

Al Sur del Sur II: El cielo profundo

Cristina Abajas Bustillo
Licenciada en Astrofísica
abajas@ll.iac.es

En esta charla se darán unas breves nociones de la física que hay detrás de esos maravillosos objetos estelares que podremos observar durante la expedición Shelios 2003. La charla está dividida en bloques, cada uno de ellos con un poco de ciencia y los objetos más representativos que veremos.

1.- Estrellas

Las estrellas son cuerpos celestes que poseen luz propia generada en su interior por reacciones nucleares de fusión. Algunas propiedades como el brillo o el color varían de unas a otras: en unas dominan las tonalidades azules, otras son blancas y también las hay amarillas, rojizas y anaranjadas. Su brillo intrínseco aumenta con el tamaño y con su temperatura, y el aparente (el brillo que recibimos desde la Tierra) disminuye con el cuadrado de la distancia a la que se encuentran.

1.1.- Magnitud, distancia y color

La luz de una estrella que se percibe a simple vista se denomina magnitud aparente. Vega, en la constelación de Lira, es una estrella de magnitud 0 (que se usa de referencia). Todas las estrellas más brillantes que Vega tienen magnitudes negativas (Sirius es la más luminosa con una magnitud de -1.46 , el planeta Venus tiene como máximo -4.4 , la Luna llena -12.55 y el Sol -26.7) y todas las estrellas más débiles tienen magnitudes positivas. En principio, el ojo humano puede ver estrellas de magnitud inferior a 5.5, pero las de magnitud 6 requieren una agudeza visual extraordinaria. Esta escala para medir el brillo de las estrellas se basa en el método utilizado por Hiparco en el siglo II antes de Cristo para clasificar las estrellas que se veían a simple vista, y fue dotada de una base matemática a mediados del siglo XIX, de forma que una estrella de magnitud dos es 2.5 veces más brillante que una estrella de magnitud tres. Así, por cada magnitud sumada o restada, las estrellas son 2.5 veces menos brillantes o más brillantes, respectivamente.

Un telescopio de tamaño medio, de unos pocos centímetros de abertura, hace posible la visión de estrellas de magnitud 10 ó 12, y los mejores telescopios situados en la Tierra, de varios metros, pueden captar hasta magnitud 28.

La magnitud aparente no da ninguna indicación sobre la cantidad de luz que emite la estrella en su origen. Esto viene definido por la magnitud absoluta, que se define como la luminosidad de una estrella si ésta estuviera a una distancia de 32.60 años-luz de la Tierra. Por ejemplo, si el Sol estuviera a esa distancia, parecería tener una magnitud aparente de 4.8.

Los diferentes colores de las estrellas reflejan la temperatura de su superficie. Las estrellas azules son las que tienen temperaturas más altas, mientras que las estrellas rojas presentan temperaturas relativamente bajas. Lo que debemos recordar es que el orden es, de calientes a fríos: azul, azul-blanco, blanco, amarillo-blanco, naranja y rojo.

Todas las estrellas están tan alejadas de nosotros que la medida de distancias se basa en el tiempo requerido por la luz para alcanzar la Tierra. La distancia que la luz recorre en un año se denomina año-luz. La estrella más cercana a nosotros es Alfa Centauro, a 4.3 años-luz de nosotros, en la constelación del Centauro. Sólo unas pocas decenas de estrellas conocidas están a menos de 20 años-luz de nosotros.

1.2.- Evolución estelar

1.2.1.- Nacimiento

Las estrellas se forman a partir de nubes de gas y polvo que en un momento determinado comienzan a condensarse por la acción de una fuerza externa, que pudo ser causada por la onda de choque originada en la explosión de una supernova. Muchos millones de años después, la fuerza de atracción gravitatoria hace que en su parte central aumentase mucho la temperatura y se multipliquen los choques entre las partículas. Con ello, la presión y la temperatura llegaron a ser lo suficientemente elevadas como para que los núcleos del principal componente, el hidrógeno, comenzaran a unirse produciendo enormes cantidades de energía. Este proceso encendió un colosal horno termonuclear que, con el tiempo, originó una estrella.

Pero no todas las nebulosas pueden formar estrellas. Si la nube es pequeña y la protoestrella que se genera en su interior tiene una masa inferior a 0.08 masas solares, entonces la presión de la contracción debida a la gravedad no puede generar la temperatura necesaria para que los núcleos de hidrógeno se fusionen. En el extremo contrario, si la protoestrella tiene una masa superior a unas 80 veces la del Sol, la temperatura en el interior de la nube será tan grande que la presión de la radiación impedirá que ésta termine de condensarse. Ese es el motivo por el cual no se encuentran en el Universo estrellas con cientos de masas solares. Cuando la masa es mayor que 0.08 veces la del Sol, la temperatura en el núcleo supera el millón de grados, suficiente para comenzar la fusión del hidrógeno.

1.2.2.- Vida de una estrella: búsqueda del equilibrio

Después de que una estrella se haya formado como tal, mantendrá durante la etapa estable de su vida un doble equilibrio: el térmico y el hidrostático; ambos íntimamente relacionados. Para que se establezca el primero debe ocurrir que la energía producida en su interior sea igual a la irradiada hacia el exterior. En el segundo, la presión en el interior de la estrella debe compensar el peso de las capas superiores. Mientras una estrella se limite a transformar hidrógeno en helio, decimos que se encuentra en una fase tranquila de su vida, llamada secuencia principal.

El equilibrio de la estrella se mantiene a lo largo de millones de años y de él depende su volumen, rompiéndose cuando el combustible comienza a agotarse. A medida que pasa el tiempo, su núcleo es cada vez más rico en helio y más pobre en hidrógeno, con lo que la emisión de energía nuclear disminuye, y con ello la temperatura y la presión. Posteriormente se rompe el equilibrio y el peso de las capas de gas genera una contracción de la estrella con los consiguientes aumentos de presión y temperatura, lo cual hace posible que comience la fusión de helio y se restablezca temporalmente el equilibrio.

Tenemos entonces una estrella que fusiona helio en su núcleo e hidrógeno en una capa a su alrededor. Esta nueva fuente de energía hace que la presión de la radiación sea mayor que el peso de las capas superiores, con lo que la estrella comienza a expandirse, convirtiéndose en una gigante roja. Un ejemplo de esto lo tendremos en nuestra estrella, el Sol, que acabará sus días agotando las reservas de hidrógeno y aumentará tanto de tamaño que llegará incluso a tragarse nuestro planeta, pero eso no ocurrirá hasta dentro de unos 5.000 millones de años.

La fusión del helio produce carbono. Posteriormente, si la masa estelar es suficientemente grande, reiteradas fusiones producirán oxígeno, neón, magnesio y, por último, hierro. La fusión de hierro no libera energía; como consecuencia se rompe el equilibrio debido a que la fuerza de atracción gravitatoria no se ve contrarrestada, por lo que la estrella colapsa, hundiéndose sobre sí misma.

1.2.3.- La muerte de una estrella

La agonía de una estrella comienza cuando pasa por la fase de gigante roja, abandonando la secuencia principal. Pero la verdadera muerte ocurre después. Su final dependerá fundamentalmente de la masa que posea. Una estrella puede acabar sus días de una manera tranquila, convirtiéndose en una enana blanca. Pero si su masa es superior, explotará como supernova, pudiendo dar lugar a una estrella de neutrones o un agujero negro.

1.2.4.- Enanas blancas

Cuando una estrella de poca masa, como el Sol, pasa de la etapa de gigante roja, su región central se contrae y emite hacia fuera las capas externas,

escapando de su atracción gravitatoria. A esta nebulosidad, que encontramos en forma de halo en torno a la estrella, se le denomina nebulosa planetaria. La estrella que queda en su interior es la enana blanca, que tiene un tamaño semejante al de nuestro planeta pero una masa como la del Sol, haciendo que su densidad aumente de tal manera que una cucharada de ese material pesaría varias toneladas. La estrella se irá enfriando lentamente.

1.2.5.- Estrellas de neutrones

En las estrellas con masa mayor que 1.4 masas solares, el colapso no se detiene como ocurre en las enanas blancas, sino que continúa hasta que rebota y explota destruyéndose parte de ella. A esa explosión se le denomina supernova. La luz de esta estrella es tan brillante como la de todas las de una galaxia juntas.

La materia que forma el residuo de la estrella tras la explosión se comprime mucho más que en el caso de una enana blanca, de tal manera que los electrones chocan con los protones y forman neutrones. Así, toda la estrella quedará formada por esas partículas; de ahí su nombre. El tamaño de dicha estrella sería como el de una gran ciudad, por lo que su densidad es enorme: una cucharada pesaría millones de toneladas.

La estrella al contraerse a un tamaño tan pequeño comienza a girar a gran velocidad, emitiendo gran cantidad de señales de radio periódicamente a través de dos conos opuestos. A este tipo de faro cósmico se le denomina púlsar.

1.2.6.-Agujeros negros

Si la estrella original tiene una masa superior a las 3 masas solares no hay nada que pueda detener la implosión, colapsa sobre sí misma, la materia se concentra mucho y la gravedad resultante hace que ni siquiera la luz pueda escapar de ella. Por ese motivo se le denomina agujero negro, que sólo se puede detectar gracias a las perturbaciones que se producen en otros cuerpos cercanos.

1.3.- Eta Carinae

Bien sabido es que no existe una sola estrella estable. Aun cuando cada noche vemos que las estrellas permanecen ahí sin grandes cambios, en realidad, en mayor o menor grado, éstas tienen cambios que, como en el caso de nuestro Sol, son lentos y de poca magnitud, mientras que en otros pueden ser verdaderamente violentos.

Uno de esos casos, y posiblemente el más especial entre las estrellas, es el de Eta Carinae, ubicada en la constelación Carina. Esta estrella o estrellas son posiblemente las más masivas e inestables registradas en la historia de la observación astronómica. Está en una zona donde la Vía Láctea atraviesa densamente el cielo y Eta Carinae, en sí misma, es uno de los objetos más notables del cielo del hemisferio Sur. Se encuentra a 59° de Declinación Sur, lo

que significa que no puede verse en ubicaciones del hemisferio Norte por encima de los 31° latitud Norte y con mucha dificultad, por las brumas del horizonte y la polución, en ciudades de latitud mayor a 16° Norte.

A una distancia de 8.800 años-luz, Eta Carinae se encuentra inmersa en una nebulosidad conocida como NGC3372 (figura 1), que contiene algunas aglomeraciones de estrellas, algunas de las cuales podrían simplemente estar en la línea de visión. Esta circunstancia evita que se pueda discernir, en principio, si se están observando una o más estrellas.

Con un telescopio pequeño pueden notarse callejones oscuros en tres áreas brillantes de la nebulosa, con Eta Carinae en el vértice del área principal. En el bloque donde se encuentra Eta Carinae existe una mancha oscura que tiene la forma del agujero donde se inserta una llave antigua, por ello a la nube se le conoce como la "Nebulosa de la Cerradura". A diferencia de otras nebulosas, la mancha oscura que separa el bloque principal no parece polvo oscuro bloqueando la luz de las estrellas; por el contrario parece que las nubes de gas luminoso simplemente están separadas en el espacio. En el centro de la nube existen estrellas jóvenes muy calientes, de no más de 1 millón de años, consideradas entre las más calientes de la galaxia. Por su parte, Eta Carinae está rodeada de una nebulosidad bilobular denominada "homúnculo", producto de la explosión de 1843. En la figura 2 se ven dos lóbulos con textura de coliflor separadas por lo que parece ser un delgado disco.



Fig.1.- A la izquierda se ve la nebulosa Eta Carinae con un tamaño de $3.0^\circ \times 2.5^\circ$ (AAO/ROE). A la derecha tenemos, en detalle, la estrella Eta Carinae cerca de la nebulosa de la cerradura.

En caso de ser una sola estrella, Eta Carinae tendría una masa 100 ó 150 veces superior a la del Sol (más de cien veces la materia que tiene nuestra Estrella). Esto la hace 4 millones de veces más luminosa que el Sol.

Sin embargo, estudios más recientes analizando la luz de la estrella dan indicios de que en realidad habría no una, sino dos estrellas girando muy próximas y con masas 70 veces la del Sol, lo que aun así sigue siendo un

récord. La interacción entre las dos estrellas provocaría una violenta actividad asociada con la nebulosidad que la rodea.

Por esta altísima masa, Eta Carinae es un sistema muy inestable. En 1841 tuvo un incremento de luminosidad que la llevo a ser la segunda estrella más brillante de todo el cielo a pesar de su distancia. Esto pudo haber sido ocasionado por una violenta expulsión de material. Posteriormente, el brillo de la estrella disminuyó hasta dejar de ser visible a simple vista, siendo posible captarla sólo con binoculares o telescopio.

El telescopio espacial Hubble logró obtener dramáticas imágenes que muestran los lóbulos de gases que Eta Carinae está emitiendo y que se encuentran en expansión. En los últimos cuatro años ha sido posible observar cómo ese gas está escapando a alta velocidad.

Por su masa, Eta Carinae es una estrella que vive muy poco tiempo, no más de un millón de años. Como comparación, el Sol tiene una edad de 5.000 millones de años. Pero además, Eta Carinae es un excelente candidato a supernova o quizá a hipernova, que es un nuevo modelo de estrella explosiva asociada con emisiones observadas de rayos gamma.

Aunque es difícil de pronosticar, esta estrella podría convertirse en hipernova en los próximos 10.000 años, lo que a escala cósmica es un lapso muy corto. De suceder esto, habría que calcular los efectos que tendría la lluvia de radiación gamma sobre la Tierra, que alteraría fuertemente la vida sobre nuestro planeta.

Por ahora, lo que resta es mantener un seguimiento del brillo y condiciones de esta estrella, en espera de tener un modelo que nos permita prever, de forma más precisa, lo que ocurrirá en el futuro.

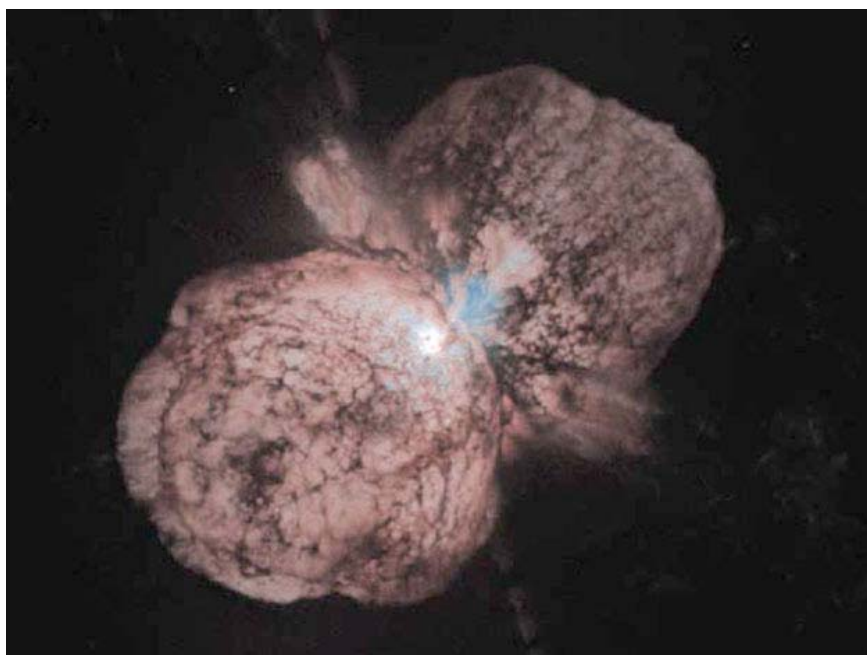


Fig.2.- Eta Carinae rodeada de la nebulosa bipolar homúnculo (J. Morse, K. Davidson).

2.- Cúmulos estelares

Algunas veces las estrellas aparecen agrupadas formando cúmulos, y estos pueden ser abiertos o cerrados.

2.1. Clases de cúmulos estelares

2.1.1.- Cúmulos abiertos:

Los cúmulos abiertos son relativamente jóvenes con respecto a la escala cósmica, con centenares de estrellas contenidas en una región de unos 30 años-luz de diámetro. Las Pléyades (M45) se formaron hace sólo 100 millones de años. Otros ejemplos de cúmulos abiertos son: M11 (en el Escudo), M16 (Nebulosa del Águila), M103 (en Casiopea).

Las estrellas de los cúmulos abiertos se forman a partir de la misma nube de gas y, por esta razón, tienen la misma composición química y una edad similar. Además, todas ellas están a la misma distancia de la Tierra. A medida que pasa el tiempo, las estrellas que forman los cúmulos abiertos se van separando progresivamente y, al cabo de unos cientos de millones de años, el cúmulo se disgrega y las estrellas buscan su destino en solitario. Se pueden observar muchos en las inmediaciones de la Vía Láctea y, por ello, son también conocidos como cúmulos galácticos.

2.1.2.- Cúmulos cerrados:

Los cúmulos globulares cerrados están formados por millares o centenares de millares de estrellas de origen común, situadas en regiones de 300 años-luz de diámetro, formando una enorme bola esférica. El cúmulo globular más cercano a nosotros es M4 en Escorpión cerca de la brillante estrella Antares. M3 (en Escorpión), M13 (en Hércules) y M15 (en Pegasus) son brillantes y fáciles de ver. Desde el hemisferio Sur podemos ver dos cúmulos globulares cerrados, Omega Centauro, en la constelación del Centauro, y 47 Tuc en la del Tucán.

Los científicos han llegado a la conclusión de que todos los cúmulos globulares son muy viejos, quizás 10.000 millones de años. Por otra parte, los cúmulos abiertos presentan una amplia gama de edades; algunos pueden estar en proceso de formación en la actualidad.

Los cúmulos globulares se sitúan dentro de un volumen esférico denominado halo galáctico, que rodea el disco de la Vía Láctea, y giran alrededor de su centro. Las estrellas que forman estos cúmulos prácticamente no tienen elementos pesados en su composición, lo que indica que son objetos antiguos, constituidos con el material original con el que se formó la galaxia.

2.2.-Las Pléyades (M45):

El más notable de los cúmulos abiertos es sin duda alguna el de las Pléyades, en la constelación de Tauro, observado desde Florencia por Galileo, quien veía a simple vista seis de sus componentes, aunque con el anteojo detectó 36. El nombre de las Pléyades viene de la mitología griega, que cuenta que siete hermanas, hijas de Atlas, fueron perseguidas por Orión y se refugiaron en el cielo.

Unos prismáticos revelan que hay docenas de estrellas en este cúmulo estelar, situado a 410 años-luz, formado por cientos de ellas y que mide sólo 13 años-luz de diámetro. Una nebulosa, aproximadamente del tamaño aparente de tres Lunas llenas, las envuelve. Sus estrellas se han ido formando a partir de una nube de polvo estelar a lo largo de los últimos 50 millones de años.



Fig.3.- Cúmulo de las Pléyades, también conocido como las Siete Hermanas o M45. Son bastante evidentes las nebulosas de reflexión azules que rodean a las brillantes estrellas del cúmulo.

2.3.- 47 Tuc (NGC 104):

Ligeramente hacia el oeste de la Pequeña Nube de Magallanes, aunque sin estar conectado a ella, tenemos a 47 Tuc, un cúmulo globular grande y altamente concentrado, cuyo brillo es suficiente (magnitud total 5) como para que pueda detectarse con facilidad a simple vista. Está situado en la nebulosa

del Tucán. Es uno de los cúmulos globulares más próximos, a una distancia de sólo 20.000 años-luz.



Fig.4.- Cúmulo globular 47 Tuc (W. Keel et al.).

2.4.- Omega Centauro (NGC 5139):

Omega Centauro es uno de los cúmulos globulares más brillantes y de mayor tamaño. Su diámetro aparente es el de la Luna llena. A simple vista parece una estrella borrosa de magnitud 4, pero a través de unos prismáticos o un pequeño telescopio se parece a una mancha borrosa. Este cúmulo contiene millones de estrellas.



Fig.5.- Millones de estrellas en Omega Centauro (Loke Kun Tan).

3.- Nebulosas

3.1.- Historia

Las nebulosas –nubes de gas y polvo que parecen brumas a simple vista- son algunos de los objetos más bellos que se pueden observar en el espacio.

Charles Messier, asistente de observación del Observatorio Marino del hotel de Cluny de París, fue uno de los buscadores de cometas más famosos de la segunda mitad del siglo XVIII. En sus cacerías nocturnas por los cielos, Messier frecuentemente observó objetos con aspecto nebuloso que fácilmente eran confundidos con cometas. Hacían falta varias noches de observaciones para distinguir estas nebulosas de los cometas, que a diferencia de éstas se mueven con respecto a las estrellas fijas. Con el fin de facilitar la búsqueda de cometas, Messier decidió hacer un catálogo de nebulosas. El último catálogo que publicó contaba con 110 objetos.

En aquel entonces, William Herschel disfrutaba ya de enorme fama: en 1781 se había convertido en el primer hombre en descubrir un planeta (Urano), motivo por el cual disfrutaba de una pensión real. El rey de Inglaterra financió su telescopio de 40 pies de largo con un espejo de más de un metro de diámetro. Alrededor de 1783 Herschel obtuvo una copia del catálogo de Messier, el cual despertó su interés por las nebulosas. En ese momento Sir William Herschel emprendió un programa de estudio de 20 años de duración en el que descubrió más de 2.000 nebulosas.

Tal vez la enorme popularidad del catálogo de Messier, en particular entre los astrónomos aficionados, tiene que ver con su tamaño. Cien objetos no son demasiados como para abrumar a un entusiasta, y al mismo tiempo son suficientes para darnos un panorama bastante completo acerca de la vida de las estrellas y el Universo. El catálogo de Messier incluye principalmente regiones de formación de estrellas, nebulosas de reflexión iluminadas por estrellas muy brillantes que acaban de formarse, cúmulos de estrellas recién nacidas, nebulosas planetarias arrojadas por estrellas similares al Sol, restos de supernovas, cúmulos globulares, galaxias espirales, galaxias elípticas e irregulares.

El estudio de estos objetos en los últimos dos siglos, y particularmente en los últimos 50 años, ha sido fundamental para llegar a comprender cómo se forman las estrellas y cómo está constituido el Universo. Es irónico que el catálogo de Messier, originalmente creado con el propósito de descartar estos molestos objetos que entorpecían la búsqueda de cometas, nos haya abierto el camino hacia una mayor comprensión de las estrellas, las galaxias y el Universo en general.

Posteriormente se creó un nuevo catálogo, mucho más extenso, llamado Nuevo Catálogo General. En él los objetos se identifican con un número; por ejemplo, la nebulosa de la Tarántula es NGC 2070.

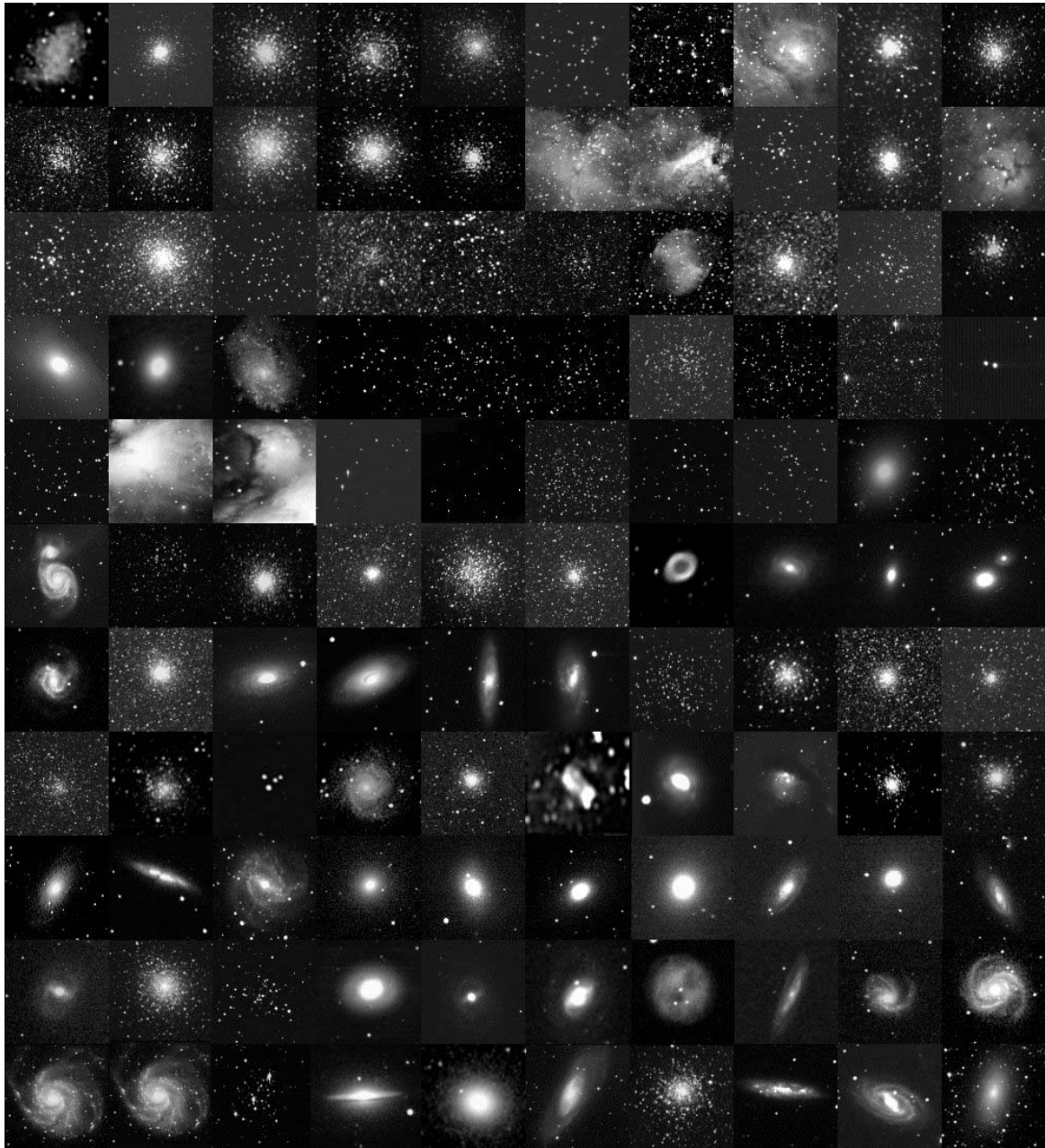


Fig. 6.- En orden numérico aparece M1 (la nebulosa del Cangrejo) en la esquina superior izquierda, y con 11 filas de 10 objetos cada una, acaba en M110, una pequeña galaxia elíptica satélite de la Vía Láctea (P. Gitto).

3.2.- Clases de Nebulosas

La palabra nebulosa (del latín nebula, que significa nube) se refiere a las conglomeraciones de gas y polvo que se encuentran en el espacio entre las estrellas. Su constitución varía mucho, y pueden ser grandes cantidades de hidrógeno, metano y sustancias orgánicas. Aunque todas las nebulosas son diferentes entre sí, resulta útil agruparlas de acuerdo a ciertas características comunes.

3.2.1.- Nebulosas Planetarias:

Algunas nebulosas representan envolturas de gas desprendidas de estrellas moribundas. Las nebulosas planetarias y los restos de supernovas constituyen buenos ejemplos. Las nebulosas planetarias tienen este nombre porque a menudo aparecen en los telescopios pequeños como discos verdosos pequeños; sus imágenes telescópicas son parecidas a Urano y Neptuno, pero las semejanzas no van más lejos. El aspecto verdoso se debe a que el oxígeno caliente, en ciertas condiciones, emite gran cantidad de radiación verde.

Ejemplos de nebulosas planetarias son M57 o nebulosa de la Lira, y M27 o nebulosa de Dumbbell en Vulpécula.

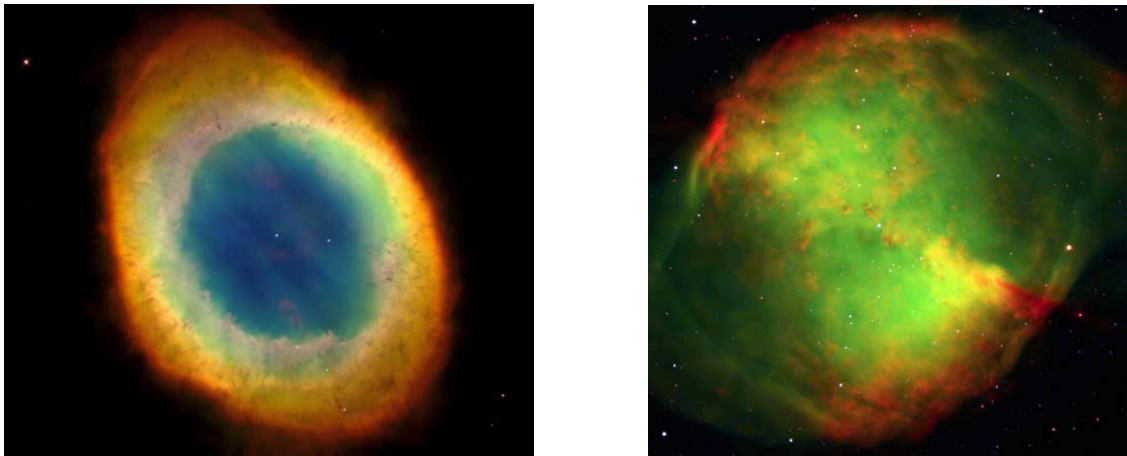


Fig. 7.- A la izquierda M57 (Hubble Heritage Team) y a la derecha M27 (FORS Team, 8.2-meter VLT, ESO).

3.2.2.- Nebulosas de reflexión:

Otras nebulosas indican presencia de gas y polvo que todavía rodea a las estrellas jóvenes. El polvo refleja la luz estelar hacia la Tierra, dando lugar a una nebulosa de reflexión. Las nebulosas que rodean a las estrellas de las Pléyades son nebulosas de reflexión.



Fig. 8.- A la izquierda NGC 1435 de Y. Kitahara, y a la derecha la nebulosa de la Cabeza de la Bruja (IC 2118) de G. Greaney.

3.2.3.- Nebulosas oscuras:

Otras nebulosas son oscuras y absorben la radiación procedente de detrás. Se trata de las nebulosas oscuras o de absorción. La nebulosa de la Laguna (M8) reluce con una luz roja de hidrógeno y presenta una banda oscura absorbente que la atraviesa. El saco de carbón austral se halla en plena constelación de la Cruz del Sur, su extensión se ha estimado en unos 70 años-luz de diámetro y ocupa en el cielo 7 grados.

Algunas nebulosas contienen pequeñas nebulosas oscuras en las cuales pueden estarse formando estrellas. La nebulosa M16 (nebulosa del Águila) en la constelación de la Serpiente es un buen ejemplo de ello o la nebulosa de la Cabeza del Caballo en Orión. Debido a que las radioondas y los rayos infrarrojos penetran en las nebulosas mejor que la luz visible, hoy en día los científicos interesados en el nacimiento de las estrellas están estudiando las nebulosas en todas las partes del espectro.



Fig. 9.- En el centro de la imagen, y justo debajo de la Cruz de Sur, está el Saco de Carbón, esta nebulosa de absorción tan característica. (Greg Bock, Southern Astronomical Society).



Fig. 10.- De izquierda a derecha: M16 (D. Malin), M8 (D. Malin) y la nebulosa de la Cabeza del Caballo (Nigel Sharp).

3.2.4.- Nebulosas de emisión:

Otras nebulosas emiten luz y se denominan nebulosas de emisión. Son las más brillantes, gracias a la energía que desprenden las estrellas en su interior. En ellas la nebulosa está tan cerca de las estrellas que por la energía que recibe de ellas empieza a emitir su propia luz. El ejemplo más conocido es la Nebulosa de Orión (M42), en cuyo interior nacen muchas estrellas. Es visible a simple vista, pues aparenta ser una estrella en el centro de la espada de Orión. Incluso con unos prismáticos se puede ver como una nube luminosa.

La nebulosa de Norteamérica en la constelación del Cisne constituye otro ejemplo de nebulosa de emisión con una nebulosa de absorción que define los límites que percibimos. En este caso la parte de la nebulosa de emisión que impresiona la retina tiene aproximadamente la forma del continente de Norteamérica. Debe observarse que son visibles pocas estrellas en la zona equivalente al Golfo de México, debido a la nebulosa de absorción oscura situada en ella.

Hay que recordar que las nebulosas no son como las nubes de la Tierra. En realidad, en su interior las partículas pueden estar separadas entre sí por kilómetros de distancia. El hecho de que se vean tan densas se debe a que, debido a la distancia a la que se encuentran de nosotros, podemos ver grandes extensiones del espacio, conteniendo trillones de kilómetros cúbicos.



Fig. 11.- Nebulosa de Norteamérica (Dominique Dierick & Dirk De la Marche).

3.3.- Nebulosa del Cangrejo (M1-NGC 1952)

Otras nebulosas se originan por la explosión de una supernova, en la que los restos de las estrellas son expulsados a gran velocidad por la potencia del estallido. Éste es el caso de la Nebulosa del Cangrejo, en la constelación de

Tauro, que es lo que queda de una supernova observada en la Tierra el 5 de Julio del año 1054.



Fig. 12.- Nebulosa del Cangrejo, M1(S. Kohle, T. Credner et al.).

Esta nebulosa, que se encuentra situada al este de la constelación del Cangrejo, es el objeto Messier M1 y está a unos 6.500 años-luz de nosotros. Cuando se produjo la supernova su luminosidad fue tal que durante varias semanas pudo contemplarse su brillo incluso durante el día. Actualmente es una nebulosa de magnitud 8.3. Los gases de la explosión se siguen expandiendo actualmente a una velocidad de 1.000 kilómetros por segundo. En su centro se encuentra un púlsar, una estrella de neutrones, que da una vuelta sobre sí mismo cada 30 milisegundos y que nos envía, siguiendo ese ritmo de rotaciones, radiación visible, rayos X y radio.

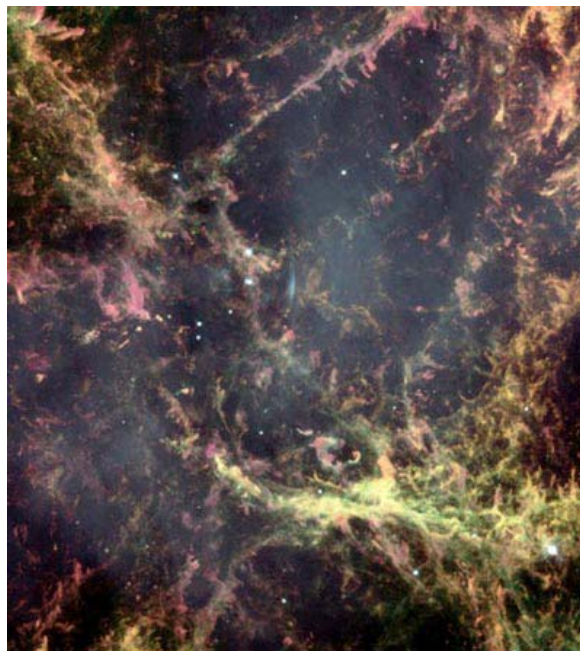


Fig. 13.- Detalle de M1 tomado con el telescopio espacial Hubble (William P. Blair et al.).

3.4.- Nebulosa de Orión (M42):

Cerca de las Tres Marías (uno de los nombres por el que se conoce a esa parte de la constelación de Orión), hay un grupo apretado de estrellas conocido como la "espada de Orión". La estrella del medio, en realidad, es un fascinante complejo de estrellas y nebulosas conocido en su conjunto como "la Gran Nebulosa de Orión", lleva el número 42 del catálogo Messier y tiene un diámetro de 15 años-luz. En el corazón de esta nube yace el trapecio, cuatro estrellas situadas a unos 470 pársecs (1.500 años-luz) de la Tierra, cuya denominación oficial es Theta Orionis. La más brillante, una estrella gigante y azul, es responsable del espectacular brillo de la nebulosa de Orión. ¿Cómo ocurre? Los fotones de alta energía (rayos X y ultravioleta) emitidos por la estrella son absorbidos por los átomos del gas, tras lo cual una serie de complejos procesos culminan en la reemisión de luz visible cuyo color depende de la composición química del gas.

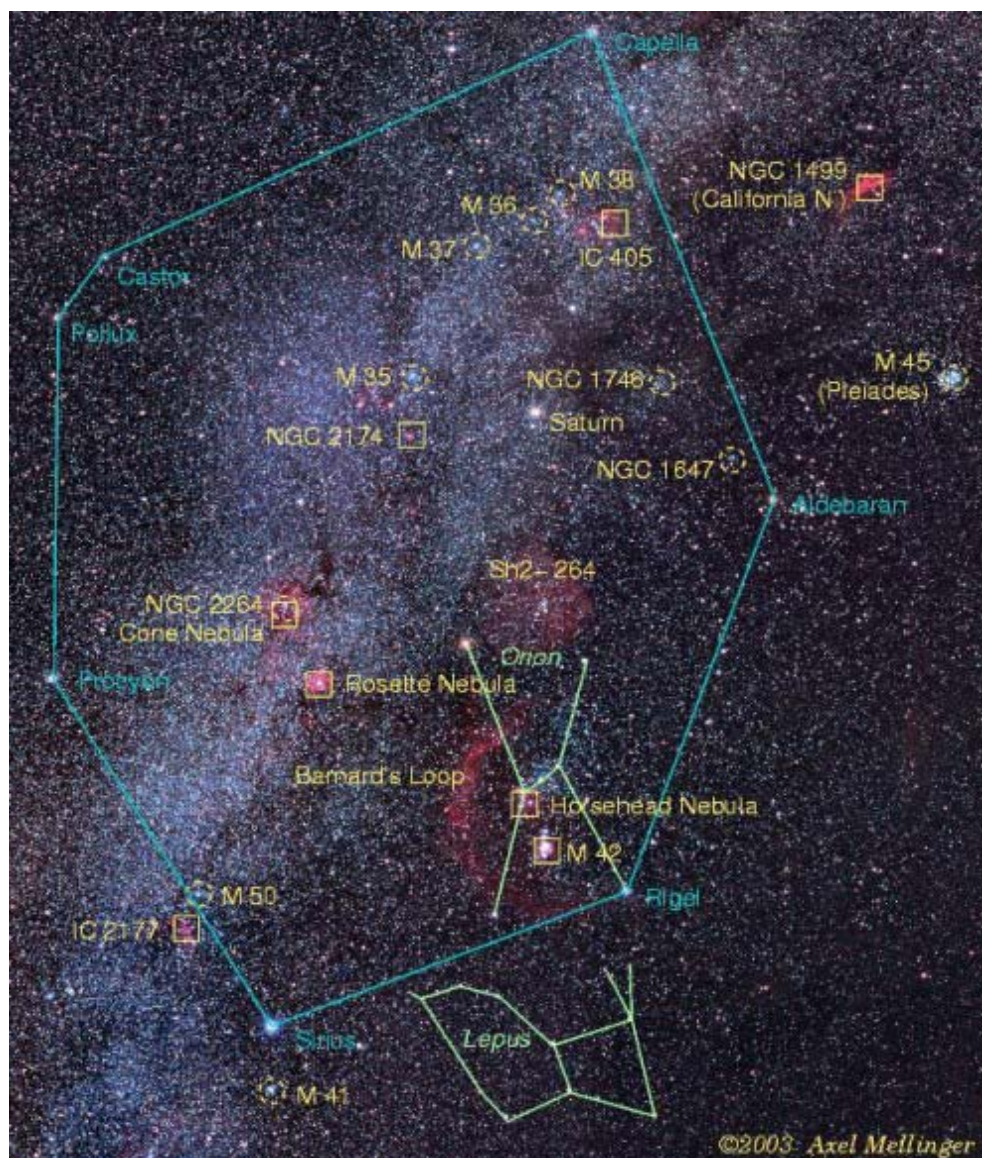


Fig. 14.- Situación de la nebulosa de Orión (M42) respecto de la Vía Láctea. En la parte superior derecha están las Pléyades (A. Mellinger).

Así, el rojo lo produce el hidrógeno y el verde el oxígeno presentes en el gas. Los filamentos y nebulosidades sugieren una increíblemente compleja dinámica impulsada por la energía estelar circundante.

En los últimos diez millones de años se han formado en la Gran Nebulosa de Orión decenas de miles de estrellas. Si el Sol, una estrella madura, tuviese 40 años, estas estrellas apenas tendrían un mes.

La nebulosa de Orión es sin duda uno de los objetos más populares entre los aficionados, y fácil de observar, ya que es visible con cualquier tipo de telescopio, incluso con prismáticos.



Fig. 15.- Nebulosa de Orión, M42 (R. Gendler).

3.5.- Nebulosa de la Tarántula (NGC 2070):

La nebulosa de la Tarántula, también conocida como NGC2070, es la mayor nebulosa de emisión existente en los cielos, detectable a simple vista. Está situada en la Gran Nube de Magallanes, a 169.000 años-luz de distancia. Tiene forma de bucle y rodea a la estrella 30 Doradus (el Dorado, la Carpa Dorada). Más de cien estrellas supergigantes se agrupan en su centro, que es una región de nebulosidad en la cual se forman estrellas (coloquialmente conocido como “criadero” de estrellas). Cerca de allí explotó una supernova en 1987, y mediante el estudio del decaimiento de su luz se pudo determinar la distancia a la que se encuentra dicha nebulosa.

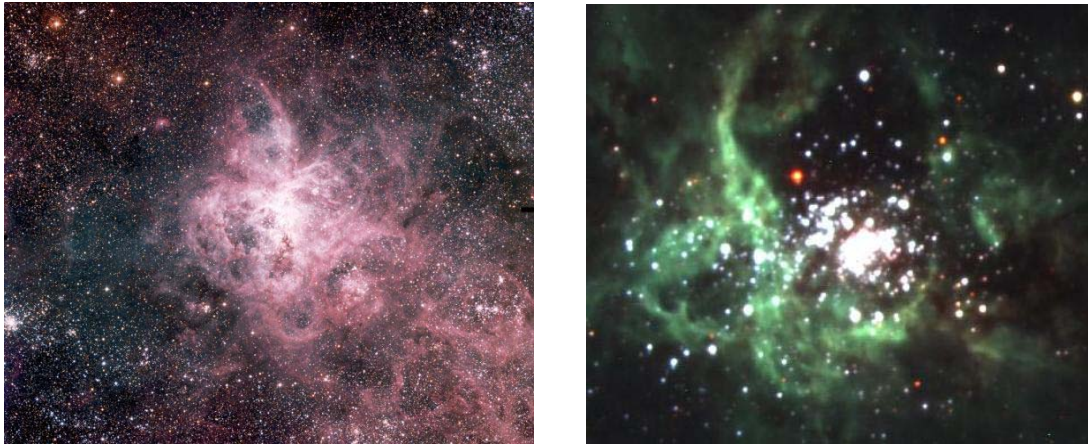


Fig. 16.- A la izquierda, vista de la nebulosa de la Tarántula (M. Schirmer, T. Erben, M. Lombardi). A la derecha, detalle de la nebulosa alrededor de 30 Doradus (S.A.A.O.).

4.- Galaxias

Los objetos espaciales como las estrellas y las nebulosas no están distribuidos de forma uniforme en todo el espacio, sino que están agrupados en inmensos sistemas llamados galaxias.

Nuestra galaxia, la Vía Láctea, es una de los millones de galaxias del Universo. La mayoría de ellas son demasiado débiles y están demasiado alejadas como para ser percibidas a simple vista o con prismáticos, pero es fascinante estudiar sus formas con un telescopio.

En una noche oscura se puede ver a simple vista una banda de luz que cruza el cielo; se trata de nuestra propia galaxia, la Vía Láctea, cuyo nombre latino quiere decir “camino de leche”. El término galaxia procede de la palabra “*galax*” que significa leche en griego. Según la mitología, Hermes fue enviado por Zeus para que llevase a Hércules a que la diosa Hera lo amamantara. Succionó con tanta fuerza que, al ser separado, roció el cielo con un chorro de leche. Si utilizas unos prismáticos comprobarás que esa banda está llena de estrellas, la mayoría de las cuales son demasiado débiles, de manera que percibimos la combinación de la luz de millones de ellas en un tenue brillo. Sus componentes más representativos son los cúmulos abiertos.

4.1.- Tipos de galaxias

Según su forma, podemos clasificar las galaxias en tres tipos principales: espirales, elípticas e irregulares.

4.1.1.- Galaxias espirales

Las galaxias espirales son galaxias como la nuestra y representan a las tres cuartas partes de las galaxias observadas por el hombre. Toman la forma de discos relativamente poco gruesos que despliegan brazos formados por estrellas jóvenes y gas. Estos brazos parecen salir en forma de espiral desde el bulbo central de la galaxia. Cerca del 30% de las galaxias tienen brazos espirales. En unas, las de tipo S, los brazos salen directamente desde el

núcleo, mientras que otras, las del tipo SB, tienen una especie de barra central simétrica de la cual salen los brazos espirales, por lo que se denominan galaxias espirales barradas.

Dependiendo de la posición de la galaxia respecto de nosotros (de frente o de perfil), podemos observar, en el primer caso, los brazos espirales y, en el segundo, la gran cantidad de polvo oscuro que impide el paso de la luz. Esto último se ve en la Vía Láctea, sobre todo si miramos hacia el centro de la galaxia, donde la gran cantidad de polvo y materia oscura nos impide ver su núcleo.

Los tipos de galaxias S y SB se subdividen en: Sa, que son las que presentan los brazos sin desplegar; Sb, que los presentan a medio desplegar, como son los casos de la nuestra o la de Andrómeda; y Sc, que tienen los brazos totalmente desplegados.



Fig. 17.- A la izquierda la galaxia M104 o Galaxia del Sombrero, del tipo Sa, pero vista de canto. A la derecha M51 o galaxia Whirlpool (W. Keel), del tipo Sc.



Fig. 18.- Galaxia espiral barrada NGC 1365 (FORS Team, ESO), del tipo SBc. Es la segunda galaxia más brillante del cúmulo de Fórnaix.

4.1.2.- Galaxias elípticas

Las galaxias elípticas tienen forma de elipsoide o balón de rugby. Por lo general no contienen nubes de gas y polvo, ni tampoco estrellas azules jóvenes. La mayor parte de sus estrellas son bastante viejas y se concentran en el centro de la galaxia. Estas galaxias, denominadas tipo E, presentan tamaños muy diferentes; pueden ser desde un poco más grandes que un cúmulo globular hasta las mayores que se conocen, con masas cercanas al millón de millones de veces la del Sol y alcanzar el enorme tamaño de 100.000 años-luz de diámetro. Dos de cada diez galaxias observadas son elípticas. Algunas galaxias elípticas son muy aplanadas, y se les llama lenticulares, con un núcleo como las galaxias en espiral pero sin mostrar brazos. A cada galaxia elíptica se le asigna un número entre 0 y 7. Las galaxias más elípticas son E7 y las más circulares E0, como por ejemplo M87.



Fig. 19.- Galaxia elíptica M87, del tipo E0 (D. Malin).

4.1.3.- Galaxias irregulares

Las galaxias irregulares son aquellas que no tienen una forma definida, ni son espirales ni elípticas. Estas galaxias denominadas de tipo I son más pequeñas que las espirales; tienen estrellas viejas y jóvenes y gran cantidad de polvo y nubes. Algunos son objetos que han sido distorsionados gravitatoriamente por otro cuerpo similar. Representan el cinco por ciento de las galaxias, aunque es posible que su número sea mayor del que se cree, pues al ser menos luminosas son más difíciles de detectar. Ejemplos de ellas los tenemos en las dos galaxias más cercanas a la Vía Láctea: las Nubes de Magallanes.



Fig. 20.- Galaxia irregular M82 (P. Challis).

4.2.- El Grupo Local y los cúmulos de galaxias

Nuestra Vía Láctea pertenece a un grupo de galaxias cercanas que se denomina Grupo Local, compuesto por una treintena de ellas en un radio de 3 millones de años-luz. El grupo está dominado por Andrómeda (la mayor de todas), la Vía Láctea y M33, otra galaxia espiral con un tamaño un poco menor que la mitad del de nuestra galaxia. La mayoría de las galaxias del grupo local son de forma elíptica y contienen menos de una milésima del número de estrellas que tienen Andrómeda, la Vía Láctea o M33. De hecho, después de estas tres galaxias, las Nubes de Magallanes son las mayores del grupo.

Hay una gran cantidad de cúmulos de galaxias. Algunos de ellos, los más cercanos, pueden verse con pequeños telescopios en las constelaciones de Virgo y Coma Berenices, donde las galaxias se cuentan por centenares. En el centro de los cúmulos suele haber una o varias galaxias gigantes elípticas y se supone que éstas son el resultado de la colisión de varias que se han unido. Los cúmulos están agrupados entre sí formando supercúmulos que albergan miles y miles de galaxias.

Nuestro Grupo Local de galaxias pertenece al súper grupo llamando Cúmulo de Virgo. También se conocen otros cúmulos de galaxias: Cúmulo de Coma a 300 millones de años-luz y el de Hércules a 500.

A una distancia entre 169.000 y 190.000 años-luz se hallan las dos galaxias satélites de la Vía Láctea: La Pequeña y la Gran Nube de Magallanes.

A 2.2 millones de años-luz se encuentra la colosal galaxia de Andrómeda, M31, que al igual que la nuestra tiene dos galaxias satélites, M32 y NGC205.



Fig. 21.- Cúmulo de galaxias de Coma (O. López-Cruz et al.).



Fig. 22.- Cúmulo de galaxias de Virgo (Digitized Sky Survey, Palomar Observatory, STScI) que incluye M61, M87, M90 y M100.

4.3.- Andrómeda y las Nubes de Magallanes

4.3.1.- Un poco de historia:

Desde principios del siglo XX se sabía que el Sol y todas las estrellas que podemos ver a simple vista forman parte de la Vía Láctea, nuestra galaxia, la cual agrupa a unos cien mil millones de estrellas. Sin embargo, ya entonces existía la duda de si la Galaxia, la gigantesca ciudad en que vive nuestra estrella, contenía a todos los objetos celestes y por tanto la Galaxia y el Universo eran la misma cosa. Si bien se sabía que las estrellas eran parte de la Vía Láctea, faltaba por determinar si los distintos tipos de nebulosas, como Andrómeda y las Nubes de Magallanes, estaban también dentro de ella.

Alrededor de 1920 quedó establecido que las Nubes de Magallanes, descubiertas por el explorador Fernando Magallanes en 1519, son en realidad objetos externos a nuestra galaxia, aunque bastante cercanos. Entre las dos nubes contienen menos del 20% del número de estrellas de nuestra galaxia. Mientras que la Vía Láctea es una galaxia con una forma espiral bien definida, la Gran Nube de Magallanes tiene una estructura espiral más irregular, mientras que la Pequeña Nube de Magallanes carece de forma definida. Se piensa que esto se debe probablemente a que la fuerza que ejerce nuestra propia galaxia sobre la Pequeña Nube tiende a separar las distintas componentes de ésta, y por lo tanto a romperla. Si bien la Pequeña Nube ha podido resistir el embate de nuestra galaxia, los astrónomos han podido observar algunas evidencias del daño que ha sufrido.

Uno de los eventos astronómicos más sobresalientes del siglo pasado fue la explosión de una supernova en la Gran Nube de Magallanes en febrero de 1987. Se trató de la primera supernova visible a simple vista en 383 años, de

hecho la primera desde la invención del telescopio. Desde el momento de su descubrimiento ha sido investigada con detenimiento y los astrónomos han podido obtener información única sobre este proceso, en el cual una estrella de gran tamaño termina su vida brillando como miles de millones de estrellas al explotar y arrojar su materia al espacio. Gracias al estudio de esta supernova se ha podido determinar con precisión la distancia a la que se encuentra la Gran Nube de Magallanes.

Los astrónomos de los años veinte no quedaron muy satisfechos con un Universo constituido por una galaxia mayor, la nuestra, y dos satélites. Muchos de ellos tenían la sospecha de que el Universo era mucho más vasto.

Un objeto del hemisferio Norte que podría ser ajeno a la Vía Láctea era la gran nebulosa de Andrómeda, otro objeto de los cielos de invierno. Se trata de un objeto débil que sólo puede verse en los cielos oscuros del campo o la montaña. Sin llegar a ser tan espectacular como las Nubes de Magallanes, Andrómeda es prácticamente la única nebulosa visible a simple vista para la gran mayoría de los habitantes del planeta. Andrómeda, quien en la mitología griega fuera encadenada por su hermano Cefeo y posteriormente liberada por Perseo, es uno de los objetos astronómicos de los que más hemos aprendido.

Edwin Hubble, uno de los astrónomos más sobresalientes de todos los tiempos y cuyo nombre lleva el telescopio espacial, demostró que Andrómeda es efectivamente una galaxia aparte de la nuestra. La distancia entre la Vía Láctea y Andrómeda resulta ser de más de dos millones de años-luz, es decir más de diez veces mayor que la distancia a las Nubes de Magallanes. Gracias al descubrimiento de Hubble, quedó establecida la existencia de otras galaxias y el Universo conocido dejó de estar limitado a nuestra galaxia. De hecho, Andrómeda, con más de 400.000 millones de estrellas, es cuatro veces mayor que la Vía Láctea: se trata de una de las galaxias espirales más grandes que se conocen.

En las décadas de los treinta y cuarenta quedó establecido que el Universo es miles de veces mayor de lo que se pensaba hasta ese momento. El primer paso en este cambio de nuestros conceptos fue el demostrar que el Universo no termina en la Vía Láctea y que existen miles de millones de galaxias. De todas éstas sólo hay tres que podemos ver a simple vista: las Nubes de Magallanes y Andrómeda, los objetos más lejanos que el ojo humano puede percibir.

4.3.2.- Gran Nube de Magallanes:

La Gran Nube de Magallanes, en la constelación de Dorado, se halla a 169.000 años-luz de la Vía Láctea, que a su vez mide 100.000 años-luz, y forma una mancha en el cielo de 6° de diámetro. Contiene al menos 30.000 millones de estrellas, incluidas algunas supergigantes cuyo tamaño es superior al de las presentes en nuestra galaxia. Como mínimo, 400 nebulosas planetarias y más de 700 cúmulos abiertos están situados dentro de la Gran Nube, junto con unos 60 cúmulos globulares, la mayoría de los cuales son semejantes a los que se hallan dentro de nuestra galaxia.

Las áreas más sorprendentes de la Gran Nube son las regiones brillantes enormes de hidrógeno resplandeciente en donde estrellas supergigantes proveen de energía a las nebulosas de emisión. Más de 50 nebulosas difusas aparecen visibles con telescopios de tamaño medio. La más sorprendente es NGC 2070 (nebulosa de la Tarántula).

La estrella más brillante es S Doradus, perteneciente al cúmulo abierto NGC 1920. S Dor es una estrella variable irregular cuya magnitud varía entre 8.6 y 11.7. Su luminosidad media es 500.000 veces superior a la del Sol.

Cerca de la Gran Nube se encuentra Alpha Carinae, denominada también Canopus, que con una magnitud de -0.72 es la segunda estrella más brillante del firmamento. Debido a que es tan brillante y está tan aislada con respecto a otras estrellas brillantes del firmamento, Canopus es usada a menudo para la navegación por naves espaciales que se dirigen hacia los planetas externos.



Fig. 23.- A la izquierda de la foto esta la Gran Nube de Magallanes y a la derecha la Pequeña Nube de Magallanes (W. Keel).



Fig. 24.- Gran Nube de Magallanes, con la nebulosa de la Tarántula en la parte central superior de la imagen (AURA/NOAO/NSF).

4.3.3.- La Pequeña Nube de Magallanes:

La Pequeña Nube de Magallanes, en la constelación del Tucán, está situada a 190.000 años-luz de distancia. A simple vista parece una mancha con forma de renacuajo y 3.5° de diámetro. Ligeramente hacia el oeste, pero sin estar conectada a ella, tenemos a 47 Tuc (NGC 104), un cúmulo globular muy cercano.



Fig. 25.- Pequeña Nube de Magallanes con el cúmulo globular 47 Tuc a su derecha (D. Malin).

4.3.4.- Galaxia de Andrómeda (M31-NGC 224):

M31, también conocida como NGC 224 o simplemente Andrómeda, es la mayor galaxia espiral cercana a la Vía Láctea. Su aspecto es el de una mancha elíptica difusa, y es el objeto más lejano que podemos ver a simple vista (2.2 millones de años-luz de distancia), con una magnitud de 3.8.

M31 tiene dos compañeras elípticas poco brillantes, M32 (NGC221), de magnitud 9.2, y NGC 205, algunas veces conocida como M110, de magnitud 8.8. M32 tiene un aspecto brumoso, redondo y brillante, mientras que NGC 205 parece algo mayor, aunque no tan brillante.

A la izquierda de M31 está M33, la espiral más brillante del firmamento septentrional excepto M31. M33 se extiende por un área de aproximadamente el tamaño de la Luna, pero puede resultar difícil encontrarla, con una magnitud de 5.7.



Fig. 26.- Localización de Andrómeda respecto de la Vía Láctea y las constelaciones del Cisne y Casiopea (J. Lodriguss).



Fig. 27.- M31, Andrómeda (R. Gendler).



Fig.28.- A la izquierda NGC 205 (B. Keel), y a la derecha M32 (J.-C. Cuillandre), ambas galaxias elípticas enanas satélites de M31.



Fig. 29.- Galaxia espiral M33 (R. Gendler).