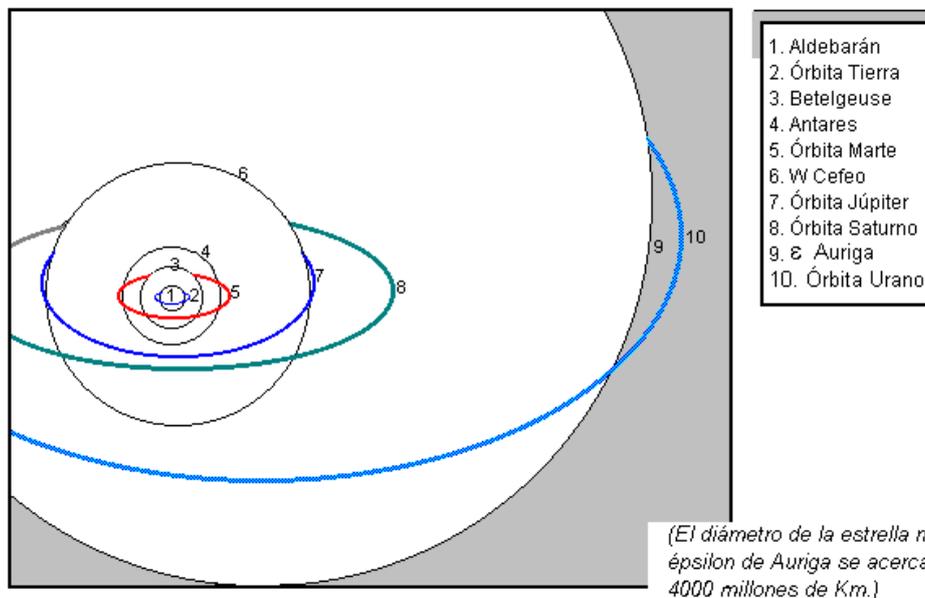
Épsilon Auriga es una estrella de brillo variable, visible en magnitud 3, con una magnitud absoluta de -8. Su tipo espectral es FO 1, es decir, blanca azulada, se halla unos 3° al sur-este de Capella, muy fácil de localizar a simple vista. Su ascensión recta es 5h 01m 58s y su declinación +43° 49' 24". Su distancia al Sol es de 4725 años-luz.

Figura nº 45
Posición de Epsilon Auriga



La estrella W de Cefeo es 1200 veces mayor que el Sol, Rasalgheti 800 veces, La estrella maravillosa Mir de la Ballena 460 veces, Betelgeuse 400 veces y Antares 320 mayor que el Sol, todas ellas supergigantes rojas.

Fig Nº 46



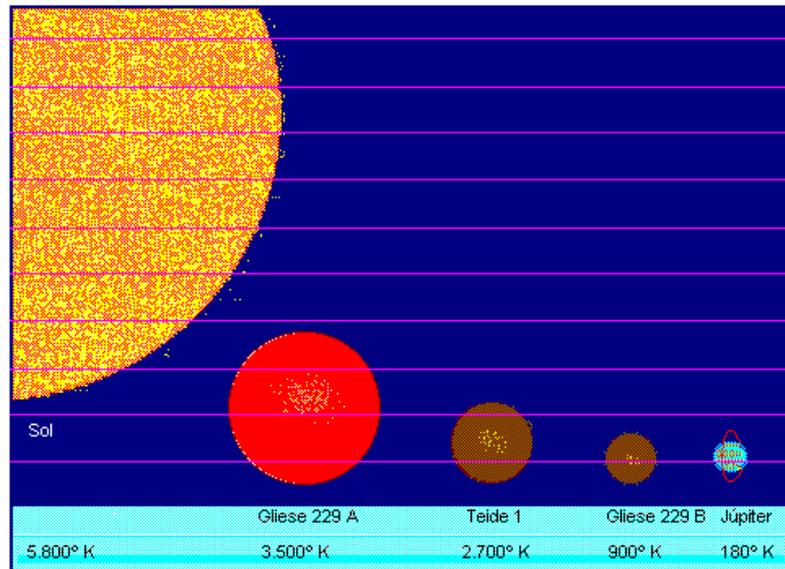
41ª.-¿Qué son las estrellas marrones?

Las estrellas marrones (enanas café) están a medio camino entre los Planetas de gran masa tal como Júpiter y las estrellas. Al carecer de masa suficiente (sobre 80 veces la masa de Jupiter) no desencadenan reacciones nucleares, no se encienden y por lo tanto no se convierten en verdaderas estrellas. Se cree que son muy abundantes en el Universo aunque de difícil localización ya que apenas brillan. Ejemplos de estos objetos son las enanas Teide 1, descubierta por astrónomos del IAC (Instituto de Astrofísica de Canarias). Entre las enanas café y las estrellas amarillas como nuestro Sol se encuentran las enanas rojas como Gliese 229A.

De ser cierta la teoría de su abundancia en el Universo, pueden tener parte de la masa de materia oscura que desconocemos en el Universo.

Figura n° 47

Tamaño comparado de las estrellas enanas marrones con el Sol y Júpiter

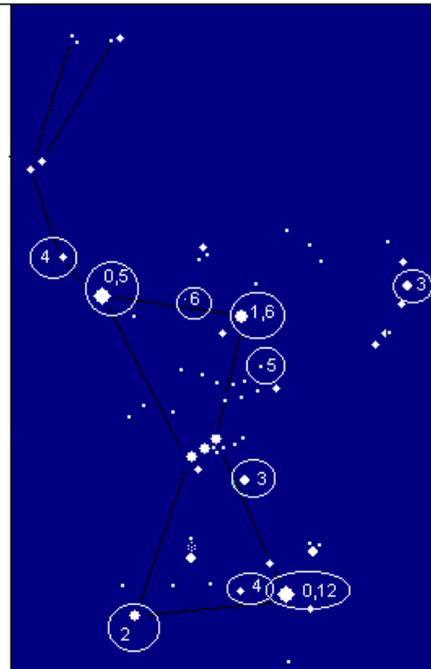


42ª.-¿Cuántas estrellas pueden verse a simple vista?

En una noche clara y a simple vista, el ojo humano es capaz de separar no más de 2600 estrellas, menos de lo que aparentemente puede parecer y eso suponiendo que puedan verse con facilidad ambos horizontes.

Figura nº 48

"Prueba tu vista"



Betelgeuse	0,5
Rigel	0,12
Bellatrix	1,6
Saif	2
π	3
η μ	4

2600 estrellas son solo una ínfima parte de las existentes en nuestra galaxia, de hecho la mayoría de las estrellas que observamos son vecinas del Sol. Con unos sencillos prismáticos esta cifra se multiplica por diez, especialmente en el verano sobre la medianoche y sin Luna.

Con los telescopios actuales, al menos pueden separarse mil millones de estrellas, sobre todo siguiendo el rastro de la Vía Láctea. Con todo, esta cifra supone solamente el 1% de las estrellas de la Galaxia.

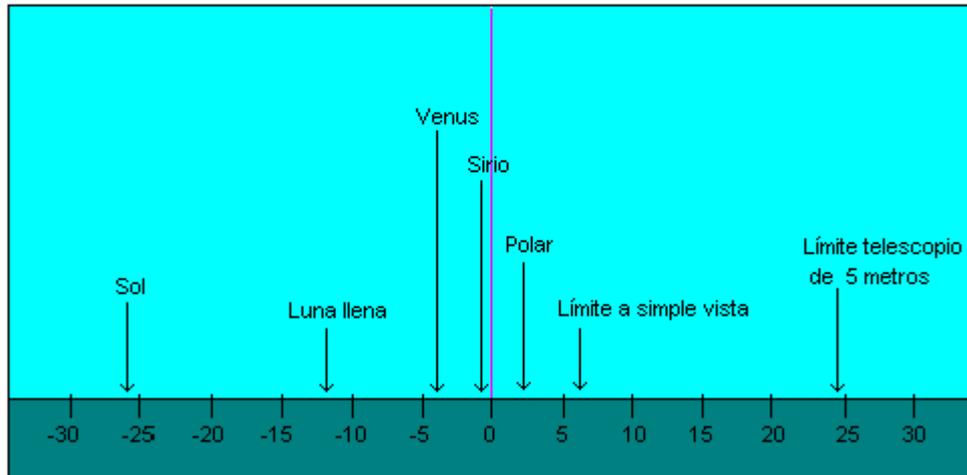
43ª.-¿Cuales son las estrellas más brillantes?

La magnitud o la medida de brillo de un cuerpo celeste vista desde la Tierra puede ser de aparente o absoluta. Como su nombre indica la magnitud aparente es el brillo del objeto celeste tal como se ve desde la Tierra y depende no sólo de su brillo absoluto sino también naturalmente de la distancia a nuestro punto de observación. La magnitud absoluta se establece a partir del brillo que tendría ese objeto celeste a una distancia de 10 Parsec. El Sol por ejemplo tiene una magnitud aparente de -27 pero su magnitud absoluta es de 4.8.

La diferencia en el brillo en una unidad de magnitud sea esta aparente o absoluta es igual a la raíz quinta de 100. Esto supone una diferencia de 100 veces en el brillo de cinco magnitudes. Cuanto mayor sea la cifra de magnitud más débil es su luz, por tanto un objeto de magnitud 3 es más débil en brillo o en magnitud que otro objeto de magnitud 2. A partir de la magnitud cero reciben números negativos.

Figura nº 49

Diagrama de magnitudes aparentes



NOMBRE	CONSTELACIÓN	MAGNITUD (aparente)	TIPO	POSICIÓN (h m)	DISTANCIA (años luz)
I	Sirio	Can Mayor	-1.46	A1 06 45 -16 42	9
II	Piloto	Carina	-0.72	A9 06 24 -52 41	74
III	Alfa	Centauro	-0.01	G2 14 39 -60 47	4
IV	Arturo	Boyero	-0.04	K2 14 15 +19 15	34
V	Vega	Lira	0.03	A0 18 36 +38 46	25
VI	Capella	Cochero	0.08	G6 05 16 +45 59	41
VI	Rigel	Orión	0.12	B8 05 14 -08 13	900
VII	Proción	Can Menor	0.38	F5 07 39 +05 15	11
IX	Achernar	Eridano	0.46	B3 01 37 -57 18	69
X	Hadar	Centauro	0.66	B1 14 03 -60 19	320
XI	Betelgeuse	Orión	0.70	M2 05 54 +07 24	520
XII	Altaír	Águila	0.77	A7 19 50 +08 50	16
XIII	Aldebarán	Tauro	0.85	K5 04 35 +16 29	60
XIV	Acrux	Cruz del Sur	0.87	B1 12 26 -63 02	510
XV	Antares	Escorpión	0.92	M1 16 29 -26 24	520
XV	Espiga	Virgo	1.00	B1 13 25 -11 06	220
XVII	Pólux	Géminis	1.14	K0 07 45 +28 03	40
XVIII	Fomalhaut	Pez del Sur	1.16	A3 22 57 -29 41	22
XIX	Deneb	Cisne	1.25	A2 20 41 +45 14	1600
XX	Beta Cruz	Cruz del Sur	1.28	B0 12 47 -59 38	460
XXI	Regulo	Leo	1.35	B7 10 08 +12 01	69
XXII	Adhara	Can Mayor	1.50	B2 06 58 -28 57	570
XXIII	Castor	Géminis	1.59	A1 07 34 +31 55	49
XXIV	Shaula	Escorpión	1.62	B1 17 33 -37 06	330
XXV	Bellatrix	Orión	1.64	B2 05 25 +06 20	470

44ª.-¿Qué es una Constelación?

Es un sistema de división del cielo en zonas desiguales que agrupan a numerosas estrellas. El sistema de Constelaciones es muy antiguo y cada civilización formó constelaciones diversas y con diferentes nombres, por ello en 1933 la Unión Astronómica Internacional instauró un sistema de 88 Constelaciones que contiene algunas clásicas como las zodiacales y otras con nombres de instrumentos científicos como el telescopio al sur de Sagitario, el Compás etc..., por orden de extensión son:

Constelación	Nombre popular	Estrella famosa	
1	Hidra	Hidra hembra	Alfard
2	Virgo	Virgen	Espiga
3	Ursa Major	Osa mayor	Alkaid
4	Cetus	Ballena	Mira
5	Hércules	Hércules	Ras Algethi
6	Erídanus	Río	Achernar
7	Pegasus	Pegaso	Algenib
8	Draco	Dragón	Thuban
9	Centaurus	Centauero	Próxima Cent.
10	Aquarius	Aguador	Sadalmelik
11	Ophiuchus	Ofiuco	Sabik
12	Leo	León	Regulo
13	Boötes	Boyero	Arturo
14	Piscis	Peces	Alrecha
15	Sagittarius	Arquero	Arco sur
16	Cygnus	Cisne	Deneb
17	Taurus	Tauro	Aldebarán
18	Camelopardalis	Jirafa	
19	Andrómeda	Andrómeda	Alferat
20	Puppis	Popa	
21	Auriga	Cochero	Capella
22	Aquila	Águila	Altaír
23	Serpens	Serpiente	
24	Perseus	Perseo	Algol
25	Cassiopeia	Casiopea	Caf
26	Orión	Orión	Betelgeuse
27	Cepheus	Cefeo	Delta Cefeo
28	Lynx	Lince	
29	Libra	Balanza	Zuneneigenubi
30	Gemini	Gemelos	Castor y Pólux
31	Cancer	Cangrejo	Acubens
32	Vela	Vela	
33	Scorpius	Escorpión	Antares
34	Carina	Quilla	Canopus
35	Monoceros	Unicornio	
36	Sculptor	Escultor	
37	Phoenix	Fénix	
38	Canes Venatici	Lebreles	
39	Aries	Carnero	Hamal
40	Capricornus	Capricornio	Dabih
41	Fornax	Horno	
42	Coma Berenices	Cabellera de Berenice	
43	Canus Major	Can Mayor	Sirio
44	Pavo	Pavo	

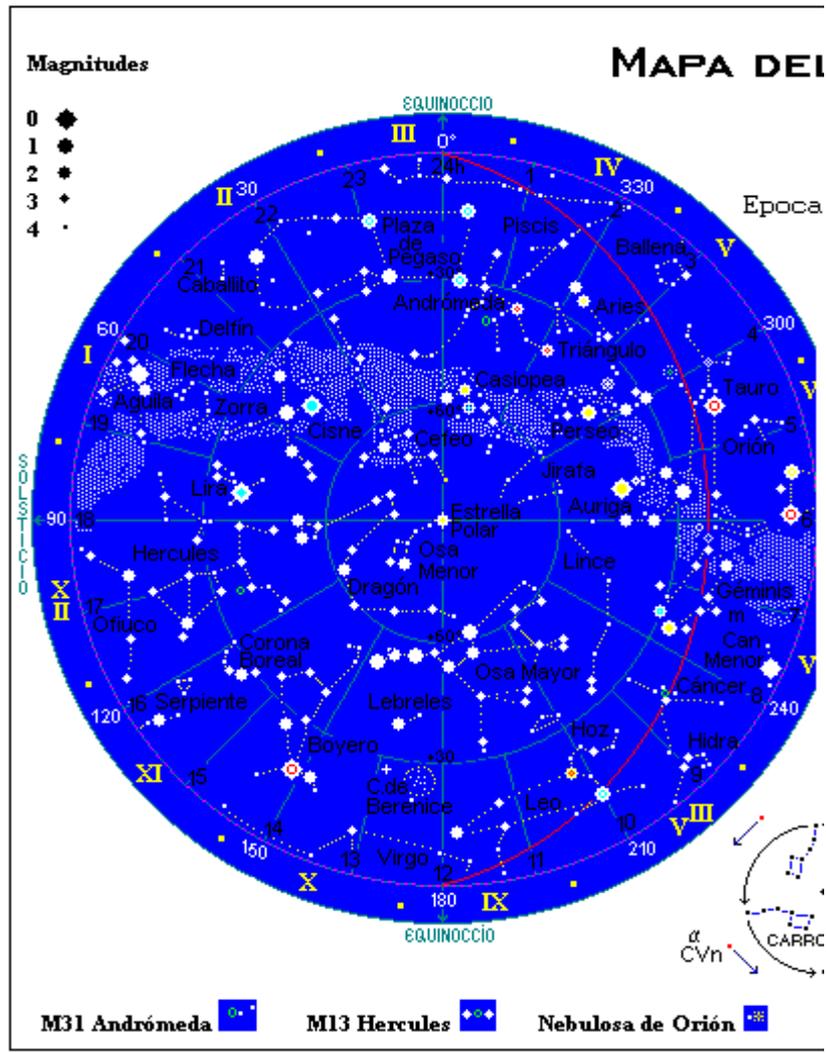


Figura nº 51 a
 Mapa celeste de las Constelaciones.

En la Senda de las estrellas

45	Grus	Grulla	Alnair
46	Lupus	Lobo	
47	Sextans	Sextante	
48	Tucana	Tucán	(Pequeña Nube de Mag.)
49	Indus	Indio	
50	Octans	Octante	Sigma Octante
51	Lepus	Liebre	
52	Lyra	Lira	Vega
53	Cráter	Copa	
54	Columba	Paloma	
55	Vulpécula	Zorra	
56	Ursa minor	Osa Menor	Polar
57	Telescopium	Telescopio	
58	Horologium	Reloj	
59	Pictor	Pintor	
60	Piscis Austrinus	Pez Austral	Fomalhaut
61	Hydrus	Hidra Macho	
62	Antlia	Máquina neumática	
63	Ara	Altar	
64	Leo Minor	León Menor	
65	Pyxis	Brújula	
66	Microscopium	Microscopio	
67	Apus	Ave del Paraíso	
68	Lacerta	Lagarto	
69	Delphinus	Delfín	
70	Corvus	Cuervo	
71	Canis Minor	Can Menor	Proción
72	Dorado	Pez Espada	(Gran Nube de Mag.)
73	Corona Borealis	Corona Boreal	R Crb
74	Norma	Regla	
75	Mensa	Mesa	
76	Volans	Pez Volador	
77	Musca	Mosca	
78	Triangulum	Triángulo	
79	Chamaeleon	Camaleón	
80	Corona Australis	Corona Austral	
81	Caelum	Buril	
82	Reticulum	Red	
83	Triangulum Australe	Triángulo Austral	
84	Scutum	Escudo	
85	Circinus	Compás	
86	Sagitta	Flecha	
87	Equuleus	Potro	
88	CruX	Cruz del Sur	Acrux

45ª.-¿Qué no puede verse del cielo austral desde el hemisferio norte?

Depende de la latitud exacta del observador del norte. Un observador en una latitud de pongamos 40° N., no podrá ver las estrellas situadas por debajo de 50° latitud sur ($90^\circ - 40^\circ = 50^\circ$). Desde las regiones septentrionales medias no podrá ver objetos típicos del cielo del sur, tal como por ejemplo la Pequeña y la Gran Nube de Magallanes, pequeñas galaxias muy próximas a la nuestra visibles desde los cielos del sur, tampoco la interesante estrella δ Eta Carinae. Este Sol ronda la sexta magnitud, tiene 100 veces la masa de nuestro Sol y puede convertirse pronto en una supernova.

En la línea de los 60° sur y entre las 14 y 15h de ascensión recta, se encuentran Rigel Centauri o Tolimán y Hadar en la Constelación del Centauro que son la tercera y la décima estrellas respectivamente más brillantes de todo el cielo. También cabe mencionar la Constelación del Octante, la zona hoy del polo sur celeste y como no, la más pequeña de las Constelaciones pero de estrellas muy brillantes: La Cruz del Sur.

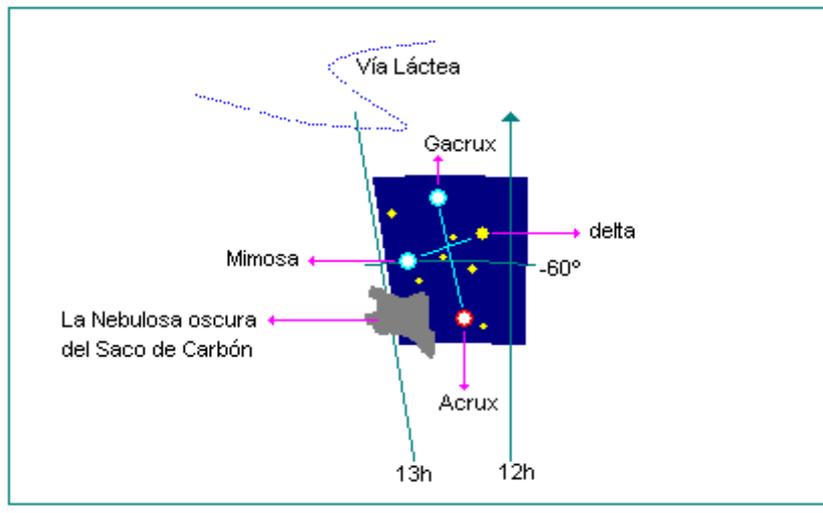


Figura nº 52
La Cruz del Sur.

La tradición astral cuenta que allá por el siglo XI d.C., el astrólogo árabe Al-Biruni descubrió que desde 30° latitud norte en la India se podía ver una configuración estelar del sur, conocida como Sula: "La viga de la Crucifixión". Algunos autores sugieren que este dato es la clave para interpretar la referencia en la Divina comedia de Dante, cuando entra en el Purgatorio y declara que está "dispuesto a espiar este extraño polo, recuerdo de cuatro estrellas, las mismas que vieron los primeros hombres, y que desde entonces ningún vivo a vuelto a ver" Se debe recordar que la Cruz del Sur era visible también en Jerusalén en la época de Cristo. Dante que conocía el efecto de la precesión, se refiere a una era sin Dios tras la muerte de Cristo, cuando Crux empezó a desaparecer del cielo.

46ª.-¿Cambian las Constelaciones con el curso del tiempo?

Evidentemente que si, en realidad las Constelaciones son imágenes que hemos construido los hombres para facilitar la observación clasificando el cielo por zonas de manera arbitraria. Todas las estrellas tienen su propio movimiento en diferentes direcciones y en consecuencia las figuras que aparecen representan cambian a lo largo de los años, aunque hayan de pasar miles de años para cambiar de forma de manera sustancial.

Para medir el desplazamiento aparente de las estrellas, basta fotografiar con el mismo telescopio a una constelación con un lapso de tiempo suficiente, tal vez sólo diez años. Se superponen más tarde ambos clichés fotográficos y con la ayuda del microscopio y considerando el efecto Doppler podemos averiguar la trayectoria, velocidad etc..., de las diferentes estrellas que pueblan una Constelación determinada.

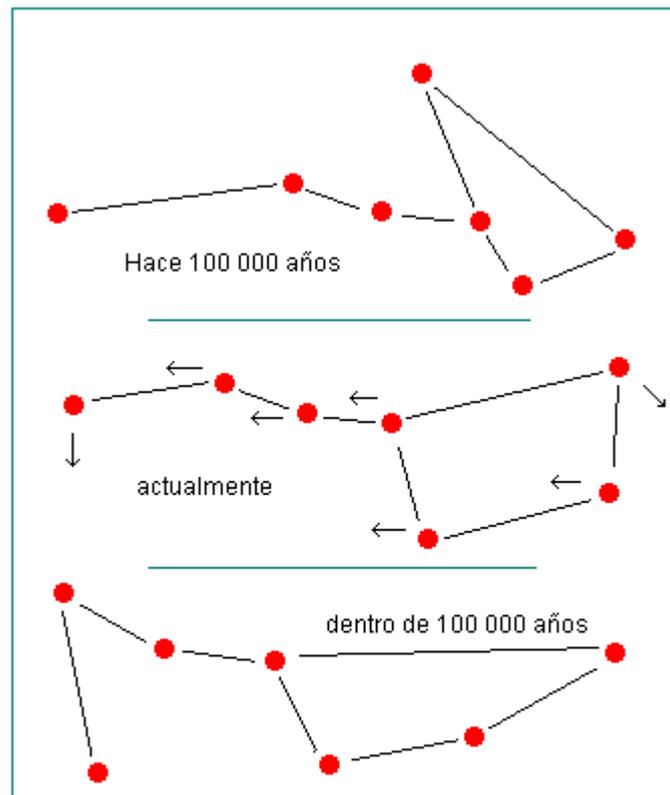


Figura nº 53
El cielo se modifica poco a poco en el transcurso del tiempo.
Como ejemplo podemos observar la lenta deformación de la Osa Mayor

El desplazamiento de la mayoría de las estrellas, hoy se sabe que se desplazan entre 20 y 60 Km por segundo aunque algunas lo hacen mucho más rápido.

Nuestro Sol arrastrando a los Planetas establece un gran giro en el espacio alrededor del núcleo galáctico, lo cuál también hace cambiar con el tiempo la perspectiva con respecto a otras estrellas. El Apex (el blanco) de nuestro sistema solar parece dirigirse entre las estrellas Nu y Ómicron de la Constelación de Hércules.

47ª.-¿Qué Constelaciones se observan mejor en cada estación del año?

En el cielo del norte durante la primavera, siempre destacan la Osa Mayor, Virgo y el Boyero. La estrella naranja de Arturo en el Boyero, Espiga de la Virgen y Regulo en Leo, forman el popular triángulo de la primavera y muy fácil de reconocer.

En el verano, el Carro de la Osa parece estar colgado en el cielo del noroeste. En el lado opuesto se observa a Casiopea ascendiendo hasta el cenit a la medianoche. Al noroeste en plena Vía Láctea está la cruz del Cisne, y por encima de ella, Vega de la Lira una estrella blanca-azulada brillante. Vega, Deneb en la "cruz del norte" y Altaír del Águila forman el gran triángulo de las noches del verano. En el cielo del sur Virgo y el Boyero, se mueven hacia el oeste, y Escorpio, La Serpiente y Hércules, representantes del verano, muestran ahora sus grandes figuras.

El cielo del otoño es mas claro, ahora el carro descansa cerca del horizonte, Casiopea se ve muy arriba, convirtiéndose en la mejor referencia para localizar a la estrella Polar. Cefeo y Perseo también se observan dentro de la Vía Láctea.

Hacia el sur, las constelaciones que han conquistado el cielo del verano como Ofiuco, Escorpio y Sagitario, van viajando hacia el oeste y en su lugar aparecen el gran cuadrado de Pegaso, Andrómeda, Acuario, Piscis y la Ballena. Como estrellas brillantes únicamente Fomalhaut brilla por sí misma en el cielo del sur.

En el invierno de las latitudes norte a diferencia del cielo del sur se ve muy tranquilo. Casiopea comienza su declinación hacia el sur, el carro se levanta hacia arriba indicándonos que estamos a las puertas de la primavera. Hacia el Este, leo comienza asomar su cabeza. Mirando al sur, Orión, Tauro, Géminis y el Can con su brillante estrella Sirio alumbran la noche.

48ª.-¿Qué es el Zodíaco?

El vocablo Zodíaco proviene del griego "Zodiako-kylos, que significa círculo animal". Representa a una banda en el cielo de aproximadamente 15º a cada lado de la Eclíptica, en la que

se configuran el conjunto de las doce Constelaciones, por las cuales "transita" el Sol a lo largo del año. Estas son: Aries, el carnero; Tauro, el toro; Géminis, los gemelos; Cáncer, el cangrejo; Leo, el león; Virgo, la virgen; Libra, la balanza; Escorpio, el escorpión; Sagitario, el arquero; Capricornio, la cabra; Acuario, el aguador y Piscis, los peces. Cada Constelación tiene un tamaño angular de 30° que conforman por lo tanto el círculo de 360°.

Actualmente, las doce constelaciones zodiacales forman parte de las 88 que dividen el cielo estrellado. Cada Constelación es desigual en tamaño, así por ejemplo Virgo, es muy grande con relación a Aries que es más pequeña. Además, con el actual sistema de la U.A.I. durante la primera quincena de diciembre el Sol transita teniendo como fondo a las estrellas fijas de la constelación de Ofiuco. Por ello, astrónomos de la Academia Inglesa de Astronomía propusieron añadir la decimotercera constelación al Zodíaco. Sin embargo, no fue muy aceptada esta propuesta por cuanto que en el Zodíaco clásico tiene cada constelación 30°, de manera que la región por donde parece caminar el Sol en la Constelación de Ofiuco o el Serpentario forma parte del orbe de Escorpio.

Para comprender bien la relación entre el Zodíaco de los signos zodiacales y el de las Constelaciones, es preciso conocer el fenómeno de la Precesión de los Equinoccios. El Sol camina por las Constelaciones astronómicas de los signos zodiacales, cerca de un mes después con respecto al calendario popular astrológico. Esto es, el efecto de precesión ha hecho que el 21 de Marzo por ejemplo, no esté el Sol sobre la cúspide de Piscis con Aries, sino que está cercano a la cúspide de Acuario con Piscis. Por un lado tenemos unas fechas astronómicas por las que el Sol, la Luna y los Planetas transitan el fondo de las estrellas fijas del Zodíaco, y por otro lado tenemos un calendario popular astrológico que no ha considerado el efecto de precesión.

El Zodíaco es interesante como un trabajo y un legado de astrónomos y astrólogos de nuestra historia por conocer el cielo, por ello merecen la pena conocerse. Si conservamos los límites angulares de 30° para las constelaciones Zodiacales y a la vez actualizamos las fechas populares de la "entrada" del Sol en los signos, tenemos un punto de encuentro muy importante para armonizar la corriente astrológica con tendencia científica, con la comunidad astronómica internacional. Esto significaría un nuevo calendario, que no es ni el de la entrada del Sol a las constelaciones zodiacales - hoy desiguales entre sí- ni tampoco el calendario de uso común en Astrología, aunque estaría en armonía con las dos.

En la antigüedad astrología y astronomía aparecían unidas dado que eran estudiadas por sabios que eran tanto representantes de la ciencia como de la religión. Hoy estos dos senderos se hallan desconectados, a veces aparecen incluso antagónicos; sin embargo, hay un lugar para todos si logramos equilibrar el lado científico de nuestro ser con nuestra naturaleza mística. Ese equilibrio está muy bien representado por el Zodíaco en su vertiente astronómica y en su vertiente espiritual. Admitamos que la "realidad última" es UNO.

49ª.-¿Que es la precesión de los equinoccios?

La precesión de los Equinoccios (noche igual) es el movimiento retrógrado muy lento de los puntos equinociales ☐ y ☐ en su encuentro con el ecuador celeste. Este movimiento aparente tiene su explicación dinámica en el corrimiento lento del eje de la Tierra con respecto a las estrellas "fijas" en el curso de los siglos, causado por la atracción combinada de la gravedad del Sol y de la Luna. La precesión hace describir al eje terrestre un cono en el espacio.

Un giro completo dura aproximadamente 26.000 años, denominado el "Gran Año". Dividido en 12 partes dan lugar a la división de las doce eras astrológicas, ahora estamos finalizando la era de Piscis y entrando en la era de Acuario.

Otro fenómeno que se produce como consecuencia de la precesión es el cambio de estrella como referencia al polo norte celeste, actualmente muy cerca de la estrella Polar en la Osa Menor. Hace aproximadamente 13000 años, el norte estaba en la línea de la estrella Thuban en la Constelación del dragón.

Este conocimiento astronómico era conocido ya por los antiguos, probablemente desde la civilización Sumeria en el cuarto milenio antes de Cristo.

La hipótesis de uno de los autores (S.J.C), utiliza la precesión de los equinoccios para explicar lo que ocurrió durante la primavera del año -6 antes de Cristo: unos magos que venían del oriente guiados por una "estrella" llegaron a Jerusalem anunciando algo extraño: el advenimiento de una nueva era y buscaban al Mesías como el avatar o guía para los tiempos que se avecinaban.

Los tres reyes magos no fueron reyes propiamente dicho, ni tampoco fueron tres, sino doce, cada uno representando a un signo zodiacal. Estos sabios posiblemente fueron astrónomos y astrólogos, conocedores del cielo y de la mecánica celeste. Fue mucho más tarde cuando miembros de la Iglesia católica o romana, cambiaron todo el significado inicial, distanciándose de la astronomía y de la astrología e instaurando oficialmente el número de tres en memoria de los regalos de oro, incienso y mirra así como tres reyes en lugar de doce sabios o científicos.

La leyenda de la estrella de Belén, fue una manera de explicar por estos sabios llegados de Babilonia a la gente de aquel tiempo, el fenómeno de la precesión de los equinoccios y no una estrella o cometa misterioso que les llevó allí. En aquel tiempo, el punto vernal o de Aries pasaba por la cúspide de este signo con Piscis y de ahí probablemente también, que tomaran los primeros cristianos a los peces como símbolo personal, así como la preferencia de Jesús de Nazaret de tomar a "pescadores" como apóstoles o encargados de difundir la buena nueva, que por cierto también fueron doce.

50ª.-¿Cuáles son las coordenadas celestes básicas?

Son semejantes a las utilizadas para localizar puntos geográficos en la esfera terrestre:

La Ascensión Recta (α) es equivalente a la longitud terrestre. La a.r. se mide en horas, minutos y segundos hacia el Este a lo largo del Ecuador Celeste, partiendo de cero horas en el punto Aries (γ).

La Declinación (δ) es semejante a la latitud terrestre. Se mide en grados de arco, Norte (+) o Sur (-) desde el Ecuador celeste.

El Ecuador celeste, es la proyección en la esfera celeste del círculo máximo de la Tierra. Por ello, parece estar situado inmediatamente por encima de un observador que se encuentra en el Ecuador terrestre. El Ecuador celeste está situado a medio camino entre los polos celestiales.

La Eclíptica, es el recorrido que parece seguir el Sol alrededor de la esfera celeste cada año. Es un círculo máximo inclinado $23^{\circ} 27'$ con respecto al Ecuador celeste. A partir de la Eclíptica se miden las longitudes y latitudes celestes que no debemos confundir con la ascensión recta y declinación que se miden a partir del Ecuador celeste.

También conviene añadir la Elongación que es el ángulo aparente de separación de un Planeta con respecto al Sol. La Altitud es el ángulo de un objeto celeste por encima del horizonte. El Azimut para señalar la dirección de un objeto, medida en grados alrededor del horizonte del observador. Se mide siempre desde el norte y en el sentido de las agujas del reloj.

El Perihelio o punto en el que un cuerpo en órbita alrededor del Sol se encuentra más cercano a este. Perigeo cuando sucede el mismo fenómeno pero alrededor de la Tierra. Afelio cuando este objeto se halla en el punto mas alejado del Sol y Apogeo cuando gira alrededor de la Tierra.

En los atlas estelares existe un tercer juego de coordenadas, relativas a la latitud y longitud galácticas. Estas coordenadas se basan en la Vía Láctea en lugar de hacerlo con la Eclíptica o el Ecuador celeste, utilizadas también en algunas ocasiones para la distribución de los cúmulos globulares.

51ª.-¿ Qué es el Tiempo Sideral?

El tiempo sidéreo es muy importante en Astronomía, puesto que deben realizarse observaciones de la posición de las estrellas y objetos celestes en general de un modo preciso. Tanto nuestros relojes de pulsera como los relojes de Sol, miden el tiempo solar medio (hora estándar) pero el tiempo Sideral es ligeramente diferente.

Un reloj de pulsera marca la hora local del huso horario correspondiente al lugar geográfico, de tal modo que en Madrid y en Barcelona, por ejemplo, dos relojes marcan la misma hora aunque tenga una diferencia de tiempo desde la vertical de una a otra ciudad de 23 minutos. El reloj de sol (gnomón) es más "preciso" puesto que mide el tamaño de la sombra del Sol, al paso de este por el meridiano del lugar. Nuestros relojes miden pues, el tiempo con respecto al meridiano celeste local. Ahora bien, el tiempo sidéreo lo hace según las estrellas o mejor aún desde el punto vernal o de Aries.

Supongamos que al mediodía solar del día del equinoccio de primavera, ponemos nuestros relojes de pulsera y sidéreo en marcha, (partimos de relojes sincronizados), ese día el punto vernal estará en el meridiano celeste local. Nuestro reloj normal marcará las 12 del mediodía y nuestro reloj sidéreo las 0 horas. Al día siguiente, el reloj sidéreo marcará de nuevo las 0h al mediodía pero el reloj de pulsera marcará las 11:56 a.m, (antes del meridiano). ¿Qué ha sucedido? La causa de esta diferencia de aproximadamente un grado que la Tierra se ha desplazado hacia el Este en su órbita. Es decir, el reloj sidéreo adelanta 4 minutos cada día con respecto al reloj de pulsera o solar.

Cuando deseamos medir la posición, pongamos de una estrella, todo cuanto debemos hacer es calcular el ángulo horario que es la distancia entre el meridiano local con el círculo horario que pasa por la posición de la estrella. El círculo horario no es otro que el círculo máximo que pasa por la estrella a través de los polos celestes. (Ver figura nº 60)

52ª.-¿Qué dicen las leyes de Kepler?

Fueron descubiertas en el siglo XVII por el gran astrónomo Johannes Kepler, teniendo en cuenta las observaciones detalladas del movimiento aparente de Marte realizadas por el danés Tycho Brahe. Hacen referencia a las regularidades del movimiento de los Planetas en sus órbitas.

La primera ley establece que todos los planetas giran en órbitas elípticas alrededor del Sol, estando este situado en uno de los focos de la elipse. Existen dos focos en una órbita elíptica situados a la misma distancia del centro a lo largo del eje principal. Cuanto mayor sea la distancia de los focos mayor será la excentricidad de la elipse.

La segunda ley establece que el radio vector (línea que une al Sol con el Planeta) recorre áreas iguales en tiempos iguales, lo que significa que el Planeta se desplaza más rápidamente en

el Perihelio (más cercano al Sol) y más lentamente cuando está en el Afelio (punto más alejado del Sol).

La tercera ley de Kepler establece que para cada planeta del sistema solar, el cuadrado de su período orbital es igual en años al cubo de su semieje mayor (la mitad del diámetro más grande de una elipse) expresado en unidades astronómicas. Su fórmula: $P^2 = r^3$, en donde T es el período orbital y r es el semieje mayor.

Esto significa que cuanto mayor sea la distancia media de un planeta al Sol, más tiempo tarda en completar su órbita lo que permite calcular la distancia de un Planeta al Sol, una vez conocido su período. Otra manera de expresar esta ley es la siguiente: la relación entre los cuadrados del periodo de revolución (expresado en años) de dos planetas es igual a la relación entre los cubos de sus semiejes mayores (en unidades astronómicas U.A.). Matemáticamente $T_a^2/T_b^2 = r_b^3/r_a^3$. Estas relaciones se pueden comprobar fácilmente en la siguiente tabla para los planetas del Sistema Solar:

Planeta	T (años)	r (u.a)	P ²	r ³
Mercurio	0.24	0.39	0.06	0.06
Venus	0.62	0.72	0.39	0.37
Marte	1.88	1.52	3.53	3.51
Jupiter	11.9	5.20	142	141
Saturno	29.5	9.54	870	868

Nota: P está expresado con relación al periodo orbital de la Tierra (1 año)

53ª.-¿Cuál es la ley de Titius-Bode?

La ley de Titius-Bode es una regla empírica que predice la distancia de los planetas en el sistema solar. Fue el astrónomo Titius quien se dio cuenta primero de esta relación y el alemán Johann Bode en el siglo XVIII, en formularla en una expresión matemática. Para encontrar la distancia media de cada planeta desde el Sol, se asignan a cada planeta comenzando desde Mercurio los números 0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192, 384. Con la excepción de los dos primeros, los siguientes son el doble del que le precede. Añadimos 4 a cada número y el resultado lo dividimos por 10.

Como podemos observar en la siguiente tabla, la serie de números obtenidos de la relación de Titius-Bode es bastante similar a las distancias reales, exceptuando Neptuno y Plutón., donde esta ley no se cumple. Estos planetas no eran conocidos en la época en que vivieron Titius y Bode. Señalar también que la ley predecía la existencia de un planeta entre Marte y Júpiter que hoy conocemos como el cinturón de asteroides.

Planeta	Distancia real (A.U.)	Ley de Titius Bode
Mercurio	0.39	0.4
Venus	0.72	0.7
Tierra	1.00	1.0
Marte	1.52	1.6

Asteroides	2.8	2,8
Jupiter	5.20	5.2
Saturno	9.54	10.0
Urano	19.19	19.6
Neptuno	30,1	38,8
Plutón	39,5	77,2

54ª.-¿Qué son los tránsitos astronómicos?

En general, un tránsito es el fenómeno producido cuando un objeto celeste "transita" por el meridiano del observador. En particular, un tránsito es el paso de uno de los Planetas interiores (Mercurio o Venus) por delante del Sol vistos desde la Tierra.

Mercurio ha transitado frente al Sol 10 veces en lo que va de siglo, y el próximo será el 14 de Noviembre de 1999 (disponible en Internet) aunque no será visible desde España. El siguiente se producirá el 17 de Mayo del año 2003.

Venus por su parte, tiene sus tránsitos por delante del Sol en años pares separados por 8 años, y el intervalo entre pares sucesivos es superior a 100 años. Los próximos tránsitos de este astro serán el 7 de Junio del año 2004 y el 5 de Junio del 2012. Son fáciles de observar con instrumentos de aficionados. Antiguamente los tránsitos de Venus se utilizaban para calcular la distancia de la Tierra al Sol.

Otros tránsitos muy familiares para aficionados a la observación, son los de las Lunas de Júpiter, especialmente la de los satélites galileanos: Io, Europa, Ganímedes y Calixto.

55ª.-¿Cuándo es más favorable la observación de los Planetas?

Sin duda cuando presentan oposición. Un Planeta se halla en oposición cuando está situado directamente opuesto al Sol visto desde la Tierra, dado que durante estos periodos de tiempo podemos observarlos toda la noche. Esto es válido para los Planetas exteriores ya que los inferiores se hallan siempre demasiado cerca del Sol para presentar oposición.

La conjunción ocurre cuando dos o más astros se hallan en la misma longitud celeste en la Eclíptica. Se llama conjunción inferior cuando un Planeta inferior se encuentra entre la Tierra y el Sol, siendo una conjunción superior cuando se encuentran directamente detrás del Sol vistos desde la Tierra.

56ª.-¿Qué es un disco protoplanetario?

Se puede definir como la fase más temprana del nacimiento de nuevos planetas en un sistema solar en formación. Actualmente, con el avance de la Astronomía y las ciencias del espacio se descubren constantemente nuevas zonas del firmamento donde se están formando nuevas estrellas y nuevos planetas. Una de las más estudiadas es la zona de Orión, donde se han descubierto y el telescopio espacial Hubble ha fotografiado discos protoplanetarios alrededor de estrellas jóvenes que han comenzado recientemente la fusión termonuclear.

El primero de estos discos fue detectado en la estrella Vega, posteriormente se descubrió otro alrededor de la estrella β pictoris y en la estrella próxima a α Eridano.

57ª.-¿Cómo son los nuevos planetas descubiertos extrasolares?

Hasta la fecha, se han confirmado 20 nuevos sistemas "solares" (aunque la lista está continuamente creciendo) con planetas orbitando alrededor de otras estrellas de la secuencia principal, sin embargo sus enormes distancias imposibilita por el momento obtener muchos datos sobre los mismos.

El Planeta de la estrella 51 de Pegaso por ejemplo, parece estar muy cercano a su estrella, lo mismo que el descubierto alrededor de la estrella α del Boyero lo que pueden ser de tipo rocoso como los Planetas interiores de nuestro sistema solar. Otros denominados jovianos como la estrella 14 de Hércules y el de la estrella 47 de la Osa Mayor parecen ser del estilo de Júpiter.

Una tercera clase de Planetas descubiertos tienen masas mucho mayores y de una elevada excentricidad, tales son por ejemplo HD 114762 y Gliese 876.

A pesar de nuestras limitaciones actuales, el descubrimiento y el estudio de nuevos Planetas extrasolares no ha hecho sino comenzar, y pronto obtendremos nuevos y originales descubrimientos a partir del perfeccionamiento de la técnica sobre la velocidad radial, así como por los satélites puestos en órbita para tal fin que es seguro que obtendrán grandes resultados.

58ª.-¿Qué es una ecozona ?

El desarrollo de la vida, tal como la conocemos en el planeta Tierra, sólo puede producirse en un medio en que la temperatura del mismo sea compatible con la existencia de agua líquida; también precisa de un escudo (magnetosfera) que lo proteja de las radiaciones energéticas del Sol, especialmente de los rayos ultravioletas y el viento solar así como de los rayos cósmicos que son partículas de enorme energía. Una atmósfera planetaria puede ejercer ese papel protector. Estas condiciones se cumplen, en concreto, en los planetas que gravitan en una zona bien determinada alrededor de una estrella. En el sistema solar, esta zona, llamada zona de la ecosfera o ecozona, está situada entre las órbitas de Venus y Marte, concretamente la ecozona del Sol abarca desde 0,95 UA, hasta 1,37 UA en la actualidad. La Tierra, situada prácticamente en medio, es pues un lugar privilegiado.

La ecozona varía según la masa y luminosidad de la estrella, claro está, por lo que puede ser diferente en otras estrellas que estén como el Sol en la fase de secuencia principal así como en nuestro propio sistema solar a medida que la luminosidad del Sol aumente con el agotamiento del hidrógeno de su interior y cambie a la fase roja. En la siguiente figura se representan los distintos sistemas planetarios extraterrestres descubiertos hasta la fecha y sus respectivas ecozonas.

59ª.-¿Qué dice la ecuación de Drake?

Frank Drake, a comienzos de los años 60 fue uno de los primeros científicos dedicados a la búsqueda de señales inteligentes de vida extraterrestre (SETI), utilizando las ondas de radio para este fin. Para calcular las posibilidades de éxito en su empresa escribió una ecuación que lleva su nombre, en la que se introducen varios coeficientes o parámetros, la multiplicación de los cuales nos da el número de posibles civilizaciones extraterrestres en la Vía Láctea que pudieran tener la capacidad de comunicación interestelar.

La ecuación de Drake es la siguiente:

$$N = R^* \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times L$$

Donde,

N = Número de civilizaciones comunicativas en la Vía Láctea (CC).

R* = Número de estrellas en formación (parecidas a nuestro Sol).

f_p = La fracción de esas estrellas que tienen planetas.

n_e = Número de planetas como la Tierra, por sistema planetario.

f_l = La fracción de esos planetas donde se desarrolla la vida.

f_i = La fracción de esos planetas donde se desarrolla la inteligencia.

f_c = La fracción de esos planetas capaces de comunicarse.

L = El tiempo de vida de las civilizaciones capaces de comunicarse.

Dada la incertidumbre que rodea al valor de algunos de los parámetros de esta ecuación, una estimación realista del valor de N ha resultado difícil. Habría una estimación desde las posiciones

más optimistas (aquellos que promueven programas del tipo SETI) que dan un valor a N entorno a $10 \times 1/2 \times 1 \times 1/10 \times 1/2 \times 1/2 \times 100000 = 125.000$.

La búsqueda y el contacto con civilizaciones extraterrestres, deben superar problemas de difícil solución, casi diríamos insuperables. En primer lugar, tenemos un horizonte cósmico que ronda los 14.000.000.000 millones de años luz, por lo que a la hora de buscar es como encontrar una "aguja en un pajar". Pero bueno, en este sentido se puede limitar nuestra atención aquéllas zonas en donde hay estrellas del tipo solar en nuestra galaxia, como el esfuerzo de Drake, por lo que se pueden albergar esperanzas fundadas. Pero hay una segunda limitación, que afecta tanto al contacto como a la búsqueda y por ahora sin solución. Se trata de las dificultades de transmisión de información y el viaje interestelar por las enormes distancias existentes. Sabemos por la Teoría Especial de la Relatividad, que no se puede viajar a una velocidad superior a la de la luz (poco más de mil millones de km/h). Nuestra capacidad no llega ni a una centésima parte de esta velocidad y, aunque pudiéramos hacerlo, supondría que para llegar a una galaxia próxima, tardaría varios millones de años, con lo cuál no existe una comunicación de simultaneidad ya que para recibir una hipotética contestación habríamos de esperar varios millones de años que tardaría el mensaje en llegar desde el momento de emitirse.

Es lógica entonces, la incertidumbre que inunda a la comunidad científica con respecto al contacto extraterrestre, tal como conocemos las leyes físicas en la actualidad. Con todo, nuestra intuición nos dice que no estamos solos en este gran océano cósmico, y es tan poco lo que sabemos que hay que dejar una puerta abierta al futuro.

60ª.-¿De entre los cuerpos celestes como es la Tierra?

La Tierra es un pequeño planeta esférico cuyo diámetro en el Ecuador es de 12756 Km, y la distancia a los polos es de 12714 Km algo mas corta que la primera, por lo que vista desde el espacio aparece algo achatada. La superficie total de la Tierra es de 510 millones de Km cuadrados.

La Tierra está compuesta de una corteza, un manto y un núcleo que por lo que sabemos tiene una altísima densidad y temperatura, quizás 5000 K y con metales en estado líquido, sobre todo de hierro y níquel. Además en el núcleo se originan corrientes eléctricas que crean un campo magnético, el cual se extiende a lo lejos por el espacio, siendo la causa de la orientación norte-sur de la aguja de una brújula.

Resulta más fácil ir hacia arriba de la Tierra que hacia su interior, los pozos de petróleo más profundos llegan a los 9600 metros de profundidad. El manto tiene un espesor de 3000 Km, la corteza unas pocas decenas de Km y desde la superficie al centro de la Tierra hay 6350 Km.

La corteza terrestre está dividida en diversas placas tectónicas oceánicas y continentales en continuo movimiento (ver figura nº 79), que al chocar producen las erupciones volcánicas, los temblores de tierra y los terremotos, que transforma lentamente la fisonomía del planeta.

La Tierra está rodeada por la Hidrosfera compuesta por el conjunto de los océanos y de la atmósfera con diversas capas según disminuye la concentración del aire. El fenómeno del agua, tal como la generación de nubes y la lluvia tiene lugar en la parte inferior de la atmósfera, llamada la troposfera.

La composición de la atmósfera terrestre en % por peso es la siguiente:

Nitrógeno N ₂	75,52
Oxígeno O ₂	23,14
Argón (Ar)	1,28
CO ₂ (anhídrico carbónico)	0,05
Gases nobles (neón, helio, criptón, xenón)	0,01
Vapor de agua (H ₂ O)	variable

Más allá de la atmósfera, en la zona de radiación solar, se ha descubierto con la ayuda de satélites artificiales el cinturón de Van Allen que posee una fuerte radioactividad irregularmente repartido muy por encima de la Tierra.

Nuestro planeta gira alrededor de una estrella, nuestro Sol, a una distancia media de 150 millones de Km o una Unidad astronómica, perteneciente al Grupo Local galáctico donde se encuentra la Vía Láctea, nuestra Galaxia.

Nuestros conocimientos sobre los planetas proceden de dos fuentes diferentes: La observación astronómica de las estrellas al nacer (protoestrellas) y por la exploración de nuestro propio sistema solar.

La Tierra se formó hace aproximadamente 4600 millones de años, a partir de la nebulosa primigenia (imaginada ya en el siglo XVII, por el filósofo Immanuel Kant) que contenía el material con el que se formaron los planetas del sistema solar. Esta nube de polvo y gas, residuo de la formación del Sol, dio origen a un disco protoplanetario el cual se fragmentó en diversos núcleos de acreción, que sirvieron como centros donde tuvo lugar el impacto y fusión de pequeños cuerpos denominados planetesimales. La energía liberada de estos choques, provocó que se formara una masa ígnea que siguió creciendo durante millones de años hasta alcanzar el tamaño que actualmente tiene la Tierra. Este cuerpo incandescente inicial, se fue enfriando con el transcurso del tiempo, produciéndose la diferenciación en las capas que actualmente se divide la Tierra. Por otra parte, durante las violentas etapas iniciales de la formación del Sol, las ondas de choque producidas por este proceso calentó y comprimió el hidrógeno y el oxígeno presente en la nube y, en esas condiciones ambos elementos reaccionaron para formar agua, que terminaría solidificándose en forma de hielo cuando la temperatura de la nube disminuyó. Así pues, el polvo interplanetario fue la fuente del agua que actualmente forman nuestros océanos y el vapor de agua presente en la atmósfera de nuestro planeta.

Nuestro globo terráqueo es un ser dinámico y cambiante desde el punto de vista geológico. A pesar de los millones de años que han transcurrido desde su formación todavía mantiene un núcleo interior caliente, debido en gran parte a los procesos de desintegración radioactiva que tienen lugar en su seno, la energía liberada provoca potentes movimientos de convección de las capas superiores, como nos lo recuerdan los frecuentes temblores de tierra, los volcanes y el movimiento constante de nuestros continentes.

La Tierra se mueve a 30 Km por segundo alrededor del Sol, esto supone que en una hora nuestro planeta recorre 108.000 Km. En un sólo día sobrepasa los 2 millones y medio de Km. Durante el tiempo transcurrido en una estación, la nave espacial Tierra ha navegado 232.280.000 Km, nuestro planeta ha dado ya mas de 4500 millones de veces la vuelta al Sol.

61ª.-¿Cómo se produjo la "alquimia" que posibilitó la formación de la vida en la Tierra?

Unos centenares de años después de su formación, la Tierra se había enfriado lo suficiente para que el vapor de agua almacenado en la atmósfera se condensara y formara los océanos. En ese momento no había aún una capa de ozono y los océanos eran bombardeados continuamente por los rayos ultravioletas del Sol; había relámpagos de violencia inaudita y volcanes en continúa erupción que sacudían con un derroche de energías extremo que forzaba a las moléculas inorgánicas (Amoniaco, Metano) sencillas a combinarse en moléculas orgánicas más complejas, las cuales en algunos casos se han constituido en los pilares de la compleja bioquímica que subyace a los procesos vitales (aminoácidos, bases nitrogenadas, azucares,...

Se supone que de este "caldo o sopa primitiva" surgió con el transcurso del tiempo (millones de años) toda la gama de moléculas orgánicas que son necesarias para la emergencia de las estructuras y dinamismo que están en el origen del fenómeno vital.

De este camino evolutivo nació una molécula muy especial, denominada por el biólogo Richard Dawking la "espiral inmortal". Esta molécula se llama ácido desoxirribonucleico, más conocido popularmente como ADN. La estructura en forma de hélice, la famosa doble hélice, de esta molécula se conoce desde la década de los 50, cuyo descubrimiento quedará para siempre asociado a los nombre de Francis Crick y James Watson , sin embargo su "edad" en términos de información, es difícil de cifrar.

El ADN es la base de la vida, una molécula informativa donde se encuentran cifrados en forma de código (el código genético) las instrucciones para construir un ser vivo. Entre estas instrucciones está la de construir la maquinaria molecular, que tiene la capacidad de hacer copias del propio ADN (proceso conocido como replicación). Este proceso de copia permite transmitir de una manera "casi" fidedigna dicha información de generación en generación.

Los errores (mutaciones) que se producen durante la copia del ADN y las variaciones hereditarias que se producen como consecuencia de estas mutaciones, son el substrato sobre el que trabaja la Selección Natural (concepto fundamental introducido por Charles Darwin en su

Teoría de la Evolución Biológica propuesta en su famoso libro "El origen de las especies" en 1859). Uno de los descubrimientos más importantes de la Biología Moderna desarrollada en la segunda mitad del siglo XX es el denominado "dogma central de la biología molecular" (ver figura). La información genética "fluye" desde el ADN a otra de las moléculas informativas de los seres vivos el ARN (ácido ribonucleico) a través de un proceso conocido como transcripción. La información contenida en este último, es descodificada (traducida) en forma de proteínas - sustancias primordiales de los seres vivos, encargadas entre otros cometidos de catalizar las reacciones químicas que se dan en los seres vivos (catálisis enzimática). Están construidas por la unión de 20 aminoácidos esenciales- (ver figura 70). Por último, se ha descubierto también, que la molécula de ARN puede ser replicada y que en ciertos virus (retrovirus, por ejemplo el virus del sida HIV) es retrotranscrita de nuevo a ADN.

62ª.-¿Porqué vemos siempre la misma cara de la Luna?

Vista desde la Tierra, la Luna nos presenta siempre la misma cara, ello es debido a las fuerzas gravitatorias de la Tierra que ha hecho frenar la rotación lunar hasta hacerla girar sobre su propio eje en el mismo periodo que lo hace alrededor de la Tierra. Es probable que esto no haya sido siempre así y que en el pasado su velocidad de rotación fuera mayor.

La cara visible nos resulta muy familiar por su cercanía (385.000 Km de media) y porque es el único objeto extraterrestre visitado por el hombre en 1969. El radio lunar es de alrededor del 27% del de la Tierra, 1738 Km, más o menos el tamaño del continente europeo.

Llaman la atención los famosos mares, que son vastas zonas de la superficie de color oscuro, llamados así porque en el pasado se pensaba que eran realmente mares de agua. Hoy sabemos que esto no es así, aunque no perdemos la esperanza de encontrar agua en nuestro satélite.

En la Luna hay que distinguir el terminador, la línea que une la parte iluminada con la oscura, esto resulta fácil porque la imagen de la Luna es muy nítida debido a su falta de aire y de atmósfera, realmente la Luna es en la actualidad un lugar tranquilo y silencioso. No fue así en el pasado, como lo demuestran sus cráteres de impacto, evidentemente la Luna ha sido torpedeada con objetos grandes y pequeños a conciencia, tal vez al comienzo de la formación del sistema Tierra-Luna, aunque su origen sigue siendo hoy incierto.

Resulta también entretenido observar cómo desaparecen las estrellas por detrás del limbo de la Luna, es decir, por detrás de su disco sin haber un eclipse progresivo, esto se debe también al hecho de carecer de atmósfera.

63ª.-¿Qué fenómenos terrestres son influenciados por la Luna?

La atracción gravitatoria del Sol y la Luna sobre la Tierra, incide en diversos fenómenos que ocurren en la superficie de nuestro planeta. El más conocido es el de las mareas. Las mareas, esas subidas y bajadas espectaculares del nivel del mar, se producen dos veces al día, la marea viva que es cuando el agua sube lo más alto posible ocurre dos veces al mes cuando se produce

la Luna Nueva y la Luna llena. Cuando la Luna se halla en su primer o en su último cuarto se produce la denominada marea muerta.

Diversas actividades humanas se ajustan a los ciclos lunares, tales como la agricultura biológica, además la variación de la luminosidad nocturna debido a la luz de la Luna en sus diferentes fases, condiciona de una manera notable muchas actividades humanas, como por ejemplo la observación astronómica. Realmente, ningún cuerpo celeste como la Luna ha dado lugar a tanta fantasía e imaginación, desde los tiempos antiguos los humanos se han inspirado en ella para sus leyendas, cuentos o canciones.

Como la Luna brilla reflejando la luz solar, dependiendo de su posición con respecto al Sol se nos presenta en distintas fases. Cuando aparece por el Oeste justo después de la puesta de Sol, podemos observarla como un hilito de luz (la uñita o la luna mora) y a medida que se hace más y más gruesa, más alta la vemos en el cielo. Con la media Luna se halla en su máxima altura en el Sur, después se mueve hacia el Este hasta llegar a la Luna llena.

El ser humano pisó por primera vez el suelo lunar, en Julio de 1969, cuando dos astronautas de Apolo XI aterrizaron en uno de sus mares. Esto supuso un gran salto en la exploración espacial y hacer realidad un gran sueño de toda la humanidad.

64ª.-¿Los satélites de otros Planetas son semejantes a nuestra Luna?

Los primeros satélites exteriores al sistema Tierra-Luna fueron detectados en 1610 por Galileo Galilei, al observar alrededor de Jupiter cuatro lunas que recibieron el nombre de lo, Ganímedes Europa y Calixto. Posteriores estudios telescópicos descubrieron nuevas lunas en Marte, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón.

Nuestros conocimientos sobre estos satélites del sistema solar, han avanzado considerablemente a partir de las imágenes enviadas a la Tierra por las distintas naves no tripuladas de los proyectos Norteamericanos Pioneer, Viking y sobre todo con las misiones Voyager. Numerosos proyectos de la NASA (Galileo, Cassini, etc...) actualmente en marcha están confirmando los datos de los Viajeros mostrando muchas diferencias, tanto geológicas, atmosféricas, físico químicas etc.. entre las numerosas Lunas que pueblan nuestro Sistema Solar.

Las mayores son Titán, satélite de Saturno y Ganimedes de Júpiter que superan los 5000 Km de diámetro. Titán además posee una espesa atmósfera semejante a la de nuestro Planeta pero no se cree que haya vida, dada su baja temperatura al menos 180º bajo cero.

Otras lunas son muy pequeñas quizás asteroides capturados por la gravedad del Planeta. También la formación y estructura es muy diversa, lo por ejemplo tiene una gran actividad volcánica mientras que Calixto es un inmenso mundo de hielo.

Veamos algunos datos de las más conocidas:

Planeta	Satélite	Distancia promedio al Planeta (Km)	Período orbital en días	Diámetro (Km)
Tierra	Luna	384400	27,32	3476
Marte	Fobos (Miedo)	9380	0,32	23
	Deimos (Terror)	23500	1,26	13
Júpiter	Amaltea	181300	0,49	240
	Io	421600	1,77	3600
	Europa	670900	3,55	3100
	Ganimedes	1070000	7,16	5200
	Calixto	1883000	16,69	4800
	Leda	11110000	240	?
	Himalia	11470000	250,6	170
	Lisitea	11710000	260	?
	Elara	11740000	260,1	80
	Ananké	20700000	617	
	Carmen	22350000	692	?
	Pasífae	23300000	735	
	Sinope	23700000	758	
	(Júpiter tiene 16 lunas)			
Saturno	Minas	185500	0,94	400
	Encelado	238000	1,37	500
	Tetis	295000	1,89	1000
	Dione	377000	2,74	1100
	Rea	527000	4,52	1500
	Titán	1222000	15,95	5100
	Hiparión	1481000	21,28	300
	Japeto	3560000	79,33	1500
	Febe	12950000	550,4	220
	(Saturno tiene 17 lunas)			
Urano	Miranda	130000	1,41	480
	Ariel	191000	2,52	1160
	Umbriel	266000	4,14	1190
	Titania	436000	8,71	1610
	Oberón	583000	13,46	1550
Neptuno	Proteus	117650		420
	Tritón	354600	5,88	2800
	Nereida	5511000	359,88	340
Plutón	Charon	20000	6,39	1200

Uno de los sorprendentes descubrimientos de las sondas *Voyagers*, fue el de las lunas coorbitales. Estas son pequeñas lunas, tal vez fragmentos de un satélite mayor en el pasado, que por efectos mutuos en su gravedad, cambian sus órbitas sin chocar entre ellas.

65ª.-¿Qué son los eclipses?

Como definición general, un eclipse es el fenómeno de oscurecimiento que se observa cuando la luz emitida por un cuerpo es bloqueada por otro cuerpo.

Los eclipses del Sol y de la Luna se producen por el alineamiento de las luminarias con la Tierra. Durante los eclipses de Luna, nuestro satélite entra en la zona de sombra de la Tierra, es Luna llena y es visible desde cualquier parte de la Tierra en el que la Luna está por encima del horizonte. Si la Luna se halla totalmente en la sombra de la Tierra denominada Umbra, el eclipse es total, mientras que si sólo está en parte es un eclipse parcial; también puede ocurrir que esté en la penumbra o zona alrededor de la Umbra, entonces se dice que es un eclipse penumbral.

El eclipse de Sol ocurre cuando la Luna en su movimiento alrededor de la Tierra pasa por "delante" del Sol, esta interposición hace que la sombra lunar caiga sobre la Tierra, siendo visible el fenómeno de oscurecimiento del Sol desde cualquier punto de la zona terrestre, que es "barrido" por la sombra. Al igual que con los eclipses de Luna, si la zona de visión del eclipse cae en la Umbra se produce un eclipse umbral o total, y si cae en la penumbra será entonces un eclipse parcial de Sol.

Los eclipses de Sol se pueden producir cuando la Luna en su trayectoria se halla cerca de su apogeo, es decir, en su mayor distancia de la Tierra. El disco lunar aparece más pequeño, este disco es incapaz de cubrir todo el tamaño aparente del Sol y entonces el eclipse se le llama anular pues un anillo de luz solar queda visible alrededor del borde de la Luna. Estos eclipses son muy espectaculares favoreciendo la vista y el estudio de la corona solar. En el instante anterior o inmediatamente posterior del eclipse solar se produce el efecto del anillo de diamante; la pequeñas zonas de luz solar sobre las regiones oscuras se denominan los glóbulos de Baily.

Los eclipses de Sol más próximos serán: 5/2/2000 que será parcial, visible en la Antártida. 1/7/2000, parcial visible en el cono sur de Sudamérica. 31/7/2000, parcial visible en el noroeste de USA. 25/12/2000, parcial visible en Escandinavia y USA. El primer eclipse de Sol total se producirá el 21 de Junio del 2001, y será visible en Sudamérica y mitad meridional de Africa. En España será visible el eclipse anular del 3/10/2005.

Los eclipses más próximos de Luna se producirán el 21/1/2000. 16/7/2000. 9/1/2001. 5/7/2001. 30/12/2000, este último penumbral.

Si la órbita de la Luna con respecto a la eclíptica no estuviera inclinada 5° tendríamos eclipses en todas las Lunaciones y plenilunios, pero como está inclinada sólo cada 6585,32 días, el Sol y la Luna regresan a la misma posición del cielo con respecto a la Tierra repitiéndose el eclipse. Estos períodos son denominados Saros de algo más de 18 años y son conocidos desde la antigüedad lo que les permitía predecir los eclipses.

66ª.-¿Porqué se produce las estaciones?

Los cambios estacionales resultan de las diferentes orientaciones del eje terrestre en el espacio, a lo largo de su periplo anual alrededor del Sol. Como consecuencia de ello, la parte norte de la Tierra - el hemisferio boreal - tiende hacia el Sol durante el verano, aunque en estos momentos la Tierra se encuentra más lejos del Sol, recibe mucha más luz, y los rayos solares caen más perpendiculares a la superficie boreal terrestre; mientras que en el austral recibe menos luz y con un ángulo menor. Debido a esto, el hemisferio septentrional es más cálido, es lo que llamamos el verano. Sin embargo, cuando la Tierra se encuentra en la posición de su órbita opuesta ocurre lo contrario, el hemisferio norte recibe solo poca luz solar y la mitad meridional está iluminada con gran cantidad de ella. El hemisferio boreal se enfría y el invierno se aproxima. Así, cuando en el norte es verano, en el sur es invierno y al revés.

Durante los días de los Solsticios, el 21 de Junio y de Diciembre, el Sol parece "detenerse" en su camino y "vuelve sobre sus pasos" hacia donde apareció la mañana anterior. A medida que el Sol se va aproximando a los solsticios sale cada vez más cerca de su posición extrema, norte en verano y sur en invierno. La cantidad de movimiento parece menor cada día hasta que el Sol se detiene en su movimiento a lo largo del horizonte. Durante unos días el Sol parece que persiste en el mismo punto al amanecer. De aquí deriva el término solsticio, que significa "Sol inmóvil". Existen numerosos monumentos que apuntan a la salida y puesta del Sol en estos días especiales.

En medio del verano y del invierno existe un tiempo en el que los hemisferios norte y sur reciben una cantidad igual de luz. Es lo que llamamos los equinoccios de la primavera y del otoño que se suceden cada año el 21 de Marzo y de Septiembre aproximadamente. En estos días la duración de las horas de luz es igual que la de la noche. El significado del vocablo equinoccio significa "noche igual".

Si representamos en la esfera celeste la posición cambiante del Sol a lo largo del año se podrá apreciar que oscila por encima y por debajo del Ecuador celeste hasta 23° y medio al norte y al sur, durante los solsticios debido al hecho en el que el eje de rotación de la Tierra se halla inclinado en este ángulo con respecto al plano de su órbita alrededor del Sol.

Desconocemos las causas específicas que han conducido a la inclinación actual del eje terrestre de $23^{\circ} 27'$, pero este elemento de la historia primordial ha originado circunstancias a las que han respondido todos los seres vivos, incluida la especie humana. Los ciclos de crecimiento de las plantas, por ejemplo, están relacionados con las estaciones, así como las técnicas de la agricultura, a su vez, están relacionadas con los ciclos estacionales.

67ª.-¿Cómo se produce el arco iris?

Cuando la luz se desplaza por un medio transparente, como el viento o el agua se produce un cambio relativo en la velocidad de la luz, fenómeno conocido con el nombre de refracción.

Como ya vimos en anteriores preguntas, la luz blanca es una combinación de ondas electromagnéticas de energía y longitud de onda diferentes, la distancia entre las sucesivas ondas (longitud de onda) determina el color. La luz azul tiene una longitud de onda corta mientras que la roja es mas larga. La Luz del Sol que es completamente blanca, se descompone en sus diferentes colores cuando atraviesa un medio con distinto índice de refracción (número que expresa la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de esta en cualquier otro medio) para los distintos colores que forman la luz blanca (dispersión).

El arco iris es un fenómeno óptico producido por la luz del Sol reflejada y refractada en las gotas de lluvia. El arco iris aparece como un círculo perfecto donde el centro se sitúa por debajo del horizonte, exactamente a la distancia de la altitud del Sol por encima del observador. El centro del arco iris siempre está a 180° del Sol y, por esto, siempre está bajo el horizonte.

Los valores varían según los casos, con el Sol muy bajo sólo se observan el naranja y el rosa pero si el Sol está alto pueden verse toda la gama de colores, blanco, amarillo, azul, verde, violeta y rojo. Hay una segunda formación de arcos separada 10° por la Banda Oscura de Alejandro, en honor al filósofo griego Alejandro de Afrodísias, que fue el primero en estudiarlo. Se puede apreciar que la zona del cielo situada entre ambos arcos es más oscura que el resto del cielo. El primer arco tiene un radio de 42° , mientras que el segundo arco o arco secundario tiene 52° de radio y es el doble de ancho. El arco iris principal, empieza con el rojo en el borde externo y violeta por el interno, siendo lo contrario en el arco secundario.

Se dice, que si se ve por la mañana suele indicar más lluvia, mientras si se ve por la tarde tiende a dejar de llover. Cuando las gotas de lluvia son muy grandes, el rojo verde y violeta son muy intensos y falta el azul, finalmente con las gotas finas de niebla se vuelve blanco.

68ª.-¿Qué es la presión atmosférica?

La existencia de una presión atmosférica fue descubierta por Evangelista Torrecelli, discípulo de Galileo, el cual midió el valor de dicha presión en su famoso experimento de la columna de mercurio invertida (ver figura). Esta presión es la fuerza (peso) ejercida por una columna de aire por encima de un punto determinado de la superficie. Se mide generalmente en milibares (mb) que es una milésima de un bar que es equivalente a la presión ejercida por una columna de 750,06 mm de mercurio a 0° C.

La presión atmosférica al nivel del mar tiene un promedio de 1013 milibares. A la altura de un avión en vuelo a 9 Km de altura, la presión puede rondar 350 milibares que es la cantidad de aire que se encuentra por encima.

69ª.-¿Cómo se produce el "tiempo atmosférico"?

Existen tres células principales de circulación del aire sobre la Tierra, las situadas sobre los trópicos y regiones polares en cada hemisferio y la célula de las latitudes medias. Como quiera que la Tierra gira más deprisa en el ecuador que en los polos, y recibe más calor del Sol que las regiones polares, el aire es llevado desde un lado a otro a velocidades diferentes produciendo cambios en la dirección del viento así como bajar o subir la presión.

Cuando el aire de las latitudes medias de la Tierra, desciende sobre la superficie aproximadamente a los 30° de latitud norte o sur (Tenerife 29°N) se desarrollan altas presiones dando lugar a buen tiempo fijo y generalizado. El aire que fluye hacia afuera de estas bandas de alta presión produce los conocidos vientos alisios o del oeste, mientras que en los límites de las latitudes medias con las polares el aire frío polar tiende a cortar el aire caliente que sube desde el ecuador dando lugar a depresiones y a tiempo inestable.

La regla de Ballot: Si uno se coloca de espaldas al viento, la zona de baja presión estará siempre a su izquierda (en el hemisferio norte). Un cambio en la dirección del viento a menudo significa un cambio de tiempo. Si gira en dirección contraria a las agujas del reloj, es signo de zonas de baja presión y de tormentas. Si gira en el sentido de las agujas del reloj, es signo de alta presión y de buen tiempo.

Las variaciones estacionales también producen flujos de viento, uno de los más importantes son los monzones.

El viento está pues originado por el cambio de temperatura en la atmósfera. Durante el día la tierra se calienta más rápidamente que el agua, el aire caliente tiende a subir y dirigirse hacia el mar un nivel superior, mientras que más abajo las corrientes de aire frío vienen con la brisa del mar. Por la noche la situación se invierte y la brisa terrestre sopla hacia el mar.

En las zonas montañosas el calentamiento durante el día hace que los vientos soplen valle arriba o hacia las laderas. Por la noche el aire se enfría y baja valle abajo. Son más fuertes cuanto más frío hay en las superficies altas, quizás cubiertas por hielo y nieve.

A gran escala, el choque de temperaturas entre las zonas polares con las ecuatoriales puede formar terribles vientos en forma de tornados o ciclones de gran poder destructor.

ESCALA BEANFORT

Fuerza	Denominación	Efectos	Velocidad
0	Calma	Sin viento. El humo asciende verticalmente. El mar está como un espejo.	< 1
1	Ventolina	Sin viento apreciable. Las veletas permanecen quietas pero el humo se desvía. En el mar se forman rizos con apariencia de escamas.	1-5
2	Brisa muy débil.	El viento se siente en la cara; se mueven las veletas. Rumor en las hojas. En el mar olitas, crestas vidriosas que no rompen	6-11
3	Brisa débil	Cabello y ropa se desarreglan. Las banderas se extienden. Las hojas y ramas pequeñas se mueven constantemente. En el mar olitas grandes, las crestas comienzan a romper.	12-19
4	Brisa moderada. Bonancible	Se levanta polvo y papeles sueltos. Mueve pequeñas ramas. En el mar, olas pequeñas que se hacen mas largas. Cabrillas.	20-28
5	Brisa fresca. Fresquito.	Viento desagradable que se siente en el cuerpo. Los arbustos con hojas comienzan a curvarse. En el mar, olas moderadas de forma alargada. Muchas cabrillas y salpicaduras.	29-38
6	Brisa fuerte Fresco.	Dificultad al andar. Paraguas difícil de controlar; se mueven las ramas grandes. En el mar, olas grandes con crestas de espuma	

	blanca.	39-49	
7	Viento fuerte Frescachón	La marcha contra el viento es difícil. Se mueven los árboles enteros. En el mar, Mar alborotado.	50-61
8	Temporal	Impide avanzar. Rompe ramas de arboles. En el mar, olas moderadamente altas.	62-74
9	Temporal fuerte.	Gente empujada por ráfagas. Levanta tejas y sombreros de chimeneas. En el mar, olas altas y crestas que se enroscan. las salpicaduras dificultan la visibilidad	75-88
10	Temporal duro.	Raro en tierra, Arboles arrancados. y grandes daños estructurales. En el mar, olas muy altas con crestas amenazantes, vuelcos de mar y visibilidad escasa.	89-102
11	Temporal muy duro.	Raro. Extensos daños. En el mar, olas excepcionales que cubren pequeños barcos; mar cubierto grandes manchas de espuma blanca.	103-107
12	Huracán	Raro en tierra. En el mar, aire y mar lleno de espuma que lanza salpicaduras. Mala visibilidad.	>118

70ª.-¿Porqué a veces el cielo del atardecer se vuelve rojo?

Los cielos vivamente coloreados se producen cuando el Sol del amanecer o atardecer brilla sobre una corriente anticiclónica, habitualmente cargada de polvo o calima.

El cielo rojo por el este en la mañana es indicativo de que el buen tiempo ha pasado ya por encima, de manera que será frecuente ver frentes de nubes que se aproximan. Si el cielo rojo se ve al poniente por la tarde, suele anunciar buen tiempo pues el aire seco se aproxima, teniendo en

cuenta que los frentes de nubes y lluvias se desplazan generalmente de Oeste a Este en Europa occidental.

Algunos refranes hacen mención a este fenómeno: "Alba roja, capa moja" Los chinos dirían: "Quédate en casa cuando el cielo de la mañana aparece rojo, pero procúrate un buen día de viaje si las nubes del atardecer enrojecen"

Otro fenómeno atmosférico espectacular es la formación de la nieve, esta se forma a gran altitud en la cima de grandes capas de nubes gruesas, las temperaturas se hallan por debajo de los -40°C , entonces las gotas de agua se condensan en diminutos cristales de hielo atrayendo a otras gotas para formar copos de nieve simétricos. Cuando se hacen suficientemente pesados comienzan a caer y si la temperatura es inferior a los 0° en su camino hacia abajo llegan intactos al suelo.

Los cristales de hielo y copos de nieve tienen formas diferentes -agujas, hexágonos, prismas, estrellas de seis puntas...- que varían según la temperatura del aire. Todos tienen una simetría hexagonal, debido a la estructura molecular del agua helada. Los cristales en forma de estrella son los más comunes de los copos de nieve, se les conoce técnicamente como dendríticos, formándose con aire húmedo y a temperaturas inferiores a los -15°C .

71ª.-¿Qué es la escala Kelvin?

La escala (del latín escalera) Kelvin debe su nombre al físico del siglo XIX Lord Kelvin. Es la escala más utilizada para medir la temperatura de los objetos celestes. La escala Kelvin comienza en el cero absoluto que es la temperatura más fría posible: -273°C . Su símbolo es K. Su origen es el siguiente: a medida que enfriamos un volumen de gas, este se contrae a razón de $1/273$ por grado Celsius, así pues a -273°C el volumen del gas sería cero y por tanto no es posible obtener una temperatura menor. Esta temperatura límite es el cero absoluto de la escala Kelvin. La magnitud del grado Kelvin equivale a la del grado Celsius.

Es interesante recordar que la temperatura del universo en el momento actual es de aproximadamente 3°K .

La escala Celsius fue ideada por el astrónomo sueco Anders Celsius en el siglo XVIII, tomando como puntos de referencia de su escala el cero (0°C), el punto en el que se produce la congelación del agua, y los 100°C , que es el punto de su ebullición a la presión del nivel del mar. En grados Kelvin estas temperaturas corresponderían a 273 K y 373 K respectivamente.

En algunos casos, tal como en Estados Unidos se utiliza también la escala Fahrenheit, sistema ideado por el físico Gabriel Daniel Fahrenheit que inventó un termómetro de mercurio con una escala diferente al de los grados Celsius. En esta escala la temperatura del agua hirviendo es

de 212° F, y el punto de formación del hielo es de 32° F. Este sistema es menos claro que el anterior y poco a poco va quedándose en desuso.

72ª.-¿Cómo son los cometas?

Los cometas son cuerpos de gas, polvo y rocas que se mueven en una órbita elíptica alrededor del Sol. Cuando un cometa está lejos del Sol (afelio), sus gases están solidificados en forma de hielo; solamente reluce por reflexión de la luz solar. Cuando se acercan suficientemente al Sol (perihelio) se calientan y dejan escapar gases y polvo, formándose entonces la cola, los gases del cometa se ionizan emitiendo luz propia. La mayoría de los cometas tardan miles de años en completar sus órbitas, pero otros se ven con más frecuencia siendo los Cometas de período corto o periódicos más conocidos. Cada año se descubren una docena de nuevos cometas y conocemos ya las órbitas de más de 1000 de ellos.

La parte principal de un cometa es la cabeza, que consta de la cabellera y el núcleo; la cabellera puede medir entre 10.000 y 100.000 Km de diámetro mientras que el núcleo puede ser de varios Km. La cola puede alcanzar fácilmente 100 millones de Km siendo muy poco densa, tanto que puede verse a su través. La cola del cometa indica siempre la dirección contraria al Sol.

La composición química de un cometa está formada por moléculas orgánicas incrustadas en agua congelada, dióxido de carbono, amoníaco y metano que son elementos sembradores de la vida. Los cometas pueden ser verdaderos ensembradores de materia orgánica, materiales que pueden estar en el origen de la vida en la Tierra.

En 1994, el Cometa Shoemaker-Levy se fragmentó al acercarse al planeta Júpiter, chocando 21 de sus fragmentos violentamente contra él, desprendiendo una energía semejante a 100 millones de megatones. Esto supone unas 10.000 veces superior a toda la energía del arsenal nuclear terrestre.

En 1996 el Cometa Hyakutake pasó a tan sólo 15 millones de Km de la Tierra.

El más luminoso del siglo fue el Hale-Bopp en 1997 y el más famoso sin duda es el Halley, que se acerca al Sol cada 76 años. La última vez que se produjo dicho acercamiento fue en 1986, siendo el primer cometa en ser estudiado con sondas desde el espacio (la nave Giotto, de la Agencia Espacial Europea - ESA - se acercó a menos de 1000 km del núcleo tomando bellas

imágenes del mismo. Estas misiones permitieron obtener mucha información sobre las características del núcleo y de su cabellera.

Se piensa que los Cometas proceden de la llamada Nube de Oort, compuesta por más de 100 billones de cometas que se encuentra en el borde del sistema solar, aproximadamente a 100.000 unidades astronómicas (cien mil veces la distancia de la Tierra al Sol). Se cree, que el efecto gravitatorio de las estrellas más próximas desvía a los cometas de sus órbitas enviándolos hacia el Sol y haciéndolos visibles.

73ª.-¿Qué son los asteroides?

El primer día del año 1801, el astrónomo italiano Giuseppe Piazzi se encontró con un objeto celeste de 1000 Km de diámetro entre las órbitas de Marte y Júpiter al que denominó Ceres, la diosa de la agricultura. En los años inmediatamente posteriores se descubrieron otros tres un poco más pequeños que fueron bautizados como Palas, Vesta y Juno. Más tarde el astrónomo William Herschel señaló que los nuevos cuerpos eran tan pequeños que aparecían como simples puntos de luz en el telescopio, al igual que las estrellas y no tanto como las formas esféricas o de disco visibles como los grandes planetas. Por ello sugirió que se les llamase Asteroides (semejantes a estrellas) que fue aceptada por todos.

Desde el hallazgo de Ceres, se han descubierto más de 5000, y sin duda quedan muchos más por identificar. A ese espacio se le conoce como el cinturón de asteroides y se halla a una distancia entre 2 y 3,5 Unidades Astronómicas orbitando alrededor del Sol aproximadamente cada 3 a 6 años.

En la misma órbita de Júpiter existe un grupo de asteroides denominados "troyanos" en honor de los héroes de las guerras troyanas. Además de los asteroides situados entre Marte y Júpiter se hallan los denominados asteroides rasantes como los del grupo Amor y los de Apolo. Los primeros están comprendidos entre las órbitas de Marte y la Tierra. Eros es un ejemplo del grupo de asteroides amor pudiéndose acercar a tan solo 22,5 millones de Km. Hermes e Icaro pertenecen al grupo de los Apolo, también conocidos como asteroides de intersección, llamados así por cruzar la órbita terrestre.

74ª.-¿Que son las estrellas fugaces?

Las estrellas fugaces o meteoros son fragmentos de materia del tamaño de cabezas de alfiler o aún más pequeños. El espacio en las proximidades de la Tierra está repleto de partículas de polvo y cuando una de esas partículas se aproxima a nuestro Planeta, el roce con las capas

altas de la atmósfera eleva sus temperaturas hasta que arden, se evaporan y se desintegran. Los meteoros penetran en la atmósfera a velocidades de 10 Km/s, y se queman por fricción a una altura aproximada de 100 Km, produciendo una línea de luz que dura más o menos un segundo. También se producen por restos de cometas que van dejando en sus órbitas en torno al Sol. Cuando la Tierra pasa por una de estas zonas se produce una lluvia de estrellas o lluvias de meteoros que parecen salir de un mismo punto o radiante. (ver figura de los cometas)

En algunos casos el meteoro explota en su trayectoria, llegando a brillar con una gran intensidad. A esta clase de meteoros se les denomina Bólidos.

La mayoría de las estrellas fugaces desaparecen en la atmósfera superior aunque algunos son lo suficientemente grandes como para caer al suelo, estos son los meteoritos.

Las lluvias de meteoros más importantes son las Cuadrántidas el 3 y el 4 de Enero. Líridas el 21 y 22 de Abril. Eta acuáridas el 5 y el 6 de Mayo. Delta acuáridas el 28 y 29 de Julio. Perséidas el 12 de Agosto. Oriónidas el 21 de Octubre. Taúridas el 3 de Noviembre. Leónidas el 17 y 18 de Noviembre. Gemínidas el 13 y el 15 de Diciembre.

75ª.-¿Para el observador aficionado ¿cuál es la mejor manera de descubrir nuevos cometas, asteroides o cuerpos menores así como fenómenos puntuales que pueda haber en el cielo?

En general, la mejor manera es tomar una pequeña porción del cielo y conocerla bien previamente todo lo que se pueda. Primero los objetos visibles a simple vista y luego los objetos que puedan ser observados con los prismáticos o telescopio con el que se va a realizar la observación. Observar en manuales o programas las estrellas, Nebulosas, cúmulos así como las efemérides si es una zona de tránsito de planetas o cometas conocidos.

Una vez familiarizados con esa zona se puede pasar a la observación directa en las horas previamente establecidas de mejor observación de la zona a explorar. Observarla minuciosa y pacientemente dibujando o fotografiándola durante cada observación. Después comprobar que todo es normal, anotar cuidadosamente la posición y la fecha tanto de cada observación como cualquier evento que pueda producirse. Así durante varios días, semanas o el tiempo que se haya dispuesto para el rastreo. De esta forma se han descubierto numerosos objetos y fenómenos celestes por aficionados y al menos habrás tenido ratos creativos muy agradables y una mayor familiarización con el cielo.

76ª.-¿Qué son los días julianos?

En ocasiones los astrónomos dan fechas en términos de días julianos, sobre todo los observadores de estrellas variables. Este sistema de medición del tiempo comienza al mediodía del 1 de Enero del año 4713 antes de Cristo.

Contar en días julianos tiene la ventaja de no necesitar contar los meses, ni requiere considerar los años bisiestos tales como el calendario Juliano-Gregoriano que utilizamos cotidianamente. También durante el curso de una observación de una noche no cambia la fecha, puesto que se inicia el día en la mediodía y no en la media noche en plena observación nocturna.

Calendarios de días Julianos.

Calendario Juliano para Diciembre del 1999. 2,450,000 más el valor numérico dado debajo en cada fecha.

Diciembre

Dom	Lun	Mar	Mer	Jue	Vie	Sab
		1	2	3	4	
		1514	1515	1516	1517	
5	6	7	8	9	10	11
1518	1519	1520	1521	1522	1523	1524
12	13	14	15	16	17	18
1525	1526	1527	1528	1529	1530	1531
19	20	21	22	23	24	25
1532	1533	1534	1535	1536	1537	1538
26	27	28	29	30	31	
1539	1540	1541	1542	1543	1544	

77ª.-¿Qué tipo de gemelos binoculares son los más adecuados para la observación astronómica?

Los prismáticos son instrumentos ópticos muy apropiados para la observación astronómica, estando entre la visión a simple vista y los telescopios y lo son tanto para los aficionados como para los profesionales formando siempre parte siempre del equipo. Se han hecho muchos descubrimientos con unos buenos gemelos, especialmente cometas así como en la observación de las estrellas variables. La observación con gemelos binoculares da una sensación de mayor profundidad que un telescopio, puesto que permite ver a los objetos con ambos ojos y queda visible una parte de los lados del objeto lo que proporciona perspectiva.

Los gemelos binoculares están clasificados de acuerdo con los aumentos y la abertura. Los de 7x 50 suelen ser los más habituales para los aficionados. 7 X 50 significa que tiene un aumento de 7 veces y que su diámetro del objetivo es de 50 mm, de todos modos cuanto mayor sea la abertura tanto mejor. Para un resultado ideal, el tamaño de la pupila de salida debe coincidir con la pupila humana completamente dilatada, aproximadamente 7 mm.

A partir de 7 aumentos los binoculares deben estar montados, algunos de ellos tienen una abertura especial para ello, aunque es fácil utilizar un trípode normal de fotografía con adaptadores fáciles de conseguir. Incluso también un trípode los de 7 aumentos, pues el simple latir del corazón hace moverse el objeto observado.

Existen dos tipos básicos de gemelos, el del prisma apical, normalmente más pequeño y de fácil de manejo; el otro tipo es el prima de porro que es el más habitual al astrónomo, este no invierte la imagen de manera que son apropiados tanto para uso celeste como terrestre.

78ª.-¿Qué tipos de telescopios hay?

Por la frecuencia y longitud de onda electromagnética que reciben los telescopios, cabe distinguir los radiotelescopios, los de rayos X, infrarrojos y de rayos gamma, que otean el firmamento en ondas de frecuencias diferentes a los de la luz visible. Centrándonos en los telescopios ópticos, tenemos por un lado los grandes telescopios de profesionales en centros de observación e investigación, y aquellos telescopios para aficionados. Los grandes telescopios son sofisticados en extremo y de un gran costo económico, poseen espectrógrafos, instrumentos para la Interferometría etc, entre ellos cabe destacar el telescopio espacial Hubbel, y los grandes telescopios de Monte Palomar en Estados Unidos, Hawai, Chile, Roque de los Muchachos en la Palma y otros que superan sus espejos los cuatro metros de diámetro.

Los telescopios suelen clasificarse atendiendo al tipo de óptica que utilizan: los refractores utilizan una lente grande, generalmente cóncava, en el extremo superior (objetivo) del tubo óptico para recoger luz. Estos telescopios son fáciles de mantener y también los más económicos, suelen rondar los 60-90 mm de apertura y son aptos para principiantes que empiezan con observaciones de la Luna, los anillos de Saturno, los cuatro satélites principales de Júpiter.... y objetos en tierra.

Los telescopios de segundo tipo son reflectores o de tipo Newton, emplean un espejo cóncavo como principal elemento óptico. Estos telescopios son adecuados para aficionados a escala intermedia. Suelen tener un motor auxiliar que permite acompañar el movimiento de rotación terrestre y no estar continuamente ajustando el campo de vista y el objeto de observación, permitiendo además separar estrellas distantes y objetos del cielo profundo. Están entre los 4.5" a 8 o 10" (pulgadas) de apertura.

Finalmente, los telescopios catadióptricos, que emplean una combinación de lentes y espejos para formar la imagen, adecuados para aficionados experimentados y que incluye material informático y una base de datos para la localización automática de miles de objetos celestes diferentes, así como para la astrofotografía. En general son utilizados por asociaciones astronómicas de aficionados y pequeños observatorios.

79ª.-¿Es muy complicado un observatorio de aficionado?

Los telescopios refractores de más de 10 cm (4 pulgadas) y los reflectores de más de 20cm (8 pulgadas) a menos que se desmonten lo que no es muy aconsejable, merecen un observatorio permanente.

El principal requisito es que esté situado en un lugar adecuado, no es aconsejable construirlo sobre el tejado porque se sometería al telescopio a vibraciones y corrientes de aire procedentes de la

edificación, de modo que es mejor en el jardín o un lugar donde haya un horizonte despejado y sin contaminación lumínica.

Se puede construir de un modo muy simple, a partir de una caseta con un techo corredizo, aunque tienen la pega de dejar expuesto al observador si bien el telescopio está protegido. En este caso tener la previsión al construirlo de abrirse por el norte para dejar los cielos del sur despejados o al revés si se vive en latitudes meridionales.

Siempre que sea posible, es mejor construir un observatorio de techo en cúpula que ofrece mejores prestaciones. La edificación debe ser sólida con una base de hormigón, y la cúpula tiene que ser ligera pero fuerte y flexible, de chapas de aluminio o fibra de vidrio. El tamaño varía según el telescopio claro, pero de 2,5 metros cuadrados será suficiente en la mayoría de los casos.

Asegurarse de la debida toma de tierra para el suministro eléctrico. Sobre la pared tener un buen mapa estelar siempre vendrá bien.

80ª.- ¿Cómo es el telescopio espacial Hubbel (HST)?

Este telescopio recibe su nombre del astrónomo norteamericano Edwin Hubbel, descubridor de la expansión del universo (ver pregunta N°4). Es el primer telescopio situado en órbita alrededor de la Tierra, de tal manera que puede aprovechar todas las ventajas de la observación desde esta posición privilegiada. El HST es una de las herramientas más revolucionarias en la investigación astronómica, evita la distorsión que padecen los telescopios terrestres debido a las perturbaciones atmosféricas, tales como el vapor de agua, el polvo o las corrientes de aire. El HST, se halla en una órbita casi circular de 612 x 620 Km.

Fue lanzado al espacio y puesto en órbita en Abril de 1990, y posteriormente reparado por una misión tripulada en 1993. Mide 13 metros de longitud, con cuatro metros de diámetro y pesa 11 toneladas. El HST, posee un módulo de instrumentos que contiene una cámara planetaria para fotografiar en detalle los planetas y buscar nuevos sistemas planetarios y dos espectrógrafos que analizan la luz de las estrellas y galaxias lejanas así como la luz ultravioleta de las mismas.

81ª.-¿Qué es una sonda espacial?

Son naves espaciales enviadas desde la Tierra para estudiar las condiciones del espacio o para investigar cuerpos celestes.

Aparte de los satélites conocidos en órbita para utilidades meteorológicas o para telecomunicaciones, las sondas espaciales más conocidas son las Mariner, conjunto de diez sondas americanas enviadas para observar las superficies de Marte, Venus y Mercurio desde el 62 al 74. Antes fueron enviadas las Surveyor que estudiaron las rocas lunares y enviaron imágenes de la Luna.

La sonda soviética Venera 7 aterrizó sobre la superficie de Venus en paracaídas en 1970.

Las Pioneer fueron las primeras a Júpiter y Saturno, diseñadas también para dejar luego atrás el sistema solar.

Las Viking llegaron a Marte en 1976.

Las Voyager que exploraron los Planetas exteriores hasta Neptuno.

La sonda espacial Giotto fue lanzada por la Agencia Espacial Europea llegando al cometa Halley en 1986.

La sonda americana Galileo estudió a fondo al Planeta Júpiter, su gran mancha roja, sus nubes y sus lunas .

No se puede olvidar el satélite COBE, gracias al cual se pudo descubrir cómo era el Universo tan sólo con 300.000 años después del Big Bang, cuando sólo existía el "gran caldo original" formado por protones, electrones y fotones, aún incapaces de formar estructuras organizadas.

El Observatorio astronómico en órbita OAO de la NASA estudiaron la luz ultravioleta y los rayos X provenientes de estrellas y Galaxias.

En 1977, 78 y 79 se lanzaron tres satélites NASA para estudiar los rayos Gamma de objetos del cielo profundo. El COS-B fue lanzado por la ESA para el mismo fin.

Los Ariel son seis satélites astronómicos británicos, el Ariel V hizo un mapa completo de fuentes de rayos X

La NASA, el Reino Unido y la ESA (Agencia Espacial Europea) enviaron el IUE, contiene un telescopio de 45 cm de diámetro para estudiar la luz ultravioleta de las estrellas y las galaxias. El Satélite Astronómico de Infrarrojos IRAS lleva un telescopio de 60 cm y fue el primero en hacer un mapa de longitudes de onda en infrarrojos.

El Exosat, satélite de la ESA para objetos del espacio que emiten rayos X.

El OSO, Observatorio Solar en Órbita para estudiar al Sol en un ciclo completo de actividad, así como el ISEE conjunto entre la NASA y la ESA para estudiar los efectos del Sol sobre la Tierra, más tarde utilizado para examinar la cola del cometa Giacobini Zinner y los efectos del viento solar.

El Hiparcos de la ESA que ha realizado una lista de posiciones exactas de las estrellas por astrometría.

El ya mencionado telescopio espacial Hubble, el mayor telescopio puesto en órbita que contiene un espejo de 2,4 metros de diámetro. Puede ver objetos 100 veces más débiles que los más potentes situados en la Tierra y que no deja de sorprendernos con nuevos descubrimientos.

Desde 1997 sobre la superficie de Marte se halla la nave Mars Pathfinder y un todo terreno llamado Sojourner enviando información e imágenes inéditas de este Planeta a las que se puede tener acceso a través de las páginas de Internet.

Cabe destacar también la estación espacial rusa MIR, actualmente con serias dificultades. Para el año 2004 estará operativa la nueva Estación Espacial Internacional SSI con capacidad para siete astronautas que estará de modo permanente habitada.

Año	Misión	Objetivo	Características de la misión
1957	Stratoscope I	Sol	Globo sonda
1961	Explorer 11	Estudio de rayos gamma.	62 días orbitando la Tierra
1962	Aerobee	Estudio de rayos X.	Detección de la fuente Sco X1
1962	Mariner 2	Sobrevuelo de Venus	Venus
1963	Mars 1	Primera sonda Marciana (Rusa)	Alcanzó Marte y envió las primeras imágenes del planeta rojo en blanco y negro.
1965	Misiones de la NASA	en un Convair 990	para observar el cielo en ultravioleta.
1965	Mariner 4	Sobrevoló Marte	Primeras imágenes de Marte en color
1967	OSO-3	Rayos gamma	Detección de rayos gamma en la Vía Láctea
1968	RAE-1	Ruido cósmico de radio	Observación del ruido de fondo de radio
1968	OAO-2	Estudio de la radiación ultravioleta del Sol	
1969	Vela 5A	Rayos gamma	Detección de rayos gamma del espacio
1969	Apollo 11	Puesta de astronautas en la Luna	16/7/1969
1970	SAS-1	Rayos X Uhuru	Estudio de los rayos X
1971	Explorer 43	Viento Solar/ fondo de radio cósmico	
1971	Mariner 9	Sonda que entró en órbita alrededor del planeta Marte	
1972	Pioneer 10		
1972	Copernicus		
1973	Pioneer 11	Lanzado para explorar el cielo profundo	
1973	Skylab	Incluyó el estudio del Sol entre los objetivos de sus misiones	
1973	Explorer 49	Estudio de fuentes de radio lunar	RAE-2 en órbita lunar
1973	Pioneer 10	Alcanzó Jupiter	
1974	Mariner 10	Estudió Mercurio y envió imágenes detalladas de su superficie	
1975	SAS-3	Fuente de rayos X (SAS-3)	determinación de fuentes de rayos X
1975	Viking 1 & 2	Son lanzados hacia Marte.	
1976	Viking 1 & 2	Ambas sondas alcanzan Marte y se posan en su suelo	
1977	Voyager 2	Alcanza los planetas exteriores del Sistema Solar	
1977	Voyager 1	Alcanza los planetas exteriores del Sistema Solar	
1978	IUE	Estudio del firmamento en el ultravioleta	
1978	Pioneer	Venus	Estudios de radar del suelo venusiano
1978	HEAO-2	Renombrado Einstein	Estudio del firmamento en rayos X
1979	Pioneer 11	Obtiene imágenes de Saturno	
1979	Voyager 1 & 2	Alcanzan Jupiter	

1980	Voyager 1	Alcanza Saturno
1981	Voyager 2	Alcanza saturno
1983	IRAS	Observación en infrarojo del Universo.
1983	Pioneer	Cruza la órbita de Plutón
1983	Pioneer	Abandona el Sistema Solar
1985	Spacelab-2	Telescopio infrarrojo (IRT). Estudio en las cercanías de la Tierra.
1986	Voyager 2	Llega a Urano
1989	Voyager 2	Llega a Neptuno
1989	Magellan	Venus lanzado desde el Space Shuttle
1989	Galileo	Júpiter/Asteroides lanzado desde el Space Shuttle
1989	COBE	Estudio de la Radiación de Fondo de Microondas
1990	HST	Telescopio espacial.
1990	ROSAT	Rayos X
1997	Mars Pathfinder	Llega a Marte y libera el pequeño robot Sojourner.
1997	Mars Observers	Primera imagen tridimensional del planeta rojo.
1999	Mars Polar Landers	Alcanza el polo sur de Marte.

Abreviaturas

IUE	- International Ultraviolet Explorer
OAo	- Orbiting Astronomy Observer
OSO	- Orbiting Solar Observer
RAE	- Radio Astronomy Explorer
SAS	- Small Astronomy Satellite
COBE	- Cosmic Background Explorer
HEAO	- High Energy Astronomy Observatory
HST	- Hubble Space Telescope
IRAS	- Infra-Red Astronomical Satellite
IUE	-International-ultra-violet explorer

82ª.-¿Qué es una órbita geoestacionaria?

A una distancia de 35.900 Km por encima del Ecuador terrestre los objetos orbitan dando una vuelta completa a la Tierra cada 24 horas, de modo que lo hacen a la misma velocidad de rotación que la Tierra sobre su eje. Así, permanecen fijos en un punto sobre la superficie terrestre.

Cuando se coloca un vehículo espacial al espacio, se utiliza esta órbita de aparcamiento antes de ser lanzada a la Luna u otros Planetas, o antes de partir o de descender a la Tierra.

83ª.-¿Qué es la velocidad de escape?

En general para escapar de la influencia de un campo gravitatorio (por ejemplo de la superficie de un planeta o de una estrella), un proyectil debe alcanzar una velocidad suficiente (energía cinética) la cual se denomina velocidad de escape.

La velocidad de escape en la superficie de la Tierra, tal como por ejemplo la de un cohete debe ser superior a 11,2 Km por segundo. En la Luna, la cual tiene un campo gravitatorio menos intenso que el de la Tierra es necesario tan sólo 2 Km por segundo para salir de la influencia gravitatoria de la misma. En cambio para salir de la superficie del Sol se precisarían al menos 600 Km por segundo.

84ª.- ¿Cómo es la lanzadera espacial?

Este vehículo es un sistema de transporte y de lanzamiento espacial de la NASA, se lanza como un cohete y se sitúa en órbita alrededor de la Tierra, volviendo después y aterrizar en una pista como un avión. El Orbiter o parte de la lanzadera que se sitúa en órbita puede llevar hasta siete miembros de tripulación y mide 37x28 metros. A diferencia de los cohetes puede ser utilizada de nuevo, generalmente se sitúa a unos 300 Km de la superficie terrestre aunque no puede elevarse mas de 1000 Km.

El último lanzamiento (en este mismo instante de escribir estas líneas, 29/10/1998 a las 20,30 h está siendo lanzado al espacio el Discovery con el astronauta español Pedro Duque). La velocidad alcanza los 28.500 Km por hora hasta alcanzar la órbita situada a 550 Km de la Tierra. Obtiene una fuerza de 25.000 caballos de potencia y estará 9 días en el espacio. La lanzadera posee un escudo térmico de protección, compuesto de sílice y de carbono en las zonas que más se calientan el morro y los bordes de las alas. Posee un brazo mecánico, el RMS, utilizado para poner o recoger satélites desde el compartimento de carga.

La Lanzadera es lanzada desde tierra por dos cohetes propulsores, que se encuentran situados a ambos lados del depósito de la lanzadera, el depósito externo (ET) contiene dos millones de litros de combustible líquido (hidrógeno líquido y oxígeno) que se consume en 8,5 minutos, pasado este tiempo y ya vacío se desprende para consumirse en la atmósfera. Los cohetes por su parte cumplida su misión se desprenden también al llegar a los 43 Km de altura, bajando en paracaídas y recogidos en el océano; entonces se encienden los dos motores del Orbiter para ponerse en órbita.

Entre otros instrumentos científicos la lanzadera espacial tiene un laboratorio espacial (Spacelab) construido por la NASA y la Agencia Espacial Europea compuesto por un módulo presurizado de trabajo para los astronautas y otra zona abierta al exterior.

La Lanzadera espacial ha tenido ya cuatro Orbiters: El Interprise, el Columbia, el Challenger que realizó vuelos desde 1983 hasta el 28 de Enero de 1986 que explotó en su décimo lanzamiento, el Discovery y el Atlantis.

85ª.-¿Está muy avanzado el proyecto de las misiones tripuladas a Marte?

El Planeta rojo ha sido siempre un objeto mítico para la inquietud humana, no en vano es junto a Venus el Planeta más cercano a la Tierra y no demasiado diferente a ella, de hecho existen

zonas en nuestro Planeta, tales como el nordeste de Siberia o los valles secos en Tierra Victoria en la Antártida que son muy semejantes.

En 1877, Schiaparelli dibujó el mejor mapa de Marte conocido hasta entonces. En él se advertían manchas oscuras y alargadas que parecían canales, lo que dio lugar a mucha especulación sobre la posibilidad de vida marciana. Pero ha sido ya muy avanzado el siglo XX donde se nos ha presentado la oportunidad de conocer de cerca a este Planeta. En 1965 la sonda americana Mariner 4 pasó a tan sólo 10.000 Km de su superficie tomando fotografías.

En 1971 se puso en órbita en torno a Marte el Mariner 9 que cartografió por entero su superficie.

En 1976 las sondas Viking I y la Viking II aterrizaron en Marte y analizaron muestras del mismo.

El 5 de Julio de 1997, el todo terreno de 10 Kg de peso llamado Sojourner, posó sus seis ruedas en el suelo marciano, un día después de que su nave nodriza la Mars Pathfinder aterrizara en una llanura del hemisferio norte (Valle Marinensis), enviando gran cantidad de información sobre la geología y

atmósfera del planeta marciano a la Tierra. Además esta misión fue la primera que se pudo seguir en directo a través de INTERNET.

Existen otras misiones programadas a Marte y muy pronto se harán realidad misiones tripuladas, por lo que su colonización aparece cada día más próxima.

86ª.-¿Es posible una futura y próspera economía interplanetaria?

Mirando al futuro, la colonización y aprovechamiento de los recursos mas allá de la Tierra no sólo se hace evidente en el normal desarrollo humano sino que además está siendo acelerado por los graves problemas que a un nivel global se nos plantean. Estos problemas son de tres tipos: El continuo deterioro ecológico y agotamiento de los recursos naturales. El problema demográfico en que millones de personas y centenares de millones de Almas para el próximo siglo carecen de alimentos, empeorado por el hecho de que las mejores tierras de cultivo a menudo situadas a lo largo de las vías fluviales han sido ocupadas por ciudades y grandes urbes. El peligro del hundimiento de la economía mundial y el aniquilamiento masivo en conflictos bélicos y la consiguiente amenaza nuclear. La solución a estos gravísimos problemas que se enfrenta la humanidad está ligada a la exploración espacial y a lograr a medio plazo una economía interplanetaria.

Sin embargo llegar a ello no será fácil. En Marte hace mucho frío, en los días más cálidos del verano marciano puede haber 10 °C bajo cero, bajando en invierno a los -100° en medio de terribles tormentas de polvo que recorren una buena parte de la superficie y, lo que es peor:

parece que no hay agua líquida, oxígeno insuficiente y ante la ausencia de una capa de ozono no hay protección de los rayos ultravioletas.

Estas difíciles condiciones requieren grandes esfuerzos e imaginación creativa, pero que el género humano puede superar, de hecho ya hay propuestas de modificar el entorno marciano a través de la "siembra" de microorganismos que eventualmente cambiarían la faz del planeta. De momento ya hemos conseguido llevar sondas hasta allí, explorando in situ, las dos Viking y la Mars Pathfinder. Otras las seguirán y propiciarán misiones tripuladas a medio plazo.

87ª.- ¿Tienen los planetas luz propia?

A diferencia del Sol, ningún planeta emite luz visible propia, los planetas brillan en el cielo como puntitos parecidos a las estrellas porque reflejan la luz solar, aunque la luz de estas últimas sufren de un continuo "tintileo" que no ocurre en caso de la luz de los planetas y que sirve por lo tanto como una forma de reconocerlos sobre el fondo estelar. El planeta de aspecto más luminoso es Venus, porque es el más próximo a nosotros y porque su densa atmósfera refleja con intensidad la luz del Sol. Le sigue en brillo Júpiter por su gran tamaño, pero también Mercurio, Marte y Saturno son perceptibles a simple vista siendo conocidos desde la antigüedad. Mercurio es el más difícil de observar por su cercanía al Sol; es visible al alba e inmediatamente después de la puesta del Sol. Urano se halla al límite de visibilidad directa y no fue descubierto hasta 1781. Neptuno y Plutón, demasiado tenues para ser observados sin la ayuda de telescopios fueron descubiertos en 1846 y 1930 respectivamente.

88ª.-¿A que astro llamamos el lucero del alba o el de la tarde?

El lucero del alba o la estrella de la tarde, se refiere a las apariciones del planeta Venus que brilla espléndido como el astro más luminoso del cielo después de la Luna. Debido a que se encuentra más cerca del Sol que de la Tierra, siempre aparece situado cerca del astro rey, bien por la mañana o por la tarde. El planeta Venus dista de la Tierra 108 millones de Km de media, y no tiene lunas. Sorprendentemente el día de Venus es mayor que el año, completa un giro alrededor del Sol en 225 días terrestres, mientras que el giro sobre su propio eje es de 243 días terrestres. Otro rasgo característico de Venus es el movimiento de su rotación retrógrada, contrario a la dirección normal que tienen los demás planetas excepto Urano.

En 1962, la sonda Mariner II exploró su superficie y se pudo observar que su temperatura superficial llegaba a los 400°C. Posteriormente se han enviado otras sondas que cartografiaron por completo la superficie del planeta. Posee una espesa atmósfera que retiene el calor del Sol en su interior (efecto invernadero), desprendiendo lluvias de ácido sulfúrico. Un lugar inhóspito de verdad, a pesar de su belleza. Sin embargo no siempre pudo ser así, dado que es prácticamente idéntico a la Tierra excepto en su temperatura y en la ausencia actual de un campo magnético lo suficientemente grande para darse condiciones favorables para la vida, hubo un tiempo en Venus en el que la ecozona del sistema solar incluía la región en donde se halla con respecto al Sol.

89ª.-¿Cómo son los anillos de Saturno?

Los anillos alrededor de este gigante gaseoso, con una densidad de $0,69 \text{ gr/cm}^3$, que le permitiría flotar en un inmenso océano de agua. Este gigante de nuestro sistema solar, situado a una distancia media de 1430 millones de Km. Los anillos están formados por innumerables fragmentos de roca recubiertos de hielo, que ofrecen una visión espectacular en el ocular de un telescopio. Vistos desde la Tierra la posición de los anillos cambia continuamente debido a su inclinación con respecto a la órbita de la Tierra. Cada 13 años y 9 meses y 15 años y 9 meses de manera alterna, los anillos aparecen de canto y parecen desaparecer de nuestra visión, siendo en estos días cuando mejor se pueden observar sus satélites más importantes Tetis, Dione, Rea, Titán y Yapeto. El próximo año en que los anillos estarán de canto será en el 2009.

Existen tres anillos principales, el anillo A o más exterior tiene un espacio ancho denominado la división de Encke. Entre el anillo A y B denominado la división de Cassini hay un espacio de 3000 Km.

El diámetro total de los anillos se estima en 270 000 Km. A cada lado del Planeta sobresalen los anillos en forma de asa que se reconoce como Ansa que son los bordes de los anillos.

No se sabe muy bien cuál es el origen de estos anillos, tal vez sean fragmentos de un satélite que se desintegró o seguramente fragmentos de materia que no lograron formarse como satélite en la formación primitiva del planeta.

90ª.-¿Pudo haber sido Júpiter una estrella?

Es probable. Júpiter no es un planeta con una masa sólida, sino gaseosa, con $1,33 \text{ gr/cm}^3$ de densidad. Su atmósfera muy espesa está formada por un 88% de hidrógeno y un 11% de helio, es decir, los mismos elementos que el Sol. La masa de Júpiter sobrepasa en dos veces y media la de todos los demás planetas juntos, siendo tal solo 1000 veces menor que el Sol llegando en zonas del interior a una temperatura de $30.000 \text{ }^\circ\text{C}$. Sin embargo, su masa (0,3%) no alcanza el límite crítico necesario, (7% de la masa solar) para que en su interior puedan producirse las reacciones termonucleares de fusión del hidrógeno y poder brillar así como una estrella. Con todo, Júpiter irradia mas energía de la que recibe del Sol emitiendo ondas de origen térmico y electromagnéticas.

91ª.-¿Cómo es el eje de rotación de Urano?

El eje de rotación de Urano se halla como si estuviera plácidamente acostado en el espacio. Durante 7668 días terrestres, una cuarta parte del año de Urano, el polo norte se halla en dirección al Sol, sumergiéndose el ecuador por el horizonte, luego el polo norte sólo recibe una pequeña luz y las regiones ecuatoriales observan la salida del Sol cada 18 horas. En este planeta, la luz del Sol puede llegar tanto del ecuador como de los polos según la época.

La temperatura de Urano es muy fría como cabe esperar de su distancia al Sol de 2600 millones de Km, rondará los -170°C y su atmósfera parece rica en metano y su superficie aparece de agua helada y amoníaco con un océano de hidrógeno líquido que lo rodea.

Urano tiene un sistema de anillos muy delgados y separados por grandes vacíos. Estos anillos se descubrieron la noche del 10 de Marzo de 1977 cuando pasó por delante de una estrella brillante donde quedaron de manifiesto por la ocultación del fulgor de la estrella.

92ª.-¿Que son los rayos cósmicos?

Los rayos cósmicos son partículas subatómicas de alta energía que se desplazan por el espacio próximo a la velocidad de la luz. No se conoce bien su origen, aunque se cree que en su mayor parte provienen de explosiones de supernovas. Los rayos cósmicos son perjudiciales para la salud humana, afortunadamente nuestra atmósfera actúa como un escudo o una pantalla frente a ellos, más aún, mientras no se formó y fue suficientemente densa la atmósfera terrestre no hubo posibilidad de que se formaran las moléculas orgánicas que propiciaran la vida y si éstas fueron exportadas desde el espacio exterior no pudieron sobrevivir en tanto que la atmósfera no pudiera protegerlas de los rayos cósmicos.

El estudio de los rayos cósmicos, ha servido como laboratorios naturales para el estudio en el campo de la física de partículas. Al interactuar con las capas altas de la atmósfera se producen colisiones entre partículas lo que produce chaparrones de partículas subatómicas, creadas a partir de la energía de estos choques. A partir del estudio de los rayos cósmicos Carl D. Anderson descubrió en 1932 el positrón, la primera antipartícula (del electrón) en ser detectada.

93ª.-¿Que amenazas provienen del espacio?

La Tierra está siendo bombardeada continuamente por todo tipo de objetos. Tal vez el mayor peligro viene por los asteroides más cercanos que periódicamente se adentran en la trayectoria de la órbita terrestre. Entre otros uno muy conocido es Tutatis. Este asteroide se aproxima a nosotros cada 4 años. En 1992 pasó a 4 millones de Km y en 1996 a 5,3 millones de Km. El riesgo es muy real, considerando que la Tierra recorre diariamente 2,5 millones de Km. Tutatis pasó por el mismo punto que la Tierra tan sólo dos días antes. Volverá acercarse en el año 2000 y luego en el 2004.

El peor impacto en la historia reciente conocido se produjo en 1908, en Tunguska, cuando un enorme objeto cayó en Siberia central asolando todo en un radio de 32 Km. Hace 65 millones de

años, se produjo la súbita desaparición de los dinosaurios, así como de otras clases de plantas y animales. Esta destrucción masiva se cree que fue producto de un asteroide o restos de cometas.

También cada año hay algún accidente por impacto de meteoritos. Su tamaño oscila entre un grano de arena a una piedra de varios kilos que bajan a una velocidad extraordinaria. La mayoría de ellos se desintegran al llegar a la atmósfera y vemos como estrellas fugaces, pero siempre hay alguno que consigue penetrar y llegar hasta la superficie.

Los rayos cósmicos son asimismo una amenaza. Conocemos poco realmente sobre este tipo de radiación, sabemos que al menos llegan a la Tierra 200 por metro cuadrado y que una parte pequeña proviene del Sol pero desconocemos la procedencia y la causa de la mayoría de ellos. Para el año 2002 entrará en servicio una amplia red de observatorios construidos especialmente para los rayos cósmicos.

También hay que observar y hacer un seguimiento muy de cerca de los Cometas. Eventos catastróficos procedentes del espacio a gran escala, felizmente no se dan sino en lapsos muy grandes en el tiempo, de acuerdo con algunas estadísticas se registra una de estas colisiones catastróficas cada 100 millones de años como promedio.

94ª.-¿Qué es la materia oscura?

Paradójicamente, uno de los principales constituyentes del Universo no puede verse aunque sí "sentirse", es la denominada materia oscura. Los primeros indicios de la existencia de esta clase de "materia no visible", tuvieron lugar durante el estudio en los años 30 por Jan Hendrik Oort, examinando los movimientos de las estrellas en las regiones limítrofes de la Vía Láctea. Oort calculó cuanta masa debía de tener la parte interior de la galaxia para mantener estas estrellas estables en sus órbitas. Este estudio le llevó a la conclusión de que la cantidad de materia visible era menor en un 50 % para obtener el efecto de estabilización.

Resultados similares fueron alcanzados por el físico suizo Fritz Zwicky de Caltech (Instituto de Tecnología de California), a partir de la medición de posición y velocidades de las galaxias en los grandes cúmulos. Estas observaciones originales quedaron prácticamente en el olvido hasta mediados de los años 60, cuando se realizaron las denominadas curvas de rotación de las galaxias. Como se puede apreciar en la figura adjunta, la curva de rotación de una galaxia espiral es distinta a la que se obtiene para un sólido (por ejemplo una rueda) y para los planetas del sistema solar donde su velocidad angular decrece claramente con la distancia al Sol. Para una galaxia como la Vía Láctea, la curva de rotación en las regiones cercanas al núcleo galáctico (0,5 Kpc) es muy similar a la de una rueda (la velocidad de rotación se incrementa al aumentar el radio), sin embargo para las regiones exteriores de la galaxia la velocidad orbital permanece constante (entre 200-250 Km /seg), sin disminuir como cabría esperar si la masa del sistema galáctico estuviera en gran parte concentrada en el centro (curva de rotación de tipo Kepleriano). Estas curvas de rotación sólo se pueden explicar admitiendo la existencia de materia adicional

invisible (no brillante), capaz de provocar el efecto gravitatorio necesario para mantener el material de una galaxia en rotación estable.

Esta materia oscura ¿de qué estaría formada?. Dos hipótesis principales se han aventurado para explicar las características de este tipo de materia. Por una parte podría ser materia bariónica ordinaria, es decir materia constituida por leptones, (electrones) y hadrones (neutrones, protones) constituidos estos últimos por quark, que en conjunto reciben el nombre de bariones, aunque incapaz de radiar energía para ser detectada, como ejemplos las enanas marrones, agujeros negros, planetas. Por otro lado, podría ser una materia más "esotérica" constituida por partículas predichas teóricamente, aunque no detectadas todavía (Axiones, VIMPs etc...).

Una de las razones por lo que es tan importante conocer la materia oscura, es debido a la necesidad de saber la cantidad total de materia existente en el Universo, afín de determinar el destino del mismo, o dicho de otro modo, conocer a ciencia cierta si el Universo seguirá en expansión indefinidamente o por el contrario si se detendrá un "día" en su expansión, produciéndose eso que llaman el "Big Crunch".

Sea lo que fuere la materia oscura, lo cierto es que no sabemos aún dónde se halla exactamente, ni cuales son sus propiedades, es una pregunta hoy por hoy sin respuesta, que abre un camino fascinante a todos los amantes de este gran misterio que nos trajo aquí, el Cosmos.

95ª.-¿Es posible viajar a una velocidad superior a la de la Luz?

Según la Teoría Especial de la Relatividad de Einstein, formulada en 1905, la velocidad de la luz (300.000 Km/s), es la máxima a la que se pueden viajar en nuestro Universo. Para variar la velocidad de movimiento de un objeto material (acelerarlo), se requiere cierta cantidad de energía. Cuanto más masivo es un cuerpo mayor es la energía requerida. Uno de los fenómenos predichos por la Teoría Especial de la Relatividad, es que un cuerpo incrementa su masa inercial al incrementar su velocidad. Así, a medida que un cuerpo acelera aumentando lentamente su velocidad, sufre este conocido efecto relativista, a más velocidad el cuerpo tiene más masa inercial y por lo tanto necesita cada vez más energía para poder cambiar su velocidad. Al aproximarse a la velocidad de la luz, la energía requerida para proporcionar un incremento ulterior de velocidad sería infinita, siendo por lo tanto una velocidad límite, a la que sólo viajan las partículas que no tienen masa inercial, aunque sí energía como los fotones de luz y demás ondas electromagnéticas. Para poder viajar a la velocidad de la luz hay que pasar de ser un objeto con masa a ser un objeto de energía pura.

Una manera de entender este límite de velocidad, es utilizar una analogía con la barrera del sonido. Las ondas sonoras viajan a 340 m/s, cualquier objeto material que vaya a mayor velocidad que ésta, puede atravesar la barrera del sonido y dejar las ondas sonoras detrás suyo. En el caso de la luz, la situación es diferente, los átomos de cualquier objeto se mantienen unidos por medio de interacciones electromagnéticas que, como hemos dicho viajan a la velocidad de la luz. Si un objeto material se moviera a mayor velocidad que la luz, dejaría atrás las interacciones que le permiten su estabilidad física, por lo que se podría imaginar que se desintegraría. En el caso de la barrera del sonido esto no ocurre porque el objeto que rompe dicha barrera, no está hecho de ondas sonoras sino de materia.

Esta velocidad es una barrera al intento del hombre a realizar viajes interestelares, debido a las inmensas distancias cósmicas. Esperamos que la imaginación creadora del hombre (quizás en una intuición iluminada del lector), sea capaz de encontrar una escapatoria a esta seria limitación.

96ª.-¿Los objetos celestes que vemos en el cielo se corresponden en realidad tal como son en el momento presente?

Es una buena pregunta, realmente nuestra mirada al Universo es una mirada hacia el pasado. La luz que recibimos del Sol ha tardado 8 minutos en llegar hasta nosotros mientras que la de Sirio 9 años y Alnilam supera los 1200 años luz. En principio, esto no parece tener mucha importancia porque las estrellas proseguirán de la misma manera durante muchísimos años más. Pero aunque una estrella ya desaparecida (haya dejado de brillar) para su momento presente, sin embargo la luz emitida desde su pasado nos llega a nuestro ahora presente, no dejaría de existir, ciertamente para nosotros. Es verdaderamente una imagen del pasado pero "real".

La luz que recibimos hoy de la Galaxia de Andrómeda (de las más cercanas) ha tardado 2 millones de años en llegar hasta la Tierra, fue emitida por consiguiente en la época que los primeros antepasados del hombre andaban erguidos sobre la Tierra.

Algunos Quasars se hallan a miles de millones de años luz de distancia lo que permite con su estudio remontarnos al Universo primitivo. Además hay que tener en cuenta que la radiación de fondo de microondas nos permite ver el Universo cuando era muy joven con tan solo 300.000 años después de la Gran Explosión.

97ª.-¿Se puede viajar a través del tiempo?

Entramos en el escabroso terreno de la Física teórica, y de las paradojas filosóficas. En principio, esta pregunta puede plantearse aunque está muy lejos de nuestra técnica y conocimientos actuales. Sabemos por la Teoría de la Relatividad Especial, que a velocidades próximas a la velocidad de la luz, el tiempo "se dilata". Todos los procesos cíclicos dinámicos, que sirven para medir "el paso" del tiempo - un reloj mecánico o el ritmo cardiaco del corazón - se

ralentizan cerca esta velocidad, vistos por supuesto desde la perspectiva de un observador estacionario o en reposo. La famosa paradoja de los gemelos da cuenta de este hecho.

Supongamos que un hipotético viajero del futuro pudiera acelerar su vehículo hasta velocidades cercanas a la de la luz, habiendo dejado a su hermano gemelo en la Tierra, después de cierto "tiempo", cuando el viajero espacial volviera a la Tierra, se encontraría más joven que su hermano, para uno habría pasado más lentamente el tiempo que para el otro. De alguna manera, esto sería un viaje hacia el futuro, pues permitiría llegar a épocas que nos estarían prohibidas de conocer si nos mantenemos a velocidades bajas comparadas con la de la luz. Otra cuestión es el viaje hacia el pasado. Aunque parece que no hay ningún impedimento en las leyes físicas tal cual las conocemos hoy, para realizar este viaje, se plantean sin embargo una serie de paradojas filosóficas de difícil solución. Así, debemos preguntarnos si la Naturaleza estaría dispuesta a permitir que el hombre pudiera impedir por ejemplo, su propio nacimiento en el caso de poder remontarse a un tiempo de supongamos dos millones de años, cuando los ancestros del hombre daban sus primeros pasos.

Una vía de escape a esta paradoja, ha sido propuesta dentro del marco de la denominada cosmología cuántica. Esta conjuga la Teoría de la Relatividad General de Einstein, con la Mecánica Cuántica. La existencia de bucles cerrados en el tiempo (CTC) no estaría prohibida por la Relatividad General, la cual concibe el espacio-tiempo como un "tejido" que se puede estirar y curvar; la cantidad de este estiramiento depende del contenido material, si este fuera lo suficientemente grande se podría conectar teóricamente el llamado cono del pasado de un suceso con el cono del futuro de otro suceso, creándose así un CTC, pudiéndose de esta manera inmiscuirse desde el futuro al pasado, este no sería el pasado del mismo universo en el que el supuesto viajero espacial fue engendrado sino el pasado de otro paralelo, que se diferencia en muy poco de su vecino. Tal vez, haya otras dimensiones desconocidas y que se dan paralelamente a nuestra existencia, todo lo que sabemos ahora es que materia, espacio y tiempo son inseparables y que la modificación de cualquiera de ellos cambia la naturaleza de los demás.

Momentáneamente todo esto no es sino una pura especulación teórica, que surge del anhelo humano de trascender nuestras limitaciones espacio-temporales actuales.

98ª.-¿Qué es un Planetario?

Un planetario es un instrumento científico que proyecta la imagen del cielo nocturno y fenómenos astronómicos en el interior de una cúpula. Los planetarios son de enorme importancia en la difusión y en la enseñanza de los fenómenos estelares así como simuladores de eventos o proyectos espaciales. Un planetario por ejemplo, puede simular el nacimiento y muerte del Sol o de una estrella sin necesidad de esperar los largos períodos de tiempo que exigiría su observación directa, o mantener fija una imagen del firmamento todo el tiempo deseado sin estar limitado al período de visibilidad de dicho objeto.

Con el auge de la Astronomía, la astrofísica y demás ciencias del espacio los planetarios demuestran ser de una gran utilidad pública y por ello son considerados como de interés social y cultural. Por lo general tienen además de la sala de proyección, salas de videos, de exposiciones, así como telescopios para aficionados a la observación del firmamento y de los eventos celestes.

Los Planetarios existentes en la actualidad suelen ser de dos tipos. Uno de bóvedas muy grandes y de mucho aforo que tienden hacia la espectacularidad de sucesos estelares, mientras que el otro tipo más pequeño incide más en la enseñanza didáctica y de interacción directa con los estudiantes y público en general.

99ª.-¿Qué descubrimientos han acelerado la ciencia de la Astronomía?

En el año 585 antes de Cristo, el primer filósofo griego Tales de Mileto, fue capaz de predecir un eclipse de Sol, lo que constituye una hazaña para esa época, pero ya mucho antes los sumerios, egipcios, chinos, caldeos y babilonios disponían de calendarios precisos tanto lunares como solares. También los círculos megalíticos de Stonehenge en Inglaterra que data del año 2500 antes de Cristo demuestran importantes descubrimientos astronómicos.

Veamos algunos de ellos a través de la historia:

Descubrimiento	Autor	Fecha
Primera medición del perímetro terrestre.	Aristóteles	350 a.C
Giro de la Tierra en 24 h	Heráclito	312
La Tierra gira alrededor del Sol y ensayo de la distancia a la Luna	Aristarco	281
Primera aparición registrada del cometa Halley		239
Perímetro de la Tierra	Arquímedes	212
Mide la Tierra con un error del 0,2%	Eratóstenes	192
La precesión de los equinoccios y catálogo de mas de 1000 estrellas	Hiparco	127
Aplicación de la precesión (estrella de Belén)	Reyes Magos	6
El Almagesto, tratado de astronomía.	Ptolomeo	150 d.C
Registro de la supernova del Toro	Chinos	1054
Revolución y órbitas celestiales	Copérnico	1543
Descubrimiento de una Nova en Cassiopeia	Tycho Brahe	1572
Estudio de la estrella variable Mira	Fabricius	1596
Astronomía Nueva (dos primeras leyes)	Kepler	1605
Catalejo	Lippershey	1609
Descubrimiento de los satélites de Júpiter, fases de Venus y montañas de la Luna así como separación de estrellas en la Vía		

Láctea.	Galileo	1610	
Descubrimientos de manchas en el Sol	Fabrizius		
	Galileo		
	Scheiner	1611	
Mundo armónico (3ª ley)	Kepler	1619	
Publicación del diálogo (sistema del mundo)	Galileo	1632	
Los anillos de Saturno. Titán.	Huygens	1655	
La gran mancha de Júpiter	Cassini	1665	
Las leyes de la gravedad	Newton	1666	
Telescopio con espejo	Newton	1668	
Descubrimiento de la división de los anillos de Saturno	Cassini	1675	
Velocidad de la luz	Römer	1676	
Anuncio de la vuelta del cometa Halley para el año 1759	Halley	1705	
La aberración de la luz	Bradley	1727	
Descubrimiento de Urano	Herschel	1781	
Catálogo de Nebulosas y Cúmulos	Messier	1781	
El origen del sistema solar	Laplace	1784	
Densidad de la Tierra	Cavendish	1798	
Descubrimiento de Ceres (primer asteroide)	Piazzi	1801	
Espectro solar	Wollaston	1802	
Partículas de materia. Átomos.	Dalton	1810	
Descubrimiento de rayas negras en el espectro solar.	Fraunhofer	1814	
Distancia a la estrella 61 del Cisne	Bessel	1838	
Descubrimiento de Neptuno	J.G.Galle	1846	
Rotación de la Tierra por el péndulo	Foucault	1851	
Análisis espectral de las estrellas	Huggins	1864	
Espectros de protuberancias salares	Janssen	1868	
Ecuaciones de electricidad y magnetismo	Maxwell	1870	
Los "canales" de Marte	Schiaparelli	1877	
Descubrimiento de Fobos y Deimos	Asaph Hall	1877	
Ley de la conservación de la energía	Herrmann	1877	
Ondas de radio	Hertz	1888	
Se descubren las primeras estrellas dobles espectroscópicas a partir del efecto Doppler	Vogel y Pickering	1889	
Los rayos X	Roentgen	1900	
Los rayos Gamma	Villard	1900	
Corrientes de las estrellas	Kapteyn	1904	
Teoría de la relatividad	Einstein	1905	
Descubrimiento de la relación periodo-luminosidad en las estrellas ceféidas	H.S. Leavitt	1908	
Campo magnético y manchas del Sol	Hale	1909	
Desplazamiento al rojo de las Galaxias	Slipher	1912	
Diagrama para la clasificación de las estrellas	Russel	1913	
Teoría de la relatividad generalizada	Einstein	1916	
Nebulosas extra galácticas	Hubble	1923	

La Nube de cometas	Oort	1927
Universo en expansión	Lemaître	1927
Descubrimiento de Plutón	Tombaugh	1930
Nace la radioastronomía.	Guthe	1931
Energía solar. Carbono-Nitrógeno.	Bethe	1938
Propiedades de una estrella de neutrones	Oppenheimer	1939
Población estelar I y II	Baade	1944
El telescopio de Monte Palomar de 5,08 m	USA	1948
Cinturón de radiación en la Tierra	Van Allen	1957
La cara oculta de la Luna	U.R.R.S.	1959
Descubrimiento del primer Cuasar	Schmidt	1963
Sonda Mariner 4 fotografía Marte	USA	1965
Descubrimiento de los Pulsars		1968
Alunizaje tripulado. Apolo.		1969
Agujeros negros en "explosión"	Hawking	1973
Telescopio de Zelentchouk de 6 m	U.R.R.S.	1974
Muestras del suelo marciano	USA	1976
Telescopio espacial Hubbel		1990
La Nave Mars Pathfinder en Marte		1997

100ª.- ¿De donde surgen las leyes de la Naturaleza?

Hasta ahora, esta es una pregunta sin respuesta que nos acerca a la filosofía y a la religión. La ciencia intenta comprender el mundo partiendo de los hechos observables y construyendo teorías sobre una base matemática, y que tratan de explicar los diversos fenómenos que acontecen en la Naturaleza. Esta empresa tiene un componente objetivo y universal. La Religión por su parte, junto con la filosofía tratan sobre el aspecto trascendente de la vida humana. La frase: "Lo creo porque lo veo" se puede invertir: "lo veo porque lo creo". La teoría científica del Big Bang, con su idea de un comienzo del Universo en el espacio y el tiempo se parece mucho a las ideas del Génesis bíblico y de otras religiones cuando hablan de que al principio fue el caos, hágase la luz, o las aguas primordiales.

La Ciencia, como decíamos se ocupa de los hechos "tangibles" y sabe que las leyes físicas son iguales en todas partes, comprueba que obedecen a unas reglas matemáticas muy precisas, ya sea en este planeta o en una galaxia distante cualquiera. El descubrimiento de este "código cósmico", ha producido y produce un gran asombro que se traduce en las palabras de Albert Einstein: "lo más incomprensible del Universo es que sea comprensible". Ahora bien, ¿de dónde surge este código? Nuestras intuiciones más hondas nos conducen a la creencia en la existencia de una Inteligencia trascendente (Deidad), de la cual han surgido estas leyes. Por ello, la Ciencia no niega la existencia de Dios (aunque haya quien así lo crea), o de alguna fuerza desconocida a partir de la cuál, surgen todas las demás. La Ciencia construida sobre los cimientos de la razón, no puede probar ni la existencia ni la inexistencia de Dios, al llegar a la frontera del Big Bang se queda sin respuestas, la religión por su parte apela a la fe y dirá que es obra de Dios, de manera, que ninguna de las dos nos explica de manera satisfactoria, cuál es el origen último de las cosas, el propósito y el papel de la vida en general y del hombre en particular, quedan como asuntos pendientes de primordial importancia. Esto se traduce en una falta de identidad y de significado esencial que confunde los avatares diarios de nuestras vidas.

A lo largo de la historia, civilización tras civilización y cultura tras cultura, esta inquietud se plasma en monumentos y templos consagrados a la observación de los astros y todos tienen algo místico o trascendente en todo ello.

¿Será posible algún día, en el sendero de la evolución del ser humano, y con ello el desarrollo de la ciencia y de la religión, "ir más allá" y dar respuesta a estas preguntas?. ¿Será tal vez, de una naturaleza tal, que no sea perceptible con la razón común y llegue paulatina y únicamente como una revelación espiritual interior e individual y, que no pueda transmitirse con palabras? Quizás debamos recordar el poema del principio :

Aunque estamos distantes, tierra adentro.....

FIGURAS

Número Contenido

- 1 Escala cósmica
Combinación y adaptación del libro FA y del libro IA.
- 2 Posibles modelos de expansión del Universo
Adaptación de un dibujo del Proyecto Team/A.I
http://www.astro.ucla.edu/~wright/cosmo_03.htm
- 3 Modelos geométricos de evolución del Universo
Adaptado a partir de una figura de FA
- 4 Cielo oscuro y cielo brillante
Adaptación de <http://www.newtonphysics.on.ca/COSMIC/Cosmic.html#top>
- 5 Movimiento de las Galaxias y cúmulos cercanos
Adaptación de un dibujo del libro The Cosmic Journey disponible On-
line en la dirección de INTERNET:
<http://beast.as.arizona.edu/textbook/chapter27.html>. Figure 27.9
- 6 El espectro electromagnético
Adaptación de la figura una figura del Documento "Acerca de la
temperatura" disponible en el sitio Web: [http:// www.ucar.edu/
staff/blynds/acerca.html](http://www.ucar.edu/staff/blynds/acerca.html) y la figura del espectro del libro PA.

- 7 **Radiotelescopio**
Adaptación de la figura del libro FA
- 8 **Espectro de emisión de varios elementos**
Adaptación de la figura presente en el reverso de la portada del libro de Linus Pauling (1988)
GENERAL CHEMISTRY. Dover Publication New York
- 9 **Diagrama de H-R**
- 10 **El efecto Dopler**
Los autores
- 11 **Paralaje**
Adaptación del la figura del libro FA.
- 12 **Posición de la estrella Delta-Cefeo u su curva de luz**
Los autores
- 12b **Diagrama de estrellas indicadores.**
Los autores y adaptación de un dibujo de Astronomía. El Universo en tus manos.1999. Ediciones Orbis. S.A.
- 13 **La ley de los cuadrados inversos**
Adaptación de una figura del libro FA
- 14 **Historia de las "imágenes del átomo"**
Adaptación de una figura del libro UI.
- 15 **Algunas clases de átomos**
Adaptación de una figura del libro PAC
- 16 **Posición de la Galaxia de Andrómeda**
Los autores
- 17 **Clasificación Hubbell de las galaxias**
Adaptación de una figura del libro DIAA.
- 18 **Algunas galaxias del Cúmulo Local**
Adaptación de una figura del libro HNU.
- 19 **Vía lactea**
Adaptación de Una figura del la revista National Geograph-Edición española Vol 5 Nº 4
- 20 **Las Pléyades vistas con prismáticos**
Los autores.
- 21 **Posición de M13 en Hércules**
Los autores.
- 22 **Posición de la Nebulosa de Orión**
Los autores.

- 23 **Posición de la Nebulosa planetaria anular de la Lira**
Los autores.
- 24 **El ciclo protón-protón**
Adaptación de la figura del capítulo **Astrophysics and Cosmology** del Libro **Modern Physics** de Paul A. Tipler y Ralph A. Llewellyn. Third Edition W. H. Freeman and Company disponible en el sitio Web:www.whfreeman.com/physics.
- 25 **El equilibrio hidrostático**
Adaptación de una figura del libro FA.
- 26 **Ondas de choque para la formación de estrellas**
Adaptación de una figura del libro FA.
- 27 **Esquema básico de una protoestrella**
Adaptación de una figura del libro **The Cosmic Journey** disponible en el sitio Web <http://beast.as.arizona.edu/textbook/chapter.html>.
- 28 **Estructura básica del Sol**
Los autores.
- 29 **Erupción solar**
Adaptación de una fotografía tomada por el satélite SOHO. La dirección en la Web del satélite SOHO es :
<http://sohowww.nascom.nasa.gov/>
- 30 **Magnetosfera planetaria desviando el flujo del viento solar**
Los autores
- 31 **Espectro de emisión del Sol**
Adaptación de la figura del capítulo **Astrophysics and Cosmology** del Libro **Modern Physics** de Paul A. Tipler y Ralph A. Llewellyn. Third Edition W. H. Freeman and Company disponible en el sitio Web:www.whfreeman.com/physics.
- 32 **Evolución estelar**
Los autores, inspirada en una figura del sitio Web:
<http://plabpc.csustan.edu/astro/stars/stars.htm>
- 33 **Mecanismo que conduce a la explosión de una Nova**
Adaptación de la figura del libro AA.
- 34 **Posición del remanente de supernova del Cangrejo**
Los autores
- 35 **Pulsars**
Adaptación de una figura del libro PAC.

- 36 El hombre, un eslabón entre lo pequeño y lo grande
Los autores. Inspirada en una figura del Libro CC.
- 37 Dimensiones comparadas en la evolución estelar
Adaptación de una figura del libro IA.
- 38 Campo de gravedad y curvatura del espacio-tiempo
Adaptación de una figura del libro DIAA
- 39 Esquema de un agujero negro
Adaptación de una figura del artículo hep-th/9409195 Classical
Theory de Stephen. W. Hawking. Disponible en el sitio Web :
<http://xxx.lanl.gov>
- 40 Posición del Supuesto agujero negro en la constelación del Cisne X1
Los autores
- 41 Posición de la estrella variable Algol
Los autores.
- 42 Curva de luz
Adaptación de una figura del libro FA.
- 43 Posición de la estrella variable Mira
Los autores.
- 44 Algunas de las estrellas más próximas a la Tierra
Adaptación de una figura del Handbook of Space Astronomy and
Astrophysics. Cambridge University Press. Disponible en la Red:
<http://adswww.harvard.edu/books/hsaa/toc.html>.
- 45 Posición de la estrella Maaz (Cochero)
Los autores.
- 46 Diámetro comparado de algunas de las estrellas más grandes
Adaptación de una figura de IA
- 47 Estrellas enanas marrones
Adaptación de la figura del sitio Web:<http://www.amsci.org/amsci/articles/97articles/martincap2.html>
- 48 Prueba tu vista
Adaptado del libro PE.
- 49 Diagrama de magnitudes aparentes
Adaptación de una figura del libro FA.
- 50 Las estrellas más brillantes
Adaptación del mapa de Tomas J. Filsinger
- 51 Mapa de todo el cielo
Los autores
- 52 Posición de la Constelación Cruz del Sur
Los autores

- 53 **Movimiento de las estrellas de la Osa Mayor**
Adaptación de una figura del libro IA
- 54 **Posición del Triángulo de Verano**
Los autores
- 55 **El Zodíaco de las Constelaciones**
Los autores
- 55-2 **Calendarios astronómico-astroológico**
Los autores (S.J)
- 56 **La Precesión de los Equinoccios**
Adaptación de una figura del libro HCM
- 57 **Desplazamiento el eje polar**
Los autores
- 58 **El misterio de la estrella de Belen**
Los autores
- 59 **Coordenadas celestes básicas**
Adaptación de una figura del libro DIA
- 60 **Tiempo solar y sidereal**
Adaptación de una figura del libro FA.
- 61 **Las leyes de Kepler**
<http://www-spof.gsfc.nasa.gov/stargaze/Skeplaws.htm>
- 62 **Mapa del territorio solar**
Los autores a partir de una figura de la dirección Web:
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>
- 63 **Angulos de los Planetas**
Los autores.
- 64 **Disco protoplanetario**
Los autores. Inspirada de una figura del Libro The Cosmic Journey.
- 65 **Ecozona. Zonas habitables**
- 66 **Diagrama de Planetas extrasolares**
- 67 **Mensaje a las estrellas**
Adaptación de una figura del libro de UI.
- 68 **Composición básica de la Tierra**
Los autores.
- 69. **Epocas geológicas**
Adaptación de una figura del libro FA

- 70 **La doble hélice del ADN**
Adaptación de una figura del Libro GG.
- 71 **Los mares de la Luna**
Los autores
- 72 **Las fases de la Luna**
Los autores.
- 73 **Satélites coorbitales**
Los autores.
- 74 **Eclipses**
Los autores.
- 75 **Inclinación de la órbita lunar**
Los autores. Adaptación de una figura del Documento Astronomía sin Telescopio disponible en la URL
<http://www.bc.cc.ca.us/programs/sea/astronomy/book.htm>
- 76 **Las estaciones**
Los autores.
- 77 **Solsticios y Equinoccios**
Adaptación de una figura del libro TSK
- 78 **El arco iris**
Inspirada en una figura del Libro Física de Paul Tipler.
- 79 **Climas del mundo**
Adaptación del Atlas de Geografía Universal VOX
- 80 **El polvo atmosférico**
Adaptación de una figura del documento disponible en:
<http://www.astro.soton.ac.uk/PH308/techniques.html>
- 81 **La escala y conversión de los grados Kelvin**
Adaptación de una figura del libro FA.
- 82 **Los cometas y sus órbitas**
Adaptación del libro IA.
- 83 **Asteroides Apolo y Troyanos**
Los autores.
- 84 **Dibujos para registro en la observación**
Adaptación de una figura del libro IAA.
- 85 **Gemelos binoculares**
Adaptación de una figura de MAA.
- 86 **Tipos de telescopios**
Adaptación de una figura del libro MAA.

- 87 **Montura ecuatorial**
Adaptación de una figura del libro MAA.
- 88 **Estructura de un observatorio de aficionados**
Adaptación de una figura del libro MAA.
- 89 **Dibujo artístico del HST**
Los autores. A partir de fotos aparecidas en diversos medios de Prensa Nacional.
- 90 **Dibujo artístico de la sonda Lunar Prospector** Los autores.
- 91 **Orbita polar y geoestacionarias**
Los autores.
- 92 **Dibujo y fórmula para escapar de la órbita terrestre**
Adaptación de una figura del libro FA.
- 93 **Dibujo artístico de la Lanzadera espacial**
Los autores. A partir de fotografías de la Prensa Nacional.
- 94 **La colonización de Marte**
Adaptación de una figura del libro CE.
- 95 **Las fases de Venus**
Adaptación de una figura del libro HCM.
- 96 **Los anillos de Saturno**
Los autores. A partir de una figura del libro GCEP.
- 97 **Estructura de Júpiter**
Los autores. A partir de una figura del libro GCEP.
- 98 **Los anillos de Urano**
Los autores.
- 99 **Chaparrón de rayos cósmicos**
Adaptación de dos figuras del Documento disponible en la dirección
Web:<http://www-hfm.mpi-hd.mpg.de/ChLight/Showers.html>
<http://www-hfm.mphd.mpg.de/ChLight/ShowerDetection.html>
- 100 **La extinción de los dinosaurios**
Adaptación del dibujo de E. Molina (Universidad de Zaragoza)
- 101 **Curva de rotación de las galaxias**
- 102 **Fondo de radiación cósmica**
Adaptación de una figura del libro FA.

- 103 Los retrocesos de Marte representados en un Planetario
Los autores.
- 104 El monumento de Heelstone, el templo mayor de Tenochtitlán y el
observatorio solar del Teide
Los autores.

Bibliografía

Libros de Texto Utilizados en esta Obra.

1. Michael A. Seeds. Fundamentos de Astronomía. 1989. Ediciones Omega S.A. Barcelona. (FA)
2. Colin Ronan Consultan Editor. Amateur Astronomy: a comprehensive and practical survey 1984. Newnes Book. Abreviatura para este libro (AA).
3. Hubert Reeves. 1982. Paciencia en el azul del Cielo. Ediciones Juan Crenica S.A. Barcelona (PAC)
4. Jean Lacroux. 1987. Iniciación a la Astronomía. 1987. Ediciones Omega S.A. Barcelona (IA)
5. Linus Pauling. General Chemistry. 1970. Rpt New York: Dover. 1988. (GC)
6. Ian Ridpath. Diccionario Ilustrado de la Astronomía y Astronáutica. 1987. Editorial Everest. León. (DIAA)
7. Colin A. Ronan. Historia Natural del Universo. 1992. Ediciones El Prado. Madrid. (HNU)
8. Gran enciclopedia de bolsillo. ESPACIO.1995. Editorial Molino Barcelona. (GEB).
9. Colin A. Ronan. 1985. Manual del Astrónomo Aficionado. Circulo de Lectores, Editorial Everest S. A. León. (MAA)
10. Geoffrey Cornelius. 1988. Manual de los Cielos y sus Mitos. 1988. Editorial Blume Barcelona. (MCM).
11. E. C. Krupp. 1989. En Busca de las Antiguas Astronomías. Ediciones Pirámide S.A. Madrid. (BAA)
12. Willian K. Hartmann, Ron Miller & Pamela Lee. De la Cuna al Espacio. 1987. Editorial Planeta. Barcelona (DCE)
13. Juan José Fortea-Laguna. En el Umbral de la Inteligencia. 1987. Ediciones Plaza & Janes. Barcelona. (UI)

14. George Greenstein. La estrella Congelada. 1988. Editorial Fondo de Cultura Económico. México. (EC).
15. Donald H. Menzel & Jay M. Pasachoff. Guía de Campo de las estrellas y los planetas. 1990. Ediciones Omega S.A. Barcelona. (GCEP)
16. Maxine Singer & Paul Berg. Genes and Genomes. 1991. University Science Book. (GG).
17. Charles Johnson. Los Yoga Sutras de Patangali. 1975. Editorial Orión. México.
18. Wagoner/Goldsmith. Horizontes Cósmicos: comprenda el Universo. 1985. Editorial Labor S.A. (HC).

19. Jayant Narlikar. La estructura del Universo. 1987. Editorial Alianza Editorial. Madrid.
20. Stephen W. Hawking. Historia del Tiempo: del Big Bang a los agujeros negros. 1993. Editorial RBA editores S.A. Barcelona.
21. Steven Weinberg. Los tres primeros minutos del universo. 1984. Alianza Editorial S.A.
22. Milton, D. Heifetz & Wil Tirion. 1988. Un paseo por las estrellas. Cambridge University Press. (PPP).
23. Fred Holey. 1983. El Universo Inteligente. Ediciones Grijalbo S. A. Barcelona. UI.
24. John Gribbin y Martin Rees. 1991. Coincidencias Cósmicas: materia oscura, especie humana y cosmología antrópica. Ediciones Piramide S. A. Madrid.
25. Richard Dawkins. 1993. El Gen Egoista: Las bases biológicas de nuestra conducta. Biblioteca Científica Salvat. Barcelona
26. Thomas S. Kuhn. 1996. La revolución copernicana. La astronomía planetaria en el desarrollo en el pensamiento. Ariel Filosofía. Editorial Ariel S.A. Barcelona

27. Henry Pagels. 1992. El código cósmico. Ediciones Pirámide S.A. Madrid

Direcciones útiles en INTERNET:

1. Nebulosas Planetarias:

HST:

<http://www.astro.washington.edu/balick/WFPC2/>

<http://oposite.stsci.edu/pubinfo/pr/97/pn/>

<http://oposite.stsci.edu/pubinfo/pr/97/38/astrofile1.html>

<http://oposite.stsci.edu/pubinfo/pr/97/38/astrofile2.html>

OTRAS:

<http://seds.lpl.arizona.edu/billa/twn/>

<http://www.seds.org/messier/planetar.html>

Lista de los catálogos más usuales en el estudio de los objetos del cielo Profundo.

2. Catálogos de Messier:

<http://www.seds.org/messier/xtra/supp/cats.html>

<http://www.seds.org/messier/xtra/similar/catalogs.html>

<http://www.seds.org/>

<http://www.seds.org/messier/data1.html>

<http://www.seds.org/messier/xtra/history/m-cat.html>

<http://www.seds.org/messier/indexes.html>

3. Catálogos NGC e IC:

<http://www.seds.org/messier/m-ref.html#hynes>

4. OTROS Catálogos:

<http://www.seds.org/messier/xtra/similar/similar.html>

RASC

<http://www.seds.org/messier/xtra/similar/rasc-dsc.html>

5. Galaxias con nombres propios:

<http://www.seds.org/messier/xtra/supp/rasc-g-n.html>

6. Historia del descubrimiento del Cielo Profundo:

<http://www.seds.org/messier/xtra/history/deepskyd.html>

<http://www.seds.org/messier/xtra/history/dis-tab.html>

<http://www.seds.org/messier/xtra/histlist/histlist.html>

7. Catálogo Hiparcos:

<http://astro.estec.esa.nl/Hipparcos/>

8. Compendios de Direcciones útiles en Astronomía y Astrofísica:

<http://webhead.com/WWWVL/Astronomy/astro.html>

-Cosmología Total:

http://www-cfa.harvard.edu/~jcohn/cos_news.html

9. Constelaciones:

<http://www.astro.wisc.edu/~dolan/constellations/extra/constellations.html>

<http://www.astro.wisc.edu/~dolan/constellations/constellations.html>

10. Direcciones totales de Ciencia:

<http://webglass.com/acavir/links/links.htm>

<http://www.links2go.com/topic/Fusion>

<http://webglass.com/acavir/links/links.htm>

11. Estrellas Variables:

Asociación Americana de Observadores de estrellas Variables: <http://www.aavso.org/>

Programas con distintos tipos de relojes: <http://www.winfiles.com/apps/98/clock.html>

Compendios de Direcciones útiles en Astronomía y Astrofísica:
<http://webhead.com/WWWVL/Astronomy/astro.html>

Unión Astronómica Internacional: <http://www.iau.org/>

12. Evolución estelar:
<http://plabpc.csustan.edu/astro/stars/stars.htm>

13. Supernovas:
<http://web.jet.es/drodrig/super.htm>
<http://rsd-www.nrl.navy.mil/7212/montes/sne.html>

14. Material Educativo:
NASA: <http://spacelink.nasa.gov/index.html>

15. Núcleo de Galaxias Activas (AGN):
<http://glast.gsfc.nasa.gov/GSD/contents.html>

16. Asociaciones Españolas de Astronomía:
Asociación Astronómica Madrid: <http://www.iac.es/AA/AAM/AAM.html>

17. Sociedades astronómicas internacionales
Unión Astronómica Internacional: <http://www.iau.org/>
Asociación Americana de astronomía: <http://www.aas.org/>
Sociedad Astronómica de Australia: http://www.atnf.csiro.au/pasa/15_1/walker/paper/