

UNA APROXIMACIÓN A LA ORGANIZACIÓN Y EVOLUCIÓN DE LAS ESTRELLAS

FRANCISCO SÁEZ PASTOR
Facultad de Ciencias de la Educación.
Universidad de Vigo

RESUMEN: El Universo no es estable ni permanente a pesar de su aparente quietud. Las estrellas, como elementos básicos del Universo, están sometidas a un proceso evolutivo. Nacen, tienen una existencia más o menos larga y mueren. En este proceso se producen los hechos más espectaculares e increíbles del Cosmos. Anteriormente a esta cuestión, se expone la organización, establecida por el hombre, de las estrellas y sus agrupaciones en constelaciones; entre éstas, se hace especial mención a las pertenecientes al Zodíaco, tan mal tratadas y tergiversadas por la especulación astrológica.

PALABRAS-CLAVE: Estrellas, magnitud, constelaciones, eclíptica, zodiaco, precesión, variable, cúmulos, nebulosas, gigantes rojas, enanas blancas, supernova, púlsares, agujeros negros.

ABSTRACT: Universe is not stable neither permanent in spite of its apparent quietness. Stars, as basic Universe elements, are under an evolutive process. Stars are born, exist for a period of time and they die. Cosmos most spectacular and incredible situations happen in this process. Before this question, the stars organization and agrupation in constellations established by man is exposed. Zodiac constellations are specially mentioned, which were badly treated and disorted by astrological speculation.

KEY WORDS: Stars, magnitude, constellations, ecliptic, zodiac, precession, variable, cluster, nebula, red giant, white dwarf, supernova, pulsar, black hole.

1. EL FIRMAMENTO

El término **firmamento** significa "cielo estrellado". En las noches oscuras, sin Luna y sin *contaminación lumínica* (las luces artificiales de las ciudades), puede observarse uno de los espectáculos más espléndidos y grandiosos de la Naturaleza: el cielo poblado de estrellas.

Existen estrellas de diferentes tamaños, diferente luminosidad y diferentes colores. Observando con detenimiento, pueden comprobarse las diferencias en los colores de las estrellas; van desde el rojo al azul pasando por el naranja, el amarillo y el blanco. En verano, a primeras horas de la noche, podemos observar encima de nosotros una estrella muy blanca y muy luminosa: es Vega, de la

constelación de la Lira; junto con otras dos estrellas, también muy luminosas, forma el conocido "triángulo del verano"; éstas son Deneb, de la constelación del Cisne, y Altair, del Águila.

Figura 1
Panorámica de la bóveda celeste



En la bóveda celeste pueden verse a simple vista unas 6.000 estrellas de los cien mil millones que tiene nuestra galaxia, la Vía Láctea. No se puede ver ninguna estrella individual perteneciente a otra galaxia.

La Vía Láctea tiene una forma aplanada, más gruesa por el centro; en la zona correspondiente a su plano, donde existe una acumulación mayor de estrellas, puede observarse una zona blanquecina (lechosa, de ahí su nombre), que atraviesa la bóveda celeste de lado a lado. Aunque es la zona de mayor concentración de estrellas, pocas de ellas se distinguen individualmente a simple vista.

La magnitud de una estrella se establece según su luminosidad, y siempre desde el punto de observación de la Tierra. Las estrellas de 1ª magnitud son 100 veces más brillantes que las de 6ª; que son, a la sazón, las de menor magnitud que se pueden observar sin aparatos ópticos, a simple vista. Cada magnitud es 2,512 veces menos luminosa que la anterior, como podemos apreciar en la siguiente tabla.

Cuadro 1
Magnitudes de luminosidad de las estrellas

1º magnitud	0			
2º "	2.512	veces	menos	luminosa
3º "	6.31	"	"	"
4º "	15.85	"	"	"
5º "	39.81	"	"	"
6º "	100.02	"	"	"

Los objetos astronómicos con luminosidad superior a 0 se les pone el signo negativo a su medida lumínica. Podemos encontrarnos con que Júpiter presenta a veces una magnitud de -2,6; Venus, de -4,3; y el Sol, tiene una magnitud de -26,9 durante el día.

La magnitud del Sol es la aparente; en cambio, su *magnitud real* —vista desde una distancia de 10 pársec o 30 años luz— es de tan sólo 4,3.

La estrella más luminosa del firmamento es Sirio, del Can Mayor, con -1,4 de magnitud; Vega, de la Lira, tiene 0,03.

Las estrellas se mencionan por letras del alfabeto griego, según estableció **Johann Bayer** (1595-1697). La más luminosa de cada constelación se designa con la primera letra, alfa, (α); la segunda más luminosa, con beta (β), y así sucesivamente. Al mencionar una estrella por su letra griega, se nombra también la constelación a la que pertenece, en el genitivo latino. Así, para mencionar a Vega, se dirá: *Alfa Lyrae*; o a Merak, del carro de la Osa Mayor, como *Alfa Ursae Maioris*.

Actualmente, las estrellas se catalogan de manera más técnica y funcional para los astrónomos, con letras y números, como por ejemplo, HD 20 17 84.

La distancia a las estrellas es enorme y muy diversa. La estrella más cercana a nuestro sistema solar es *Alfa Centauri*. Está situada a una distancia de 4 años y 3 meses luz. Como la luz se desplaza a 300.000 km/s, tendremos que un *año luz* mide 9.440.000.000.000 km. Para saber la distancia en kilómetros que nos separa de ella, tendremos que multiplicarla por 4,25.

La nave espacial más rápida creada por el hombre —unos 100.000 km/h—, tardaría en llegar a Alfa Centauri, la estrella más cercana a nosotros, ¡más de 45.000 años!

Por tanto, ese término coloquial que se utiliza para establecer algo lejano o distante “es de otra galaxia”, resulta excesivo, pues sería suficiente decir “de otra estrella”.

Nuestra galaxia tiene unas dimensiones de 100.000 años luz de diámetro por 16.000 de espesor en su zona más gruesa. Las *Nubes de Magallanes* —galaxias satélites de la nuestra— están a unos 170.000 años luz y la galaxia de Andrómeda, a 2.200.000 a/l.

La distancia a las estrellas se mide a través de la *paralaje*, puesto que utilizar kilómetros sería muy farragoso por los números tan altos que habría que utilizar. Tomando como referencia una estrella del fondo estelar, se puede apreciar el desplazamiento de una estrella más cercana con respecto a los, aproximadamente, 300.000 Km que supone el desplazamiento de la Tierra durante seis meses. Esto es, se tomarían referencias cada seis meses y se comprobaría el desplazamiento de la estrella que queremos medir.

Basados en la paralaje, y utilizando el método trigonométrico, se ha establecido otra unidad de distancia: aquella a la cual la paralaje estelar es igual a un segundo de arco ($1/3600^\circ$). Esta distancia se denomina *parsec*, de las palabras paralaje y segundo.

2. CONSTELACIONES

Las constelaciones son agrupaciones de estrellas en el cielo, con unas delimitaciones determinadas. Son como parcelas celestes establecidas convencionalmente por el hombre. Existen 88 constelaciones en toda la bóveda celeste. Llevan nombres según la imagen que creían ver los antiguos, y según su cultura. Muchos nombres vienen de la época de los griegos. Una gran parte de las constelaciones que hoy conocemos ya fueron catalogadas en el *Almagesto* de **Ptolomeo**. Algunas se mencionan en la Biblia y en obras de autores tan antiguos como **Homero**, **Hesíodo** o **Hiparco**. Por ese motivo la mayoría de las constelaciones del Hemisferio Norte tienen nombres correspondientes a la mitología griega.

Las constelaciones del Hemisferio Sur, que fueron establecidas durante los siglos XVII y XVIII, tienen otro tipo de nombres: Sextante, Microscopio, Jirafa, Unicornio, etc.

En 1930, la Unión Astronómica Internacional terminó de precisar los nombres de las 88 constelaciones tal como se conocen actualmente.

Cuadro 2

Las 88 constelaciones

Constelación	Nombre común	Abrev.	Constelación	Nombre común	Abrev.
Andrómeda	Andrómeda	AND	Lacerta	Lagarto	LAC
Antlia	Máquina Neumática	ANT	Leo	León	LEO
Apus	Ave del Paraíso	APS	Leo Minor	León Menor	L.MI
Aquarius	Acuario	AQR	Lepus	Liebre	LEP
Aquila	Águila	AQL	Libra	Balanza	LIB
Ara	Altar	ARA	Lupus	Lobo	LUP
Aries	Carnero	ARI	Lynx	Lince	LYN
Auriga	Cochero	AUR	Lyra	Lira	LYR
Bootes	Boyero	BOO	Mensa	Mesa	MEN
Caelum	Cinzel	CAE	Microscopium	Microscopio	MIC
Camelopardalis	Jirafa	CAM	Monoceros	Unicornio	MON
Cáncer	Cangrejo	CNC	Musca Australis	Mosca Austral	MUS
Canes Venatici	Perros de Caza	C.VN	Norma	Escuadra	NOR
Canis Maior	Can Mayor	C.MA	Octans	Octante	OCT
Canis Minor	Can Menor	C.MI	Ophiuchus	Serpentario	OPH
Capricornus	Capricornio	CAP	Orion	Cazador, Orión	ORI
Carina	Quilla	CAR	Pavo	Pavo Real	PAV
Cassiopeia	Casiopea	CAS	Pegasus	Pegaso	PEG
Centaurus	Centaurio	CEN	Perseus	Perseo	PER
Cepheus	Cefeo	CEP	Phoenix	Fénix	PHE
Cetus	Ballena	CET	Pictor	Caballote Pintor	PIC
Chamaeleon	Camaleón	CHA	Pisces	Peces	PSC
Circinus	Compás	CIR	Piscis Australis	Pez Austral	PS.A
Columba	Paloma	COL	Puppis	Popa (del Navío)	PUP
Coma Berenices	Cabellera Berenice	COM	Pyxis	Brújula	PYX
Corona Australis	Corona Austral	CR.A	Reticulum	Red	RET
Corona Borealis	Corona Boreal	CR.B	Sagitta	Flecha	SGE
Corvus	Cuervo	CRV	Sagittarius	Arquero, Sagitario	SGR
Crater	Copa	CRT	Scorpius	Escorpión	SCO
Crux Australis	Cruz del Sur	CRU	Sculptor	Escultor	SCL
Cygnus	Cisne	CYG	Scutum	Escudo	SCT
Delphinus	Delfín	DEL	Serpens	Serpiente	SER
Dorado	Carpa Dorada	DOR	Sextans	Sextante	SEX
Draco	Dragón	DRA	Taurus	Toro	TAU
Equuleus	Caballo Menor	EQU	Telescopium	Telescopio	TET
Eridanus	Río	ERI	Triangulum	Triángulo	TRI
Fornax	Horno	FOR	Triangulum Australis	Triángulo Austral	TR.A
Gemini	Gemelos	GEM	Tucana	Tucán	TUC
Grus	Grulla	GRU	Ursa Major	Osa Mayor	U.MA
Hercules	Hércules	HER	Ursa Minor	Osa Menor	U.MI
Horologium	Reloj	HOR	Vela	Velas (del Navío)	VEL
Hydra	Hidra	HAY	Virgo	Virgen	VIR
Hydrus	Hidra Macho	HYI	Volans	Pez Volador	VOL
Indus	Indio	IND	Vulpecula	Raposa, Zorra	VUL

En cada estación del año se ven constelaciones diferentes, si tomamos como referencia la misma hora de la noche y la misma latitud; van cambiando por efecto de la rotación de la Tierra y de su desplazamiento alrededor del Sol. Cada noche avanzan cuatro minutos. Al cabo de un mes, a la misma hora ya están otras constelaciones en el punto de referencia.

2.1. El Zodiaco

De las 88 constelaciones, varias de ellas están en la proyección de la *eclíptica*; franja de la bóveda celeste por donde aparentemente se desplaza el Sol, la Luna y los planetas. Dichas constelaciones pertenecen al *Zodiaco* ("ruta de los animales"). Son: *Aries, Taurus, Gémini, Cáncer, Leo, Virgo, Libra, Scorpius, Ophiucus, Sagitarius, Capricornus, Aquarius* y *Pisces*.

Durante un determinado periodo de tiempo, el Sol en su aparente recorrido por la eclíptica, atraviesa una de estas constelaciones. En esas fechas la constelación queda total o parcialmente ocultada a nuestra vista. Según la Astrología, las personas nacidas en ese tiempo pertenecen a la correspondiente constelación. Aunque actualmente el periodo de tiempo asignado a cada constelación ya no pertenece a la transitada por el Sol.

Debido a la *precesión de los equinoccios* se ha producido un retroceso del *punto aries* —punto imaginario donde se cortan el *ecuador celeste* y el plano de la eclíptica—. Dicho punto establece la entrada de la primavera.

Ese retroceso es de veinte minutos y veinticuatro segundos de tiempo, que corresponden a 50,25 segundos de arco anual. Al cabo de 2.150 años se habrán cubierto 30° de desplazamiento. En 25.800 años se habrá completará un ciclo completo de los 360° de la eclíptica.

Significa que el "punto aries" ya no está en Aries sino en Pisces. La primavera entra actualmente cuando el Sol lleva 7 días en Pisces.

La "precesión de los equinoccios", retroceso del "punto aries", está generada por un ligero balanceo de la Tierra, como consecuencia de la atracción gravitatoria que ejercen el Sol, la Luna y los planetas.

Es como una peonza cuando esta girando, además de rotar, se inclina ligeramente proyectando su mango una trayectoria cónica.

Dicho balance fue descubierto por **Hiparco** en el año 150 a. de C. Griego, y a la sazón, director de la Biblioteca de Alejandría, comprobó que se había producido un pequeño desplazamiento de las estrellas comparándolas con los mapas celestes hechos por los caldeos 3.000 años antes. Tuvo la finura de hallar ese movimiento de la Tierra a partir de dichas observaciones, en aquellos tiempos, sin aparatos de precisión como existen en la actualidad.

Las constelaciones del Zodiaco son 12, según la Astrología, y cubren una franja total de 360° en la bóveda celeste a razón de 30° por cada una. Ese cálculo podía ser válido antiguamente; pero ya no es así. La realidad es otra.

Las constelaciones de la Eclíptica son trece según la Unión Astronómica Internacional. La constelación *Ophiuchus* (El Serpentario) "invade" parte de la eclíptica entre Escorpio y Sagitario, de manera que el Sol está sólo siete días en Scorpius y dieciocho en Ophiuchus. Muchas personas nacen cuando el Sol transita por esta última constelación —del 27 de noviembre al 14 de diciembre—. ¿A qué signo del Zodiaco pertenecen, pues?

Cuadro 3

Constelaciones del Zodiaco

Constelación	Periodo de transición del Sol por la constelación	Nº de días	Fechas establecidas por la Astrología
Pisces	15 de marzo a 16 de abril	33	22 de febrero a 20 de marzo
Aries	17 de abril a 10 de mayo	24	21 de marzo a 20 de abril
Tauro	11 de mayo a 20 de junio	41	21 de abril a 20 de mayo
Gémini	21 de junio a 20 de julio	30	21 de mayo a 21 de junio
Cáncer	21 de julio a 11 de agosto	22	22 de junio a 22 de julio
Leo	12 de agosto a 14 de septiembre	34	23 de julio a 22 de agosto
Virgo	15 de septiembre a 26 de octubre	42	23 de agosto a 21 de septiembre
Libra	27 de octubre a 19 de noviembre	24	22 de septiemb. a 22 de octubre
Scorpius	20 de noviembre a 26 de noviembre	7	23 de octubre a 21 de noviembr.
Ophiucus	27 de noviembre a 14 de diciembre	18	-----
Sagitario	15 de diciembre a 20 de enero	37	22 de noviem a 22 de diciembre
Capricornus	21 de enero a 17 de febrero	28	23 de diciembre a 21 de enero
Acuarius	18 de febrero a 14 de marzo	25	22 de enero a 21 de febrero

La franja de la eclíptica tiene una anchura de 16° , y por ella pasan también la Luna y los planetas, como ya dijimos. Es el plano del Sistema Solar; su inclinación con el *ecuador celeste* —prolongación del ecuador en el espacio— forma un ángulo de $23^\circ 27'$.

La eclíptica tiene ese nombre porque en ella se producen los eclipses.

Nunca deberemos confundir la Astronomía, que es ciencia, con la Astrología, la cual es especulativa y no científica.

Siglos atrás, la astronomía y la astrología se confundían como pertenecientes a la misma disciplina. Fue **Kepler** (siglo XVII) el último astrónomo que combinó ambas prácticas. A partir de él, y precisamente gracias a él, la Astronomía se establece como disciplina científica. **Galileo** y **Newton**, continuarían la línea científica, separada ya de la especulación astrológica.

2.2. Constelaciones más destacables, mes a mes

Enumeraremos las características y la mitología más destacables de las principales constelaciones visibles desde nuestras latitudes y siguiendo la secuencia temporal de su mejor observación en torno a la media noche, de enero a diciembre.

2.2.1. Enero

Orión.— Suele considerársele con forma de un cazador, un gigante o un guerrero. En los antiguos mapas celestes se le representa enarbolando una maza y un escudo para protegerse del embiste de su vecino, Taurus.

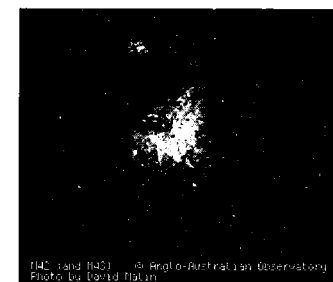
Según la mitología griega, Orión era hijo de Poseidón. Murió por las picaduras de un escorpión para castigar su presunción. Por petición de su amante, Artemis, fue situado en el cielo de modo que desaparece por el horizonte del oeste al tiempo que su contrincante, Escorpio, sale por el horizonte opuesto, el este.

Constelación muy luminosa, con dos estrellas de 1ª magnitud, *Betelgeuse* (gigante roja) y *Rigel* (gigante azul) más una nebulosa que se ve a simple vista, donde están naciendo estrellas. En su interior, con la ayuda de un telescopio, pueden apreciarse cuatro

estrellas recién nacidas, conocidas como el *trapecio*. También se encuentra una nebulosa opaca, de absorción de luz, llamada la *cabeza del caballo*, visible solamente en placas fotográficas tras horas de exposición.

Figura 2

La nebulosa de Orión
(tomada de www.astrored.org).



Por su cinturón —compuesto de tres estrellas en línea llamadas las *Tres Marías*— pasa el ecuador celeste. El Sol se encuentra precisamente en el brazo galáctico de Orión.

Auriga.— El cochero; tiene forma pentagonal y representa a un hombre que conduce un carro de guerra. Se trata de Erictonio, un rey cojo de Atenas, que inventó el carro tirado por cuatro caballos.

Posee una de las estrellas más brillantes del firmamento: *Capella*, con 0,1 de magnitud. Su nombre procede del latín y significa “pequeña cabra”, puesto que el auriga llevaba una cabra en su hombro. *Capella* es una *binaria espectroscópica*, compuesta de dos gigantes amarillas. Tan cerca están la una de la otra que solamente a través del análisis de su luz, con aparato espectroscópico, pueden diferenciarse.

2.2.2. Febrero

Gemini.— Contiene dos estrellas muy brillantes: *Pólux* y *Castor*, con una magnitud de 1,1 y 1,6 respectivamente. Representan las cabezas de los gemelos de la mitología griega de los mismos nombres. Según la leyenda, su madre era Leda, reina de Esparta, pero eran de distinto padre. Castor fue hijo del marido de Leda, el

rey Tíndaro; mientras que Póllux era hijo del dios Zeus, el cual sedujo a Leda adoptando la forma de un cisne. Los gemelos pertenecían a la expedición de los Argonautas, que buscaban el Vello de Oro. Al morir, Zeus les situó en el cielo. Eran considerados los santos patrones de los marinos y les invocaban cuando corrían peligro.

Canis Maior.— Se encuentra cercana a la constelación de Orión. Le acompaña otra constelación llamada **Canis Minor**. A las dos se les considera como los perros de caza que siguen a Orión.

En el Can Mayor se encuentra *Alpha Canis Majoris* la estrella más brillante de toda la bóveda celeste: *Sirio*, con una magnitud de $-1,5$. Su nombre procede del griego y significa “abrasador”, pues consideraban que era una fuente de calor. Tiene una compañera — *enana blanca*— que se la conoce como “el cachorro”. En el Can Menor se encuentra otra estrella de 1ª magnitud: *Proción*.

2.2.3. Marzo

Leo.— Es una de las pocas constelaciones que resulta fácil deducir lo que indica su nombre e imaginárselo: el león. Según la leyenda es el león que mató Hércules al realizar sus doce tareas.

Su estrella más brillante es *Régulus*, que significa “pequeño rey”. Tiene una magnitud de 1,4. La segunda estrella en brillo es *Denébola* (2,1) y significa “cola de león” en árabe. La mayoría de los nombres de estrellas son árabes.

2.2.4. Abril

Osa Mayor.— Constelación *circumpolar* y, por tanto, visible durante todo el año. Su famoso “carro” está formado por siete estrellas de 2ª magnitud. Muy visible. Constituye una de las figuras más fácilmente reconocibles del firmamento. Es una de las constelaciones más grandes, que más espacio ocupa en el cielo.

Según la mitología griega, *Ursa Maior* representa la ninfa Calisto, que fue seducida por Zeus y luego situada en los cielos en forma de osa.

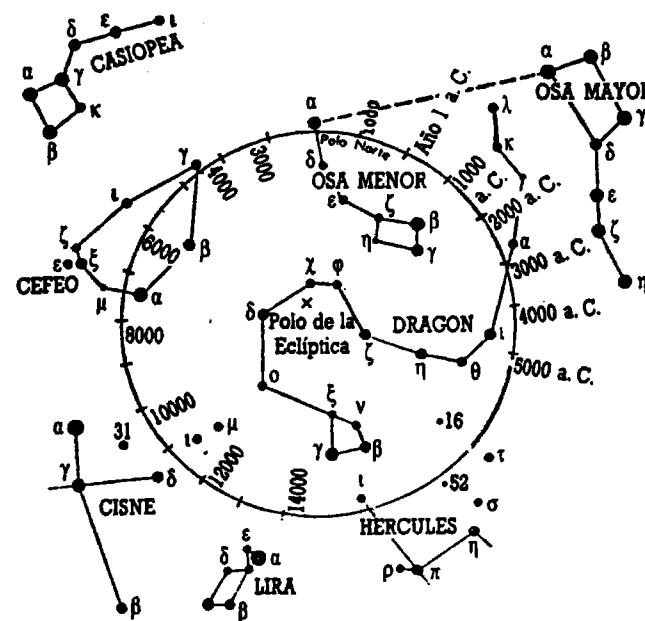
En su parcela se encuentran una serie de galaxias —no visibles a simple vista— muy interesantes para los astrónomos; pero la mayor

curiosidad para los aficionados se encuentra en la estrella central del “rabo” de la osa, que en realidad es un grupo de dos estrellas, *sistema binario*: *Alcor* y *Mizar*. Pero resulta que cada una de ellas es a su vez un sistema doble; se denomina sistema *doble-doble*. Vista sin ninguna lente, era una prueba para vigías. Aquellos que eran capaces de ver las dos estrellas, se les consideraba con buena vista; y por tanto, aptos para desempeñar esa labor.

Osa Menor.— En ella se halla la *estrella polar*. Y es la polar porque se encuentra encima del Polo Norte. Dicho de otra forma: la prolongación del eje de rotación de la Tierra pasa muy cerca de ella, a $0,5^\circ$. Es de 2ª magnitud (2,0).

Debido a la “precesión de los equinoccios”, la estrella Polar dejará de ser la actual pasado el tiempo. Irá alternándose; dentro de 10.000 años, será Denev, de la constelación del Águila; y dentro de 14.000 años, será Vega, de la Lira. El citado balanceo tiene un ciclo de 25.800 años, como ya establecimos anteriormente.

Figura 3
Estrellas polares



2.2.5. Mayo

El boyero.— Se encuentra muy cerca de la Osa Mayor. Dice la historia que se trata de un cazador que persigue a la Osa Mayor alrededor del Polo Norte. La estrella más brillante es *Arturo*, que significa “guardián del oso”. Su aparición por el este presagiaba la llegada de la primavera. Es una estrella amarilla de 1ª magnitud; la cuarta estrella más brillante del firmamento. Se encuentra en el final de su existencia; por lo tanto va camino de ser una *gigante roja*. Al observarla, podremos comprobar de manera anticipada cómo será nuestro sol dentro de unos 5.000 millones de años.

El 5 de mayo se produce el máximo de la *lluvia de estrellas* de las *acuáridas*, consecuencia del cometa Halley.

Virgo.— La virgen. Suele verse como una doncella que sostiene una espiga de trigo, señalada por la estrella más brillante: *Spica*, la espiga. Se identifica con Démeter, la diosa de las cosechas. Pero posee otra identidad: la diosa de la justicia. Sujeta, entonces, la balanza de la ley, representada por la cercana constelación del zodiaco, Libra.

Spica tiene una magnitud de 1,0. Virgo contiene una de las estrellas dobles más conocidas: *Gamma Virginis*, también llamada *Porrina*, en honor de una diosa romana de la adivinación.

En la constelación de Virgo se encuentra uno de los *supercúmulos* de galaxias más importantes del Universo. Con un poder de atracción tan fuerte que el grupo de galaxias de nuestra cercanía —*grupo local*— se encuentra atraído por él. De hecho, nos desplazamos en esa dirección a gran velocidad atraídos por su poderosa fuerza gravitatoria.

2.2.6. Junio

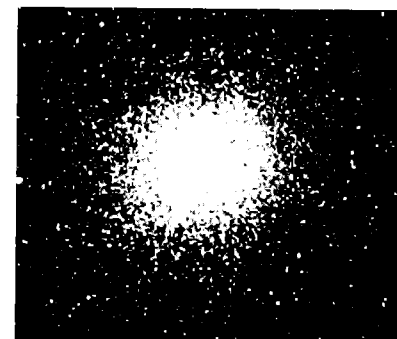
Hércules.— En este mes nos encontramos dos gigantes cara a cara. Uno es Hércules; representa al héroe griego que llevó a cabo las doce tareas encomendadas por el rey Eurísteo de Micenas. La otra figura es *Ofiucus*, un hombre atrapado por una serpiente.

En los antiguos mapas celestes, Hércules estaba representado por un hombre arrodillado, que sostenía la Tierra en sus hombros.

No obstante, resulta costoso identificar ambas constelaciones en el cielo porque sus estrellas son poco luminosas —3ª magnitud—. En cambio *Alfa Herculis*, llamada *Ras Algethi*, es una de las estrellas más grandes que se conocen. Emite mil veces más luz que el Sol y tiene un diámetro 500 veces mayor. Superpuesta con nuestro astro, alcanzaría la órbita de Marte.

Figura 4

Cúmulo globular de Hércules
(tomada de www.astrored.org).



La mayor curiosidad de esta constelación es un objeto celeste conocido como *cúmulo globular* —conjunto de un millón de estrellas viejas que parece un enjambre— y catalogado como M13 (fig. 4) por **Charles Messier**, astrónomo francés y a la sazón buscador de cometas; todas las fuentes de luz que no fuesen estrellas y que permaneciesen fijas en el cielo, las catalogaba para excluirlas de su búsqueda—. Actualmente se conoce más a Messier por el catálogo que nos dejó que como detector de cometas.

2.2.7. Julio

Lyra.— Se encuentra sobre nuestras cabezas durante este mes, hacia la media noche. De tamaño reducido pero fácil de distinguir. Representa el arpa de Orfeo. Según la leyenda, Hermes fabricó el instrumento a partir de un caparazón de tortuga y se lo regaló a su hermano Apolo. Luego éste le dio el arpa a Orfeo que, se decía, podía domesticar fieras y árboles con su pericia musical. Dicha habilidad le fue muy útil cuando entró en el temido inframundo de

los espíritus para abogar por el retorno de su mujer, Eurídice, a la vida terrenal. Hades, el dios del Averno, se conmovió de tal manera con la música de Orfeo, que accedió a liberar a Eurídice, con la condición de que Orfeo no volviera la cabeza en el viaje de vuelta al mundo de los vivos. Sin embargo, justo antes de que emergieran a la luz del día, Orfeo miró para asegurarse de que su esposa le seguía, perdiéndola para siempre. A partir de entonces, Orfeo vagó apesadumbrado por todo el mundo tañendo su arpa lastimeramente. Tras su muerte, el arpa fue situada en el cielo para conmemorar sus dotes musicales.

En esta constelación se encuentra la estrella más pura, blanca y bonita que existe en el cielo: *Vega*. Tiene una magnitud de 0,03 y se encuentra a 26 años luz. Es la quinta más brillante del firmamento.

El satélite IRAS —medidor del espectro infrarrojo— descubrió que *Vega* tiene un disco opaco de polvo a su alrededor, capaz de formar planetas. Como es una estrella mucho más joven que nuestro Sol, se encuentra entre las candidatas a formar un sistema planetario; quizás, hasta prolifere allí la vida un lejano día. *Epsilon Lyrae* es una estrella doble-doble de 5ª magnitud. A través de un telescopio, aún reserva una sorpresa más esta constelación: una *nebulosa planetaria* —estrella en su fase de muerte con sus capas más externas alejándose—.

Sagitario.— Representa al centauro Quirón. Al ser herido accidentalmente por una flecha de Hércules, impregnada con veneno de la Hydra, llamaba a Júpiter para que le permitiera morir. Éste accedió y le situó en el cielo sur.

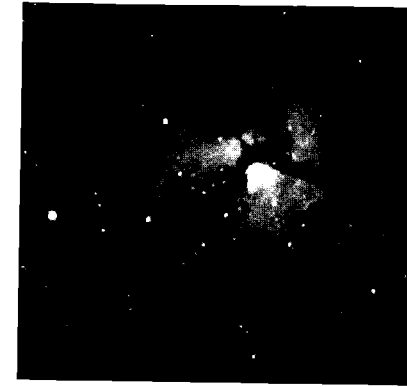
Es una constelación que no tiene estrellas muy luminosas. Las más importantes son de 3ª magnitud. Se asemeja también a una tetera. Es visible a primeras horas de la noche hacia el sudoeste.

Su característica principal reside en que de ella se reciben intensas radiaciones; ¿cuál es la fuente de las mismas? La respuesta es que en esa zona se encuentra el centro de nuestra galaxia con su potente núcleo emitiendo ondas de radio.

Sagitario contiene importantes nebulosas. Se encuentran entre otras, la *Laguna* y la *Trífida*.

Figura 5

Nebulosa Trífida
(tomada de www.astrored.org).



2.2.8. Agosto

Cygnus.— El cisne. Constelación que se encuentra en la franja lechosa llena de estrellas de la Vía Láctea. Los cristianos de la Edad Media denominaban a esa franja *Camino de Santiago*. Recorre la bóveda celeste de noroeste a sudoeste, a las horas que estamos utilizando como referencia para nuestra observación: la media noche.

El Cisne se conoce también como la *Cruz del Norte* en referencia a la *Cruz del Sur*, que marca el Polo Sur en el otro Hemisferio.

Los griegos afirmaban que Cygnus representaba al cisne en que se transformó el dios Zeus para seducir a Leda, la esposa de Tíndaro, rey de Esparta.

La cola del cisne está indicada por *Alfa Cygni*, llamada Deneb, que significa “cola” en árabe. Tiene una magnitud de 1,3; una de las tres que forman el “triángulo del verano”. Las otras dos son *Vega* y *Altair*, como ya hemos dejado establecido anteriormente. Deneb está alejada de nosotros 2.000 años luz. Es la estrella de 1ª magnitud más distante; el doble que Rigel. Es una fuente de luz enormemente potente que emite más de 80.000 veces la luz del Sol (supergigante blanca). La estrella *Ro Cygni*, de 5ª magnitud, es más grande aún pero se encuentra tres veces más alejada. Probablemente explotará como *supernova*.

También se encuentra la nebulosa *Norteamericana*, que debe su nombre al enorme parecido que tiene con ese subcontinente. Y la estrella doble 61 *Cygni* que fue la primera en conocerse su distancia por el método de la paralaje. Es el objeto más extraño e inquietante; un punto que está succionando materia a una estrella cercana —*Cygnus X-1*—, lo que le hace emitir fuertes radiaciones de rayos X; creen los astrónomos que debe tratarse de un *agujero negro*.

Al estar dentro de la banda de la Vía Láctea, el Cisne es una constelación muy rica en diferentes objetos estelares.

Durante este mes se puede observar una de las "lluvias de estrellas" más importantes de todo el año: las *perseidas*. Son meteoritos que al entrar en la atmósfera de la Tierra, se incendian y parece que fuesen estrellas que se derrumbasen sobre nuestro planeta. Se debe a los restos del *cometa* Swift-Tuttle, con un periodo orbital de 135 años. Nos visitó por última vez en 1992. El máximo de las *perseidas* se presenta sobre el día 12, aunque la lluvia se extiende desde el día 1 hasta el 15. Debe su nombre a que da la sensación de que los meteoritos irradian de la constelación de *Perseo*.

La lluvia se produce porque en esas fechas la Tierra, en su trayectoria de traslación alrededor del Sol, atraviesa los restos de polvo y hielo dejados por el citado cometa.

2.2.9. Septiembre

Casiopea.— Es una constelación circumpolar y, por tanto, se ve durante todas las noches del año. No obstante, es en este mes y a la media noche, cuando alcanza el cenit. Es muy fácil de identificar pues tiene forma de W. Está en plena Vía Láctea.

Según la mitología griega, Casiopea estaba casada con Cefeo; eran los reyes de Etiopía y los Padres de Andrómeda. Narra la leyenda que Casiopea se jactó en cierta ocasión de que era más hermosa que las Nereidas, ninfas marinas. Esto enfureció al dios del mar, Poseidón, quien envió a un terrible monstruo, Cetus, para que asolara las tierras del reino de Cefeo. Para salvar a su país, Cefeo se vio obligado a ofrecer a su hija Andrómeda en sacrificio al monstruo. Casiopea se representa sentada en una silla y girando alrededor del Polo Norte de forma estrafalaria como lección de humildad que le impusieron las Nereidas.

La constelación de Casiopea es muy rica en objetos celestes al encontrarse también en la Vía Láctea. La estrella más espectacular es *Gamma Casiopeiae, variable*, que fluctúa de magnitud 1,6 a 3,0. Es azul, muy caliente, y gira tan rápidamente que arroja al espacio capas de gas por la fuerza centrífuga. Consideran los astrónomos que emite 5.000 veces más luz que el Sol y se encuentra a 800 años luz.

Cefeo.— Se encuentra entre Cygnus y Casiopea. Tiene la forma de una torre achatada pentagonal. Cefeo fue, como ya ha quedado dicho, el rey de Etiopía y esposo de Casiopea.

Tiene una de las estrellas de color más vivo que se conocen: la *estrella granate*, de un profundo tono rojo, *Mi Cefei*. Es una súper gigante roja cuya luminosidad equivale a 50.000 veces la del Sol. Pero la estrella más característica de esta constelación es *Delta Cefei*, estrella doble. La más luminosa de ellas, una súper gigante amarilla, es variable, pulsando dicha variabilidad con enorme regularidad: cinco días y nueve horas tiene el ciclo de variación entre la mayor luminosidad y la menor. Va de la magnitud 3,5 a 4,4. Esta regularidad en su variación de luz la hace ser modelo de un tipo de estrellas en las que se puede relacionar su brillo con el tiempo de variación; sirve para establecer distancias a estrellas muy lejanas, incluso de otras galaxias: son las *cefeidas*. La descubrió **John Goodricke** con 19 años. Por desgracia, las largas noches a la intemperie para estudiar a esta estrella le hizo enfermar de neumonía y murió con 21 años, malográndose, probablemente, un gran astrónomo.

2.2.10. Octubre

Andrómeda.— Cuenta la historia que Andrómeda fue encadenada a una roca de la playa por su padre, el rey Cefeo de Etiopía, en sacrificio para aplacar las iras del monstruo marino Cetus. Afortunadamente, el héroe Perseo apareció montado en su caballo alado, *Pegaso*, mató al monstruo y se casó con Andrómeda. Todos los personajes de esta historia están representados en el cielo, en lugares próximos entre sí.

Andrómeda no es una constelación muy destacable. La forman dos líneas de estrellas que se abren. La primera de ellas, forma parte

del gran cuadrado de Pegaso. El objeto más importante que tiene en su espacio es una nebulosa distinguible a simple vista como una mancha borrosa, catalogada como M31 (M de Messier).

Figura 6

La galaxia de Andrómeda. Los objetos blanquecinos son dos galaxias satélites.
El resto de estrellas pertenecen a nuestra galaxia (tomada de *astrored.org*)



Esta nebulosa intrigó a los astrónomos durante siglos. Pensaban que sería un sistema planetario en formación. Pero **Edwin Hubble**, con el telescopio de Monte Palomar, de 2,50 m de diámetro, logró distinguir estrellas individuales en ella, en el año 1924, tal como había preconizado **Inmanuel Kant** con sus "Universos Islas". Y así acabó el misterio de ese objeto celeste. Fue la primera galaxia descubierta. Después vendrían más. Ahora se llevan contabilizadas más de 50.000 millones de ellas, gracias al telescopio espacial que lleva precisamente el nombre de su primer descubridor: *Hubble*.

La galaxia de Andrómeda está situada a 2.200 años luz de nosotros, y es el único objeto celeste que puede ser visto fuera de nuestra galaxia a simple vista en el Hemisferio Norte. En el Hemisferio Sur pueden verse las *Nubes de Magallanes* que son dos pequeñas galaxias satélites de la nuestra.

Pegaso.— Esta constelación representa el caballo alado que nació de la sangrante Medusa cuando Perseo le cortó la cabeza. En el cielo sólo aparecen los cuartos delanteros del caballo. A veces se identifica a Pegaso como el caballo de Perseo, pero en realidad su jinete fue otro héroe: Bellerophon.

No contiene estrellas muy luminosas pero su gran cuadrilátero, el Gran Cuadrado, con 15° de ancho, destaca en el cielo de manera especial, aunque una de sus estrellas pertenece a la constelación de Andrómeda, *Alfa Andromedae*.

Beta Pegasi, es una enorme gigante roja, 100 veces el diámetro del sol; además, es variable, característica de casi todas las gigantes rojas.

2.2.11. Noviembre

Perseo.— Es uno de los hijos de Zeus, el héroe del mito griego más recordado. Sus aventuras comienzan al ser enviado a matar a Medusa, reina de las Górgonas. Éstas eran mujeres que por cabellos tenían serpientes y poseían la facultad de dejar petrificado todo aquello que mirasen. Perseo tuvo la osadía de acercarse a Medusa mientras dormía, guiándose sólo por el reflejo de ésta en su escudo, y le cortó la cabeza. Con este trofeo en mano, y cabalgando en el caballo alado Pegaso —que surgió del cuerpo cortado de Medusa—, pasó por encima de donde se encontraba Andrómeda encadenada a una roca que esperaba con resignación su trágico destino. En aquellos momentos el monstruo marino Cetus se disponía a abalanzarse sobre ella.

Al ver Perseo esta escena, decidió intervenir y, haciendo honor a su valentía y astucia, dirigió la cabeza de Medusa hacia el monstruo que al instante quedó petrificado.

Una vez liberada Andrómeda, partió con Perseo hacia su reino, Etiopía. Se la entregó sana y salva a sus padres y éstos, como recompensa a su acción, se la ofrecieron en matrimonio. Todo acabó felizmente en boda.

Esta historia quedó plasmada para siempre en el firmamento. Perseo está sujetando en alto la cabeza de Medusa, señalada por la estrella *Beta Persei*, llamada en árabe *Algol*, que significa demonio. El nombre está bien puesto, ya que esta estrella es variable y parece "guiñar" como si se tratase de un ojo maléfico. Su luminosidad varía del 2,1 a 3,4 con una periodicidad de 2 días, 20 horas y 49 minutos. Es una *variable eclipsante*.

Perseo se encuentra en la banda de la Vía Láctea. En dirección a Casiopea, puede observarse a simple vista un doble *cúmulo abierto* —de estrellas jóvenes que se están dispersando— denominado *Chi Persei*, que señala la mano de Perseo sosteniendo la espada.

En este mes se produce la “lluvia de estrellas” más intensas de todo el año: las *Leónidas*; nombre que obtienen porque parece que irradian de la constelación de Leo. Son debidas al paso del cometa Tempel-Tuttle, con un periodo de 33 años; la última vez pasó en el año 99. Pueden verse desde el día 14 hasta el 20; si bien, el máximo suele producirse el día 17.

2.2.12. Diciembre

Tauro.— Tauro fue el toro blanco con los cuernos en forma de luna creciente en que se convirtió Zeus para seducir a Europa, hija de Agenor y Télefa. Se posó a los pies de ésta y, aunque temerosa de la fiera, terminó acariciándolo y subiéndose a su lomo. Entonces el toro arrancó y se la llevó por el mar hasta Creta.

Tauro es una constelación muy vistosa y rica en estrellas y cúmulos. Destaca, *Alpha Tauri*, denominada *Aldebarán* por los árabes; es una estrella gigante de color amarillo de 0,9 de magnitud; representa el ojo del toro. Muy cerca se encuentran unas estrellas formando una uve: son el cúmulo de las *Hyades*. Vistas con unos prismáticos se observa una gran variedad de colores en ellas; son denominadas “las joyas de la corona”.

Puede observarse también el cúmulo de las *Pléyades*; conjunto de unas 60 estrellas de las que pueden verse a simple vista 6 ó 7, dependiendo de la agudeza visual.

Se encuentra en Tauro, así mismo, una extraña nebulosa de perfiles rasgados y caóticos. Se denomina *el Cangrejo*, y de su interior emite ondas de radio pulsantes y regulares un objeto invisible. Se sabe que es el residuo de una explosión de *supernova* que se produjo en el año 1054 d. C, registrada por los chinos.

En general, el cielo de invierno en el Hemisferio Norte es mucho más rico y espectacular que el de verano hacia la media noche, aunque menos conocido por el gran público. El conjunto de

las constelaciones de Tauro, Orión, Can Mayor, Gémini y Auriga, además de Casiopea y la Osa Mayor, conforman un cielo muy poblado de estrellas de 1ª y 2ª magnitud.

Figura 7

Cúmulo abierto de las Pléyades
(tomada de www.astrored.org)



3. EVOLUCIÓN ESTELAR

Las estrellas no son algo permanente y estable. Tienen una evolución y un final. Éste puede ser apacible y tranquilo o puede ser violento y catastrófico, con una intensidad tan descomunal que es difícil imaginárselo; como si se resistiesen a morir. Pero ¡oh Naturaleza! Precisamente de esas muertes cataclísmicas, nacen nuevas estrellas y aseguran la persistencia de la Naturaleza en sus dimensiones más grandiosas. Veamos.

En el Universo existen cuatro fuerzas. ¡Sólo cuatro fuerzas! Son: *fuerza nuclear débil* —moderadora de la fusión nuclear y responsable de la radiactividad—, *fuerza nuclear fuerte* —que mantiene la estructura del núcleo atómico—, *fuerza electromagnética* —que mantiene los electrones en órbita del núcleo atómico— y la *fuerza de la gravedad* —que actúa a larga distancia y tiende a atraer a la materia hacia sí—.

Esta última, la fuerza de la gravedad, será la primera que genere los procesos que a continuación vamos a exponer.

3.1. Nebulosas

Las nebulosas son enormes acumulaciones de polvo y gas — principalmente compuestas de hidrógeno— de muy baja densidad pero de gran extensión. Vistas a distancia, presentan diferentes formas y luminosidad.

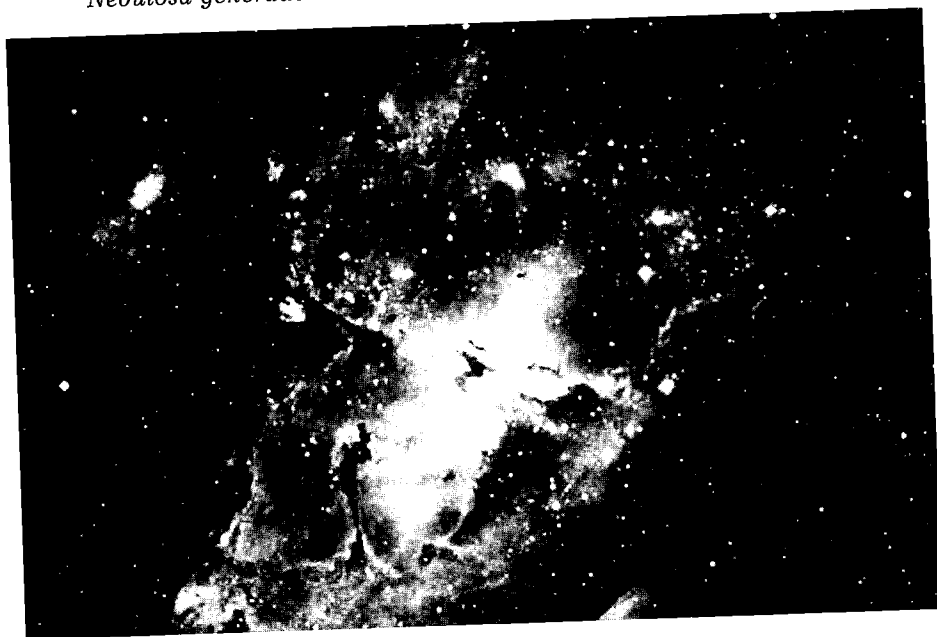
La *densidad* de una nebulosa sería igual, como término medio, a la que se puede presentar si se vierte una cucharadita de café en polvo sobre la península Ibérica desde 10.000 metros de altura. Repartida en una extensa área y vista desde muy lejos formaría una nebulosa visible, sobre todo si está iluminada por algunas estrellas.

Existen tres clases de nebulosas:

- * De *absorción*: oscuras y opacas; impiden el paso de la luz.
- * De *reflexión*: reflejan la luz de estrellas cercanas.
- * De *emisión*: sus partículas se ionizan por la acción de estrellas que están en su interior, y se iluminan por un sistema parecido a la luz fluorescente.

Figura 8

Nebulosa generadora de estrellas (tomada de www.astrored.org).



3.2. Formación de estrellas

La materia en el universo tiende a atraerse entre sí como consecuencia de la fuerza de gravedad. Cuando alguna nebulosa se comprime, sus partículas van, poco a poco, rozándose entre sí al moverse en menos espacio. Es cuestión de tiempo; cuando su compresión es muy alta, su temperatura sube. Y cuando la nebulosa alcanza temperaturas superiores a los diez millones de grados centígrados, se producen reacciones nucleares en las que el hidrógeno se fusiona y produce un residuo: el helio. ¡La nebulosa se ha convertido en una estrella!

La nebulosa con capacidad y condiciones para dar origen a una estrella se denomina *protoestrella* y está compuesta principalmente por hidrógeno. En ese proceso libera enormes cantidades de energía.

Existen diferentes postulados de cómo se produce la energía de una estrella. Fueron **Hans Bethe** y **George Gamow** (1948) quienes expusieron la teoría de la fuente de energía del Sol y, por extensión, de todas las estrellas: cuatro núcleos de átomo de hidrógeno —el elemento químico más simple, con un protón y un electrón— se “funden” en un átomo de helio, por el sistema denominado *cadena protón-protón I*. Es una de las variantes conocidas.

En este proceso se pierde un 0,7% de la masa de los núcleos, que se transforma en energía. Si tenemos en cuenta la masa del Sol, ese porcentaje supondrá que en un segundo se habrán convertido en energía 4,24 toneladas de hidrógeno. Sólo un ínfima parte de esa energía nos llega a nosotros.

Lógicamente, cada vez tendrá el Sol menos hidrógeno y más helio. Cuando aquél se termine, nuestro astro morirá.

Algunas nebulosas, por falta de suficiente masa, no llegan a generar una estrella; el calor que generan en su interior no es suficiente para producir las reacciones nucleares expuestas. Aunque la presión generada en su interior sí es lo suficientemente grande para producir luz y calor por efecto del roce de sus partículas; el objeto estelar brilla entonces con luz muy tenue. A ese tipo de estrellas “frustradas” se las denomina *enanas marrones*. Júpiter, si hubiera contenido mayor masa, podría haberse encontrado en esta categoría.

3.3. El Sol

Consideraremos el Sol como modelo de cualquier estrella, teniendo en cuenta que nuestro astro es una estrella más bien pequeña, perdida en un lejano rincón de una galaxia muy normal, como existen cientos de millones de ellas en el Universo.

El Sol es una estrella muy estable, de larga duración. Tiene una edad de 4.600 millones de años, y aún le quedan otros tantos de actividad normal.

Su temperatura interior es de 15 millones de grados, pero en su superficie "sólo" tiene 6.000°; en cambio, en su *corona* —la capa más externa de su atmósfera—, a un millón de Km, tiene una temperatura de 2 a 3 millones de grados, debido a la transferencia de energía magnética procedente de la superficie.

Su rotación es de 25 días terrestres; su traslación alrededor del *núcleo galáctico* es de 250 millones de años. Ha realizado, por tanto, unas 20 vueltas completas en su movimiento de traslación por la galaxia. Actualmente se encuentra en el *brazo de Orión*

Cuadro 4
Datos físicos del Sol

Masa	1,99x10 ³⁰ kg
Densidad media	1.410 kg/m ³
Temperatura	15.000.000° C en el centro
	5.512° C en la superficie
	2.000.000 en la atmósfera
Magnitud aparente	-26,8
Magnitud absoluta	+4,83
Tipo espectral de estrella	G2
Periodo de rotación	25 días (ecuador)
	33 días (polos)
Velocidad de escape	618 km/s
Edad	4.600 millones de años

El Sol tiene unas *manchas* por las que emite más energía que por el resto de su superficie. En un ciclo de 11 años, sus manchas aumentan — mayor *actividad solar*— y recibimos, por tanto, más

radiaciones. Las ultravioletas penetran hasta la superficie de nuestro planeta con mayor facilidad en el periodo de máxima actividad solar. Se producen más quemaduras en los bañistas, pero también se obtienen mejores cosechas de vinos.

La energía que se produce en el interior del Sol —incluidos los fotones— tarda un millón de años en llegar hasta la superficie solar, pero una vez allí, se desplaza a la velocidad de la luz. Sin embargo existen unas partículas —generadas en el proceso de fusión nuclear— que tienen la capacidad de atravesar la densa atmósfera solar a la velocidad de luz, y llegan a la Tierra 8 minutos después de producirse. Son los *neutrinos*. Nos llegan millones cada segundo, día y noche; atraviesan la masa de la Tierra sin que nada los frene. Para poder detectarlos, se colocan "telescopios" en profundas minas abandonadas de 2.000 metros o en el fondo del mar. Consisten éstos en tanques de cloro como el que está colocado en una mina de Dakota del Sur (EEUU). Pero se detectan pocos neutrinos; son muy esquivos.

3.4. Estrellas variables

Las estrellas, durante su periodo activo, consumen grandes cantidades de hidrógeno que es transformado en helio y energía; pasan así su existencia. En este proceso mantienen un equilibrio entre dos fuerzas antagónicas presentes en la estrella: la fuerza de gravedad que presiona la materia hacia su interior, y la fuerza de expansión como consecuencia de la actividad nuclear.

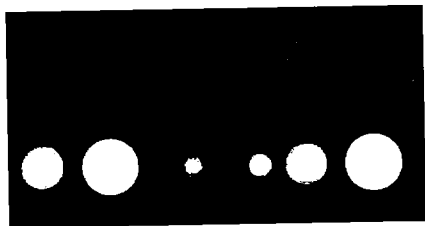
Cuando se rompe este equilibrio entre las dos fuerzas, la estrella se agranda si predomina la fuerza de expansión, o se empequeñece si predomina la compresión por la gravedad. Cuando una estrella está "desequilibrada" se convierte en una *estrella variable*.

Algunas de estas estrellas tienen estas fluctuaciones de manera irregular y caótica, sin que sea previsible su variación de tamaño. Otras, en cambio, mantienen de forma regular sus variaciones, hasta el punto de que puede establecerse un ciclo regular y utilizarse como "patrones".

Cuando la estrella se empequeñece, disminuye su luminosidad; cuando se expande, aumenta ésta. Si se produce este ciclo de manera regular y si, además, se conoce su magnitud aparente, su ciclo de "pulsaciones" y su distancia, podrá servir como patrón para medir la distancia a otras estrellas variables similares, comparando su ciclo con la luminosidad que presentan. Si la estrella objeto de estudio se encuentra en otra galaxia, podrá conocerse la distancia que nos separa de ella.

Pues bien, un tipo de estrellas variables, con pulsación regular y frecuente, la encontramos en la estrella amarilla *Delta Cephei*, de la constelación de Cefeo. Tiene un ciclo de cinco días y nueve horas. Sirve como modelo para las mediciones de distancia que hemos expuesto. Las estrellas con las mismas características se denominan *cefeidas*. El método de medición de las distancias por el sistema de las cefeidas es teóricamente sencillo; no obstante, ha dado lugar a algunos errores de cálculo.

Figura 9
Secuencia de estrellas variables



También existe otro tipo de estrellas variables con periodo largo. La primera estrella conocida con esta característica es *Mira Ceti*, de la constelación de *Cetus* (la Ballena). Completa un ciclo de 331 días; va desde la magnitud 2 hasta la 10. Con lo cual, durante un tiempo se hace invisible a simple vista. Su nombre, *Mira*, significa la maravillosa según los árabes, pues, con su tamaño y su luminosidad, cambia también de color, pasando de un rojo intenso al azul, a través del amarillo.

Otro tipo de estrellas variables tienen motivos diferentes para sus cambios. No existe ninguna pulsación intrínseca; al ser un sistema binario y encontrarse su plano de órbita en nuestra línea de observación, cuando pasa una estrella por delante de la otra en

su mutuo movimiento de traslación, la eclipsa; y en ese periodo de tiempo sólo se ve la luz de una de las estrellas, cuando antes veíamos la luz de las dos: son las estrellas *variables eclipsantes*.

El prototipo de esta clase de estrellas lo encontramos en *Algol*, de la constelación de Perseo, a la cual ya nos hemos referido anteriormente.

3.5. Diagrama Hertzsprung-Russell

La temperatura de una estrella está relacionada con su luminosidad. Cuanto más caliente, más brillante. Su color también tiene relación con su temperatura: las más frías son rojas y las más calientes, azules; los colores intermedios son el naranja, el amarillo y el blanco, de mayor a menor temperatura respectivamente.

Para aclarar el problema de la relación brillo-luminosidad, dos astrónomos, el danés **E. Hertzsprung** en 1905 y el estadounidense **H.K. Russell** en 1913, cada uno por separado, decidieron poner en un diagrama el resultado de sus observaciones. Colocaron la magnitud de las estrellas en las ordenadas del gráfico y la temperatura en las abscisas.

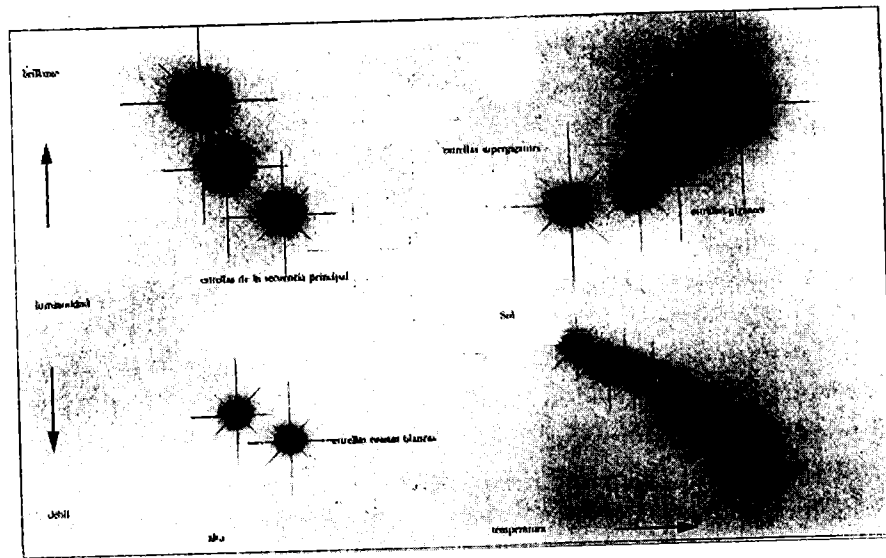
Descubrieron que casi todas las estrellas (un 98%) seguían la relación expuesta entre estos dos factores; casi todas las estrellas se agrupaban en una línea del gráfico siguiendo una *secuencia principal*. Según su temperatura así era su color; establecieron el *tipo espectral* de cada estrella, denominándolo con letras: *O, B, A, F, G, K* y *M*, de más calientes y azules a más frías y rojas. Cada tipo, a su vez, está dividido del 1 al 10, con lo cual se puede precisar mucho más. Nuestro Sol es del tipo espectral *G2*.

No obstante, existía un grupo de estrellas que no correspondía a la secuencia principal. Siendo muy luminosas, eran frías; otras, en cambio, eran muy calientes pero apenas brillaban.

Las estrellas muy brillantes y de baja temperatura superficial fueron situadas en la parte derecha y arriba del diagrama; se las denominó *gigantes rojas*. Las muy calientes y poco brillantes se situaban en la parte inferior derecha; fueron llamadas *enanas blancas*. ¿Cuál es el motivo de estas estrellas anormales? Lo descubriremos a continuación.

Figura 10

Diagrama Hertzsprung-Russell (Nigel Henbest; "El Universo en Explosión").



3.6. Cúmulos de estrellas

Generalmente las estrellas no se presentan de manera individualizada como sucede con nuestra estrella sino en parejas —*sistema binario*— o en tríos. El Sol es una excepción. La mayor parte de las estrellas suelen presentarse en grupos más o menos numerosos denominados *cúmulos*.

Los cúmulos de estrellas son de dos clases: *abiertos* y *cerrados*.

Los *cúmulos abiertos* están formados por estrellas jóvenes, nacidas de la misma madre: una misma *nebulosa*. Suelen ser de color azulado. El más conocido es el de las *Pléyades* en Tauro (ver figura 7).

El cúmulo de las Pléyades es un conjunto de más de 60 estrellas, "recién nacidas" y en fase de dispersión y alejamiento entre ellas; se distinguen fácilmente seis de ellas; se conocen como las 7 *hermanas*. Forman un diminuto "carro" de forma parecida al de las "osas", pero muchísimo más pequeño.

Las Pléyades, vistas con unos prismáticos, son probablemente uno de los espectáculos naturales más bellos que existen en la

Naturaleza. En fotografías hechas con una hora de exposición, aún se pueden apreciar jirones de la nebulosa que les dio origen.

Los *cúmulos cerrados* son conjuntos esféricos de muchas estrellas —parecen enjambres— de color amarillo y muy viejas, las más viejas de la galaxia. Suelen ser objeto de estudio, entre otros motivos, para hallar la edad de la Vía Láctea. Tienen otra peculiaridad; están situadas fuera de la galaxia y se desplazan en unas órbitas aproximadamente perpendiculares al plano de ésta.

Algunos *cúmulos globulares* llegan a tener hasta un millón de estrellas, como el que se encuentra en Hércules (ver figura, 4).

4. MUERTE DE LAS ESTRELLAS

Nada material es perenne en el Universo; el cielo, que parece inmutable, es en realidad una fotografía, una instantánea con un tiempo de duración de un millón de años. Ni siquiera las estrellas de más larga existencia permanecerán. Antes o después les espera su fin. Unas morirán de manera discreta y apacible; otras morirán desarrollando gran violencia y espectacularidad.

Pero con la muerte de algunas estrellas pueden nacer otras más complejas y ricas. El ciclo de la vida puede florecer hasta que se agoten las posibilidades del Cosmos.

4.1. Gigantes rojas

Acabado el ciclo de fusión del hidrógeno, el equilibrio entre la fuerza de gravedad y la expansión por su actividad nuclear se pierde. La estrella comienza a hincharse y sus capas más externas, libres ya de la fuerza de gravedad, comienzan a expandirse. Su densidad baja y su temperatura externa, también. Al enfriarse, su color se vuelve predominantemente rojizo; se convierte en una *gigante roja*.

Cuando nuestro Sol, una vez acabado su ciclo de fusión de hidrógeno, llegue a la fase de gigante roja, aunque disminuya su temperatura exterior a unos 2.000°, aún será lo suficientemente caliente para calentar la superficie de la Tierra al acercarse más a

nosotros. Engullirá a Mercurio, al ser mayor el Sol expandido que su órbita; afectará de manera irremediable a nuestro planeta. Al subir la temperatura, se quemará toda la vegetación, se evaporarán los océanos y la vida se hará incompatible con esas condiciones. Se formará una atmósfera de vapor de agua muy caliente. En conclusión, será el fin de la Tierra tal como la conocemos. Eso sucederá dentro de unos 5.000 millones de años, al ser el Sol una estrella estable y de larga duración.

A medida que se vayan expandiendo más las capas de la estrella gigante roja, libres de la fuerza de gravedad, se alejarán lentamente por el espacio formando las llamadas *nebulosas planetarias*. Denominadas así porque visto un objeto celeste en esa fase, parece que hubiera un sistema planetario alrededor de la estrella.

Cuando las capas de gas se separan unas de otras, vagarán por el espacio en forma de *conchas de gas*. Algunas de ellas, puede que alcancen la Tierra, agravando aún más, si cabe, la situación.

4.2. Enanas blancas

La separación de las capas incandescentes del hidrógeno no consumido para las reacciones de fusión, por falta de suficiente presión, dejará al descubierto el núcleo de la estrella. Una esfera pequeña, muy densa, con altas temperaturas y luz blanquecina. Es una *enana blanca*. Se producen en ella procesos de fusión nuclear del helio en carbono, a consecuencia de la presión y de la temperatura. Su densidad se hace enorme. Una canica de materia de este objeto estelar podría pesar en la Tierra más de 1.000 kg.

Sirio, la estrella más luminosa del firmamento, de la constelación del Can Mayor, tiene una compañera muy pequeña, que los astrónomos denominan *Sirio B*. Es una enana blanca, y gira en torno a *Sirio A* en un periodo de 50 años. Su tamaño es el doble que la Tierra.

4.3. Novas

Cuando en un sistema binario una de las estrellas está en su fase de gigante roja, es posible que sus capas más externas sean atraídas por la otra estrella. Si así sucede, la materia cae en esta

última describiendo una espiral. A veces, en el punto de incidencia de esta masa de la estrella roja con el disco espiral que se precipita sobre la otra estrella, se producen explosiones que pueden durar una o dos semanas. A este fenómeno lo llamaban los antiguos *nova*, puesto que creían que había nacido una estrella nueva.

Este hecho pudo ocurrir en el sistema de Sirio, pues los egipcios, los griegos y los romanos, siempre asociaban esta estrella con el color rojo. Una especulación que barajan los astrónomos es que Sirio B, estando en su fase de gigante roja, pudiera haber sido absorbida por su compañera, Sirio A. Esto explicaría por qué hace dos mil años se viera de color rojo. No obstante, parece poco tiempo para sufrir ese cambio. El misterio se mantiene.

4.4. Supernovas

Las estrellas gastan su combustible —el hidrógeno— de una manera inversamente proporcional a la masa que contienen. El Sol, que es una estrella pequeña y “administra muy bien sus recursos”, logrará tener una existencia larga, muy larga: 10.000 millones de años. Otras estrellas, muy masivas, “derrochan sus recursos y despilfarran su capital con un gasto desproporcionado”. Resultado: tienen una existencia muy corta. Una estrella con este destino es *Rigel* de la constelación de Orión.

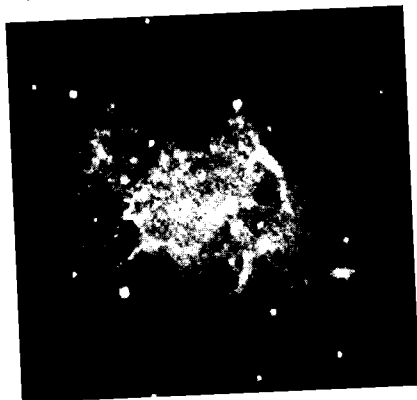
Una estrella grande, que tenga una masa mínima igual a diez veces la del Sol, estará en la secuencia principal la milésima parte que nuestra estrella. También pasará muy rápidamente por su fase de gigante roja. Vimos que las enanas blancas llegaban hasta la fusión del helio en carbono en sus reacciones nucleares. Pero la enana blanca, consecuencia de una estrella masiva, si contiene tanta masa como 1,4 veces la materia del Sol no se detendrá ahí. Su temperatura, fruto de la presión por la fuerza de la gravedad, superará los cien millones de grados y continuará las reacciones de fusión nuclear transformando el carbono en elementos más pesados, como el silicio y el hierro; y en menor medida, todos los elementos intermedios que integran la tabla periódica. Se convierte en un crisol donde se transforma y se enriquece la materia del Universo.

Como la presión aumenta, los núcleos se ven sometidos a un roce cada vez mayor, y la temperatura se incrementa. Llegará un momento, después de complicados procesos, que el núcleo se colapsará y explotará.

La explosión será descomunal. El calor, la radiación y la materia que expulse, aniquilará todo cuanto pudiera haber en sus cercanías. La luz será tan intensa que, durante meses, brillará más que el conjunto de los miles de millones de las estrellas de su propia galaxia. A esta explosión se la conoce como *supernova*.

Figura 11

Nebulosa del Cangrejo, en Tauro. Restos de la explosión de supernova de 1054 (tomada de www.astrored.org).



La masa crítica que necesita una estrella para entrar en este proceso puede obtenerla de dos maneras diferentes. Si la estrella era masiva desde su origen, la explosión se conoce como *supernova II*. Pero cuando consigue la materia porque se la “roba” a una compañera en un sistema binario, la explosión es conocida como *supernova I*.

Afortunadamente, cerca de nuestro sistema solar no existe ninguna estrella con las características necesarias para explotar como supernova. De tener alguna estrella candidata a este cataclismo, la vida podría peligrar en la Tierra.

La explosión lanza la materia que contenía la enana blanca al espacio abierto a una velocidad de 5.000 km/segundo comprimiendo las nebulosas que encuentre a su paso y acelerando el

proceso de formación de nuevas estrellas. Pero ahora la protoestrella no tendrá sólo hidrógeno y helio puesto que la materia habrá sido enriquecida por los residuos de la explosión de supernova ¡con todos los elementos químicos!

Cuando se genere otra estrella, por la fusión del hidrógeno, formará también un disco alrededor compuesto por los residuos, elementos más complejos, que darán lugar a planetas sólidos; quizás, con posibilidad de crear vida, como sucedió en la Tierra.

El Sol es, por tanto, una estrella de *segunda generación*, al menos; fruto de la explosión de una supernova en un lejano tiempo. El 2% de toda la materia del Sistema Solar es más complejo que el helio, y de ella se formaron todos los astros sólidos: planetas, satélites, asteroides y cometas.

Todos los núcleos de los átomos que componen la materia de nuestro planeta —excepto el hidrógeno y el helio— se forjaron en los hornos nucleares de millones de grados de una estrella que explotó. Hasta nosotros mismos, los humanos, somos producto de las estrellas.

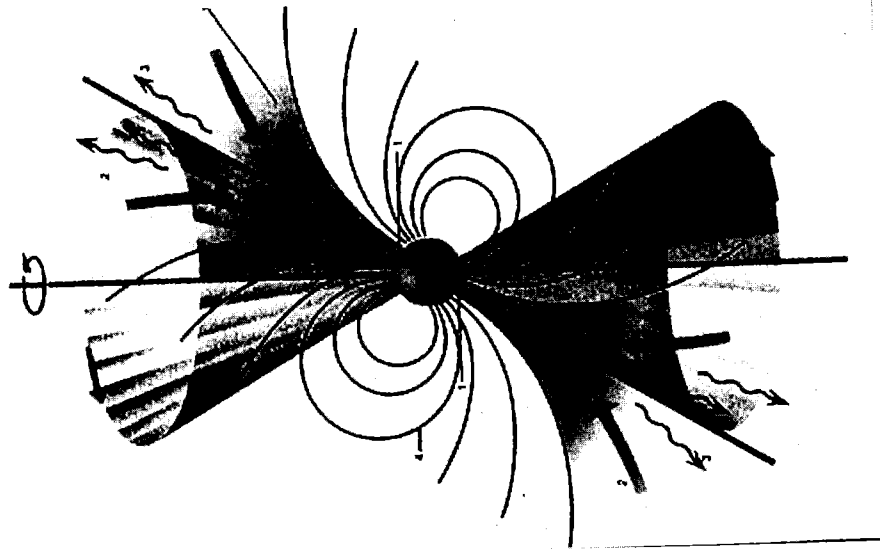
El 28 de febrero de 1987 se pudo observar la explosión de una supernova en la Gran Nube de Magallanes —galaxia satélite de la Vía Láctea y visible en el Hemisferio Sur— distante 165.000 años-luz de nosotros. Como una mirada al Universo es una mirada al pasado, resulta que la explosión que el astrónomo que la descubrió estaba viendo a simple vista se había producido hacía 165.000 años; pero era ahora cuando nos llegaba su luz.

4.5. Los púlsares

Después de la explosión de supernova, aún queda un residuo; un núcleo muy compacto que, por efecto de la enorme presión a la que fue sometido durante sus últimas etapas de enana blanca, sufrió una transformación notable. Los electrones se combinaron con los protones para formar neutrones. En este caso extremo, los neutrones son las partículas más estables. Y, como había predicho el físico ruso **Lev Landau** (1932), en nuestra galaxia podrían formarse estrellas de neutrones si se daban las condiciones adecuadas.

Figura 12

Emisión de radiación de un púlsar.



La *estrella de neutrones*, de escaso tamaño y, por eso mismo, girando a gran velocidad debido a la ley de la conservación del momento angular, lanza al espacio a cada rotación, un haz de ondas de radio. Podría decirse que la estrella "pulsa". Por tal motivo son detectables desde la Tierra.

El primer *púlsar* que se descubrió fue en 1967 por **Jocelyn Bell**, del equipo de investigación de **Antony Hewish** (EEUU). Fue casual, pues ellos buscaban otro tipo de radiación; y entonces encontraron una radiación de que pulsaba 1,3 veces por segundo. Después de descartar otras causas, entre ellas la posibilidad de que se estuviera comunicando con nosotros alguna civilización extraterrestre, se llegó a la conclusión de que sólo podía ser una estrella de neutrones.

Posteriormente se descubrieron otros púlsares con frecuencias más rápidas. Uno de ellos se encuentra en la nebulosa del Cangrejo, de la constelación de Tauro; pulsa 30 veces por segundo; es una bola de 25 Km de diámetro pero tan pesada como el Sol. Una canica de materia de estrellas de neutrones pesaría en la Tierra un millón de toneladas.

El descubrimiento de este púlsar en la nebulosa del Cangrejo, nebulosa de aspecto caótico, resulta que se encontraba en el mismo lugar donde se había producido una intensa luz, tan brillante que fue visible a pleno día durante un mes, detectada y registrada por los chinos en el año 1054 d.C. Esto es, donde se había producido una explosión de supernova, según los conocimientos actuales.

Las características físicas de una estrella de neutrones, su "geografía", desafía la imaginación. Su fuerza de gravedad es tan grande que las irregularidades de su corteza, sus montañas, sólo alcanzan la altura de 1 mm; y su atmósfera, compuesta de hierro gaseoso, tiene un espesor de 1 cm.

Actualmente se conocen bastantes estrellas de neutrones que, algunas, llegan a girar hasta unas 300 veces por segundo. Además de emitir ondas de radio a cada rotación, son fuentes de potentes emisiones de rayos X debido a la materia que, arrastrada por ella, cae en su campo gravitatorio formando una espiral.

4.6. Agujeros negros

Existen estrellas muy masivas, y muchas de ellas superan ampliamente la masa mínima necesaria para explotar como supernovas. ¿Qué sucede cuando una estrella es 30 veces más masiva que el Sol, o incluso más? Pues sucede que gasta sus recursos de hidrógeno rápidamente y, por tanto, está muy poco tiempo en la fase de secuencia principal. Pasa también rápidamente por la fase de gigante roja y llega a la fase de enana blanca.

Si su masa en esta fase es aún más de tres veces mayor que la del Sol —lo más probable— explotará como supernova y quedará, como residuo, una estrella de neutrones muy pesada. Llegados a este punto, ocurre uno de los hechos más fantásticos e increíbles de la Naturaleza.

El gran peso de esta estrella de neutrones tan masiva y pesada no será soportado por los neutrones y se irá derrumbando sobre sí misma más y más. Según va colapsándose, va haciéndose más pequeña, disminuyendo su radio; pero sin perder, por ello, ni su masa ni su enorme fuerza gravitatoria; al contrario, en su superficie la fuerza de gravedad será cada vez mayor según aumenta su densidad.

La estrella se derrumba cada vez más sobre sí misma. No existe fuerza suficiente en los neutrones para soportar el enorme peso. El derrumbamiento llega hasta límites que desafían la imaginación. Podría llegar al tamaño de ¡un punto! Convertirse en una *singularidad*. No crea el lector que esto es fantasía. Son deducciones obtenidas por cálculos matemáticos.

Fue el astrofísico **Karl Schwarzschild** quien estableció una fórmula para hallar el radio de una estrella de estas características en 1917. El Sol, en esas condiciones, pasaría de tener un radio de 700.000 Km a tener sólo 3 Km; pero la Tierra, con un radio de 6.000 Km se quedaría reducida a ¡4 cm!

A medida que disminuye el radio de este objeto, aumenta la fuerza de gravedad de su superficie, y también aumentará la velocidad que se necesite para poder salir de su campo gravitatorio.

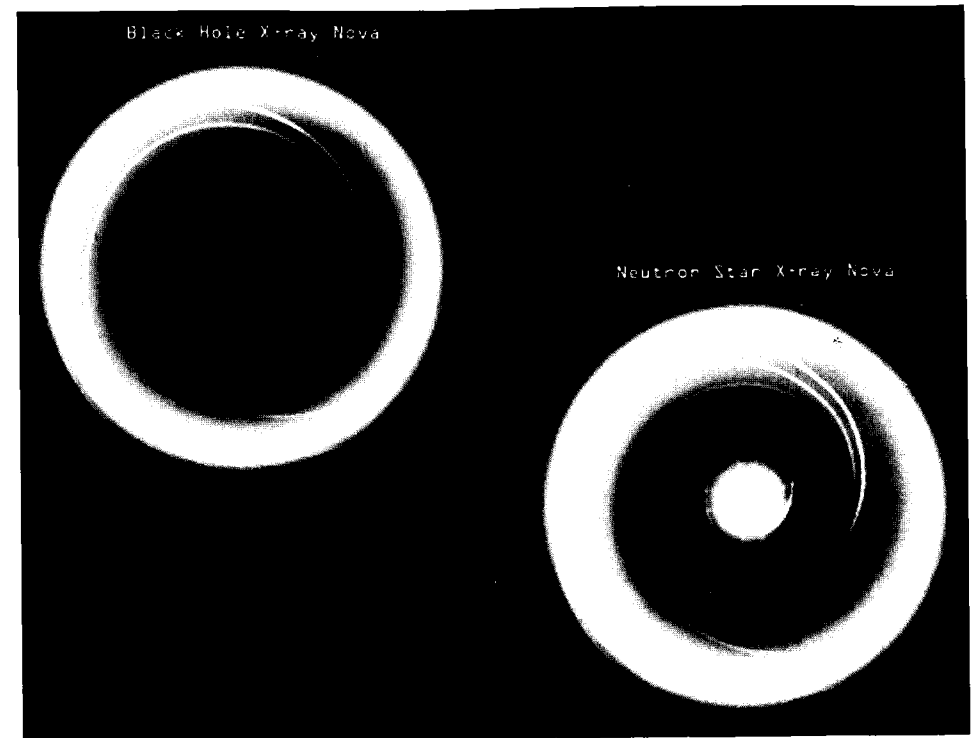
Para que un objeto pueda salir de la atracción de un astro deberá alejarse de él a una velocidad mínima establecida según su densidad. En la Tierra, para salir de su atracción y poner una nave en órbita, los cohetes que la transportan deben desarrollar una velocidad superior a 11,2 Km por segundo. A esa velocidad se la denomina *velocidad de escape*. La velocidad de escape en Sol sería de 620 km/s.

Pues bien, cuando la velocidad de escape de la estrella que dejamos derrumbándose sobre sí misma llega a superar la velocidad de la luz (300.000 km/s), ni siquiera ésta, la luz, puede salir de ella; y entonces la estrella se hace ¡invisible! Se convierte en un *agujero negro*. Este término fue acuñado por el científico norteamericano **John Wheeler** en 1969; aunque ya **Pierre-Simon Laplace** en 1795 adelantó la posibilidad de su existencia.

Si una nave espacial se encontrase cerca de un agujero negro, no detectaría su presencia porque no emitiría ningún tipo de señal, a menos que estuviera cayendo dentro de él. Cuando se da este caso, y la materia de una estrella se precipita dentro de un agujero negro, emite radiaciones muy intensas en la banda de los rayos X.

Figura 13

Recreación de un agujero negro y una estrella de neutrones en las que se está precipitando materia (tomado de www.astrored.org).



Nada que caiga dentro de él podrá salir jamás. Existe un límite a partir del cual ya no hay retorno y la materia caerá para siempre dentro del abismo. Se denomina *horizonte de sucesos*. También se conoce como límite de **Chandrasekhar**, en honor al matemático de origen indio que realizó los cálculos del poder gravitatorio de este tipo de estrellas en 1928. Se le concedió el Premio Nóbel en 1983, básicamente por sus trabajos de aquella época.

No obstante, postula **Stephen Hawking** (1988) que los agujeros negros pueden llegar a “evaporarse”, a través de un complejo proceso.

Una fuerza gravitatoria como esta afecta al espacio-tiempo. Tiene capacidad para curvar el espacio y detener el tiempo; basándose en los postulados de **Albert Einstein** los factores espacio y tiempo están condicionados a la velocidad y a la fuerza

gravitatoria. Sabemos que, según la teoría de la relatividad, cuando se viaja a la velocidad de la luz, el tiempo se detiene; pero cuando se está en la superficie de una estrella tan densa como puede ser un agujero negro, también puede llegar a detenerse el tiempo.

¿Se conoce algún agujero negro? Por definición, es imposible verlos puesto que son estrellas invisibles. Pero pueden detectarse por su campo gravitatorio que afecta a otros astros cercanos, o por los discos de materia en espiral que se crean con la materia que se precipita dentro de ellos, como si de un torbellino marino se tratara, emitiendo rayos X, como ya hemos establecido.

A partir de las oscilaciones gravitatorias de una estrella de la constelación del Cisne —*Cignus X-1*—, creen los astrónomos que debe tener una compañera la cual reúne todos los requisitos para ser un agujero negro.

También es más firme la convicción de que en el centro de las galaxias existen agujeros negros de enormes proporciones que están engullendo estrellas; cada vez se hacen más grandes y con más poder gravitatorio. Por tal motivo, el centro de las galaxias es más brillante que el disco y con fuertes radiaciones de rayos X. Debidos ambos factores a los discos espirales de la materia que se precipita en la estrella.

Las fuentes lejanas de potentes radiaciones que se conocen con el término de *cuásares* son en realidad corazones de galaxias muy alejadas de nosotros, de las cuales nos llegan ahora las emisiones de sus tiempos jóvenes, cuando aún estaban en formación, con agujeros negros en procesos muy activos de engullir la materia cercana.

5. CONCLUSIÓN

El Universo no es estable ni eterno. Hemos comprobado, en la elaboración de este trabajo, que las estrellas pueden evolucionar hacia enanas blancas, estrellas de neutrones o, incluso, agujeros negros. Mientras exista en la galaxia suficiente materia que pueda convertirse en estrellas, se mantendrá llena de luminarias, tal como ahora la conocemos. Pero llegará un tiempo en el que ya no quede materia para mantener el "reciclaje".

Cada vez habrá más enanas blancas y menos estrellas en la secuencia principal. Las enanas blancas irán apagándose poco a poco hasta convertirse en *enanas negras*. Cada vez habrá más estrellas de neutrones y agujeros negros. Y llegará un tiempo en el que la galaxia se apagará; toda ella quedará oscura y llena de cadáveres de estrellas. Las cuales, en días ya lejanos, habían contribuido a iluminar el espacio y hacerlo bello.

BIBLIOGRAFÍA

- ALTSCHULER, D. (2001): *Hijos de las estrellas*. Madrid, Ed. Cambridge U. Press.
- ASIMOV, I. (1986): *El Universo*. Madrid, Alianza Editorial.
- ASIMOV, I. (1986): *El cometa Halley*. Barcelona, Plaza y Janés.
- COMELLAS, J. L. (1987): *Guía del firmamento*. Madrid, Ed. Rialp, S.A.
- DAVIS, P. (1986): *El Universo accidental*. Barcelona, Ed. Salvat.
- GARCÍA CONEJO, J. L. (1996): *Diccionario Enciclopédico de Astronomía*. Madrid, Ed. Equipo Sirius, S.A.
- HENBEST, N. (1982): *El Universo en explosión*. Madrid, Ed. Debate.
- HAWKING, S. W. (1988): *Historia del tiempo*. Barcelona, Ed. Crítica.
- KIPPENHAHN, R. (1987): *Luz del confín del Universo*. Barcelona, Ed. Salvat.
- LUIS, B. (1988): *El Universo. Guía didáctica*. Madrid, Ed. Equipo Sirius.
- MARTÍN ASÍN, F. (1995): *Todas las constelaciones del Zodiaco*. Madrid, Ed. FMA.
- MAYER, B. (1984): *Starwatch*. New York, Ed. Perigee Books.
- MENZEL, D. y PASACHOFF, J. (1986): *Guía de Campo de estrellas y planetas*. Barcelona, Ed. Omega.
- PÉREZ MERCADER, J. (1996): *Qué sabemos del Universo*. Madrid, Ed. Temas de Debate.
- REGINALDO, R. (1992): *Atlas de Astronomía*. Barcelona, Ed. Edibook, S. A.
- RIDPATH, I. y TIRION, W. (1995): *Guía mensual del cielo*. Madrid, Alianza Editorial.
- RIPERO, J. (2001): *El vigía del cosmos*. Madrid, Ed. Equipo Sirius.
- SAGAN, C. (1982): *Cosmos*. Barcelona, Ed. Planeta.
- TREFIL, J. (2002): *El Universo. Imágenes del cosmos*. Washington, D.C., Ed. National Geographic.