

### 10.1. DESCRIPCION DE UNA GALAXIA

Una galaxia es una **Isla de estrellas** inmersa en nubes de gas y polvo; en su interior, las estrellas se organizan en cúmulos que han nacido de una misma nube de gas y polvo. Dichas estrellas, aunque congénitas, pueden estar unidas por la gravedad, o bien, pueden estar alejándose lentamente unas de otras.

En el primer caso, se trata de **cúmulos globulares o cerrados**, donde el grupo tiene forma esférica, y está constituido por con cientos o miles de estrellas viejas o de la población II, en el segundo caso, por regla general, se tienen **cúmulos galácticos o abiertos**, denominados así por su forma irregular dada la dispersión de las estrellas, cuyo número de

miembros es de algunos cientos de estrellas de la población I. Distinguimos en la galaxia su núcleo, su halo y su plano medio con brazos espiralizados.

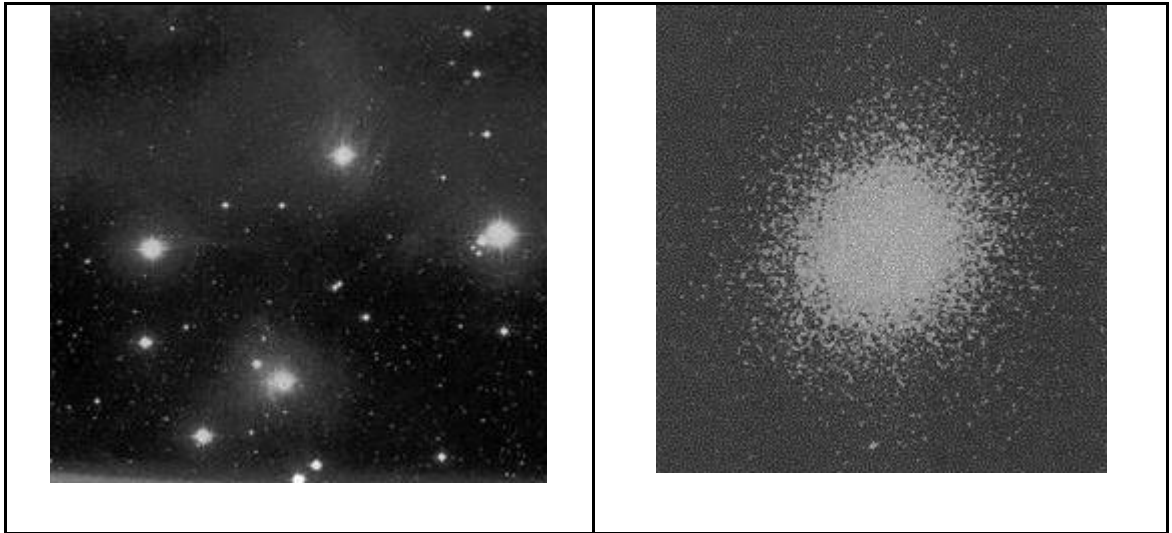


Figura 10.2. Apariencia lejana de dos clases de cúmulos: Imágenes del cúmulo estelar abierto de las Pléyades (izq) y del cúmulo estelar cerrado Tucanae (der). Fuente, cien mil millones de soles. Rudolf Kippwenhahn.

### 10.1.1. Poblaciones estelares

Son dos diferentes grupos de estrellas. En la **población I** entran las estrellas de formación reciente como el Sol, que se encuentran en los brazos espirales de las galaxias; estas estrellas tienen elementos más pesados o metálicos. En la población II entran estrellas viejas, a veces contemporáneas con la formación de la galaxia, que se encuentran o en su núcleo galáctico o en los cúmulos globulares del halo. En la **población II** las estrellas casi no contienen elementos pesados, son de primera generación, con escaso contenido metálico pero ricas en hidrógeno.

Las poblaciones pueden dividirse así:

1. Población I extrema (estrellas O y B, estrellas d Cephei, cúmulos abiertos).
2. Población I más vieja (estrellas A, gigantes normales, estrellas con fuertes rayas metálicas).

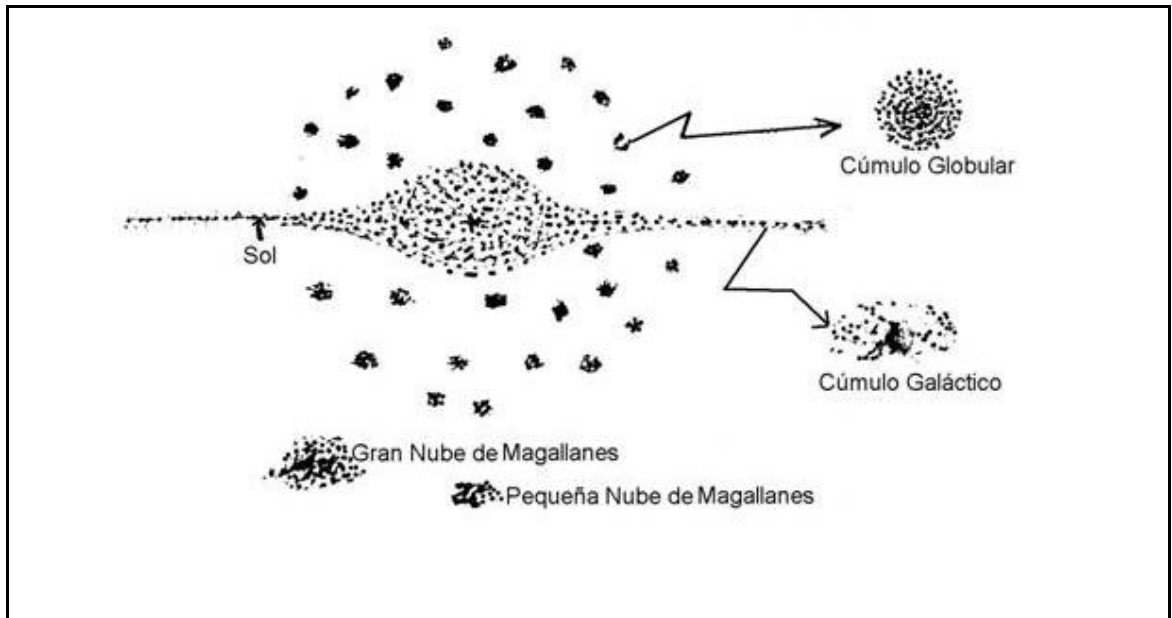


Figura 10.3. Apariencia lejana de dos clases de cúmulos: con la posición relativa del Sol y las dos Nubes de Magallanes. En detalle los cúmulos estelares abiertos y cerrados típicos de esta galaxia.

4. Población II intermedia (estrellas Mira de período corto, estrellas con velocidades superiores a los 30 km/s, perpendiculares al plano galáctico).

5. Población II del halo (estrellas en cúmulos globulares, estrellas Rr Lyrae, subenanas).

Al observar nuestra galaxia, podemos identificar algunas estructuras, como el halo, el núcleo, el plano medio galáctico y el eje de rotación del sistema y el disco galáctico.

**El halo** es el volumen redondeado de la galaxia formado por cúmulos cerrados con órbitas poco circulares y muy inclinadas respecto al **plano medio** de la galaxia. La región es pobre en gas y polvo y las estrellas orbitan a gran velocidad.

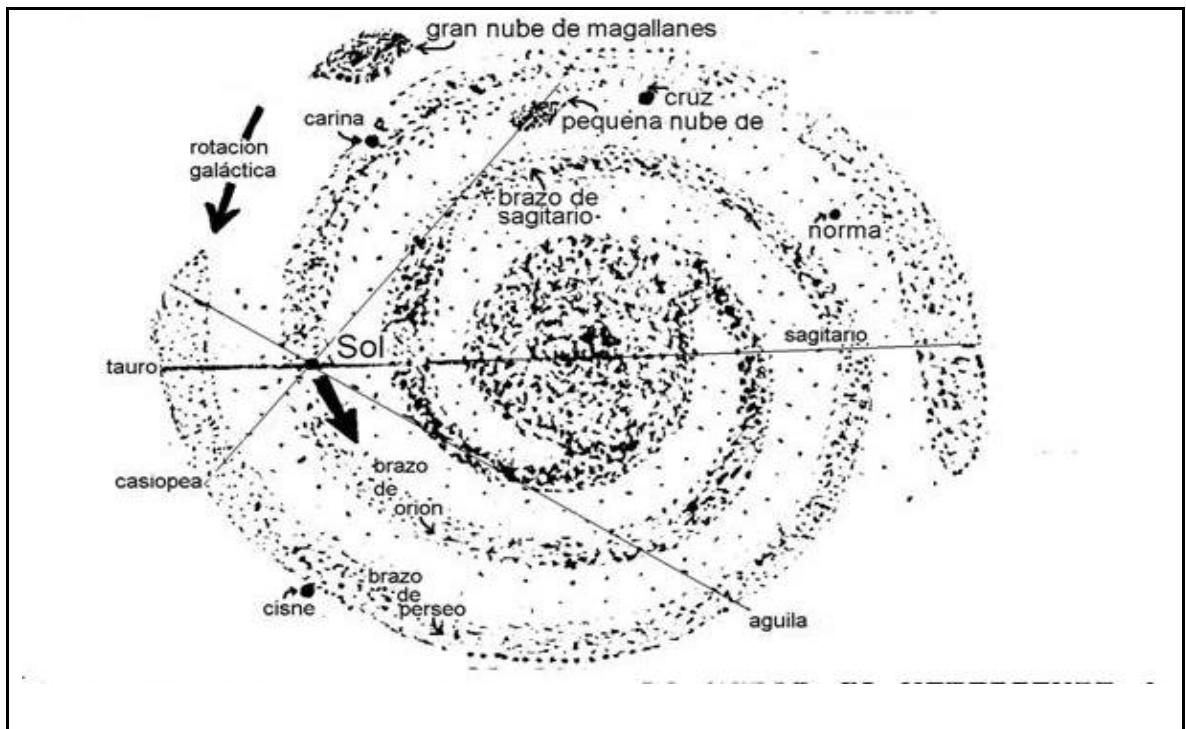


Figura 10.4. Planta de La Vía Láctea: se muestran la rotación galáctica, las Nubes de Magallanes, el Sol sobre el brazo de Orión y este entre los brazos de Sagitario y Perseo.

**El disco** es el contorno de los brazos espirales localizados en el plano medio, donde las estrellas son jóvenes y se encuentran sumergidas en medio de gas y polvo. Las estrellas aquí, en cúmulos galácticos generalmente, están orbitando con trayectorias muy circulares y siempre perpendiculares al eje de rotación de la galaxia. Por lo tanto, si las estrellas del halo no comparten la rotación galáctica, las del disco si la comparten. La rotación galáctica es diferencial. Los objetos del centro son rápidos y los del disco lentos. El Sol podría pasar de un **brazo** a otro, mientras transita la galaxia con órbita casi circular.

**10.1.2. Clasificación Galáctica.** Según J.P. Hubble, la clasificación de las galaxias es la del diagrama de la Fig. 10.5. Con E se codifican las elípticas, con SO las lenticulares, con S las espirales, con SB las barradas y con Ir las irregulares.

Se ha propuesto un **esquema evolutivo de las galaxias** sugiriendo que ellas empiezan sus vidas como estructuras esféricas que paulatinamente se van achatando, al contraerse gravitacional mente, haciéndose elípticas y aumentando su velocidad rotacional.

A su vez, las elípticas evolucionarán a espirales normales o barradas, mientras los núcleos van perdiendo importancia volumétrica y los brazos se van desarrollando. Las irregulares, en éste esquema, son las galaxias más jóvenes que acabarían, como quiera que nunca muestran estructura espiral o elipsoidal definida y que son agregados de polvo, gas y estrellas distribuidas aleatoria mente, siendo el resultado final de la evolución galáctica.

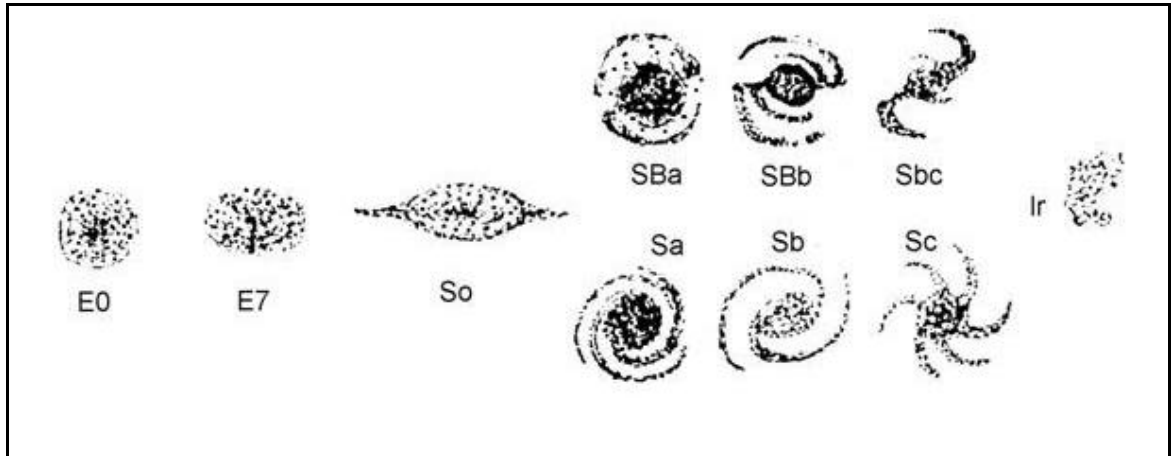


Figura 10.5. Sistema de clasificación de las galaxias: La frecuencia de las elípticas es 15%, de las lenticulares 6%, de las espirales 76% y de las irregulares 3%. Las subclases 0-7 de las E, muestra aplastamiento creciente. En las subclases a-c de las B y SB, se muestran núcleos cada vez menos robustos

Pero **la dificultad de esta teoría**, en la cual las galaxias esféricas se transforman en elípticas, y estas en espirales, aparece cuando las observaciones señalan que las galaxias esféricas son tan lentas en su rotación, que difícilmente se achatarían; aún más, las elípticas no pueden desarrollar brazos espirales mientras de rotación no sea diferencial en un grado mínimo, ni pueden generar espirales teniendo más masa que estas.

Un importante interrogante surge sobre la relación de las galaxias con los cuásares. ¿Son los segundos, acaso, la fase inicial de las galaxias?. Se sabe que los núcleos galácticos son muy activos y que esta actividad varía entre unas y otras galaxias, posiblemente reduciéndose su intensidad con el tiempo. Los cuásares, son estructuras que muestran el estado de la materia a gran escala, en épocas vecinas al origen del Universo.

Inicialmente se da el colapso de una nube de polvo y gas cuando su densidad supere el valor crítico que permita el colapso gravitacional. La acreción será discreta formándose estrellas en cúmulos aislados. Nace así la galaxia irregular rica en polvo y gas y en estrellas de la población I. Por el giro no rígido de la galaxia, empieza a espiralizarse y se consolidan su núcleo y su halo, pudiendo ser espiral normal S o espiral Barrada SB.

Con el tiempo, los brazos se enroscan más pasando la galaxia de Sc hasta Sa o de Sb<sub>c</sub> hasta SB<sub>a</sub> (1/3 de las galaxias espirales son barradas). Se puede presumir que la forma lenticular de la galaxia en este momento, se debe al hecho de que el polvo y el gas se estabilizan en el plano medio, y no lejos de éste, porque la fuerza centrífuga es escasa cerca del eje de rotación.

Existirá una tendencia en las estrellas de las espirales a pasar al núcleo transformando la galaxia en el tipo SO, que muestre poco gas y polvo y núcleo más brillante, quedando relativamente pocas estrellas de la población I. La fase siguiente de la galaxia, es transformarse en Elíptica; (inicialmente tipo E7 muy achatada y por último EO muy esférica). En el último estadio la galaxia a perdido polvo, las estrellas son de la población II, su densidad ha aumentado y también su velocidad de rotación.

**La dificultad de esta teoría** evolutiva está en que no hay ningún mecanismo que pueda transformar ninguna estructura aplanada, como el núcleo de una galaxia espiral, en estructura esférica, y ni siquiera elipsoidal. Recuérdese además que las masas de las elípticas son más grandes que las de las espirales, sin que haya manera alguna de que una espiral llegue a completar la masa de una elíptica.

**Oort propuso un esquema** evolutivo en el que las elípticas forman una secuencia evolutiva y las espirales otra, sin ningún cruce. Según la teoría, la nebulosa intergaláctica inicial que dará vida a la nueva galaxia, tomará uno u otro destino, dependiendo de la cantidad de gas y polvo y de la cantidad de movimiento del sistema. Las que tengan deficiencia en una u otra cosa, o en ambas, llegarán a ser finalmente galaxias elípticas.

- **El tamaño y la masa.** De otro lado, la distribución global de estrellas en las galaxias elípticas y en los núcleos de las galaxias espirales, está directamente relacionada con la masa de un agujero negro del núcleo galáctico. Tampoco las galaxias más masivas son necesariamente de mayor tamaño que las menos masivas, pues suelen tener estructura es diferente: las más masivas presentan mayor concentración de masa en torno a su centro, casi siempre a causa del agujero negro supermasivo central.

Es posible estimar la masa del agujero negro central a partir de la dispersión de velocidades en la galaxia, o lo contrario La medida en la dispersión de velocidades, supone el examen por la luz del flujo galáctico a partir de imágenes con largos tiempos de exposición.

### **10.1.3. Cúmulos de galaxias y supercúmulos de galaxias**

Los primeros se denominan también hipergalaxias. Las galaxias se organizan en colonias desde docenas hasta miles en cada una. Los segundos (Metagalaxias) son cúmulos de cúmulos, los cuales se distribuyen uniformemente en el espacio.



Algunos cúmulos galácticos (nombres dados por la región), son:

Virgo, a 36 a. l., con 2500 objetos, alejándose a 1150 K/s

Pegaso I a 130 a. l., con 100 objetos, alejándose a 3800 K/s

Piscis a 130 a. l., con 100 objetos, alejándose a 5000 K/s

Cáncer a 160 a. l., con 150 objetos, alejándose a 4800 K/s

Perseo a 175 a. l., con 500 objetos, alejándose a 5400 K/s

Gemini a 570 a. l., con 200 objetos, alejándose a 23300 K/s

Bootes a 1240 a. l., con 150 objetos, alejándose a 39400 K/s

## **10.2. LA VÍA LÁCTEA Y EL GRUPO LOCAL**

Es nuestra galaxia con 100 mil millones de estrellas. El diámetro es de 100 mil años luz, el espesor de 20 mil años luz y estamos sobre el plano galáctico, a 30 mil años luz del centro. La galaxia muestra por lo menos tres brazos así: el de Sagitario a 24 mil años luz del centro galáctico, el de Orión (conteniendo el Sol) a 30 mil años luz del centro galáctico y el de Perseo a 36 mil años luz.

Gonzalo Duque-Escobar

**El Sol órbita la galaxia** a 250 km/seg y tarda unos 200 millones de años en completar su órbita. Por el giro no rígido de la galaxia, para tener un sistema de referencias, el patrón local de reposo se definió como el volumen de espacio hasta 100 parsec contados desde el Sol en el que las velocidades se han promediado a cero. Las condiciones propicias para la vida en la galaxia suponen un cinturón en el plano medio de nuestra galaxia: lejos de su núcleo activo para escapar a la radiación, pero antes de alcanzar la periferia, donde faltan los elementos pesados y sólo abundan H y He.

**Las dos nubes de Magallanes** son satélites de la Vía Láctea a modo de un sistema planetario; la mayor de las nubes a 160 mil años luz tiene 10000 millones de estrellas y un diámetro de 35 mil años luz; y la menor a 190 mil años luz tiene 1000 millones de estrellas y un diámetro de 20 mil años luz. Ambas son tipo irregular mientras la Vía Láctea es del tipo  $S_b$ .

### 10.2.1. El grupo local y el súper grupo local

El grupo local (nuestra hipergalaxia) lo conforman unas 30 galaxias siendo las más importantes la nuestra y la de Andrómeda (que en estrellas supera en 1.5 veces a la Vía Láctea); ambas separadas 2re los extremos tema. En este cúmulo reducido tenemos también M 32 (compañera de Andrómeda), M 33 (Nebulosa del Triángulo), And I, And II, And III (también compañeros de Andrómeda), Leo I, Leo II (ambos a 750 mil años luz), las del catálogo NGC de números 6822 (tipo Ir), 185 (tipo E0), 205 (tipo E6) y 147 (tipo E4), la IC 1613 (galaxia Ir de 10000 a. l. de diámetro), la Carina, la Formax, la Draco y Sculptor. Todo el cúmulo de galaxias en un volumen con un radio próximo a los 2.5 millones de años luz.

Pero el grupo local pertenece al **súper grupo local** (metagalaxias) cuyo centro es Virgo a 50 millones de años luz de nosotros y compuesto por miles de galaxias ligadas gravitacionalmente en estructuras hipergalácticas. Entre sus muchos miembros (50? cúmulos) diseminados en un volumen de unos 75 millones de años luz, se destacan Osa Mayor, Canes Venatici, Sculptor, grupo local, M 66, M 101, M 81, los NGC 4274, 3245, 5566, etc.

No obstante hay otros supercúmulos con cúmulos tan destacados como Boyero el más lejano fotografiado, distante unos 5 mil millones de años luz y quien se aleja a la mitad de la velocidad de la luz, o el de Cabellera con unos 1000 miembros brillantes a 400 años luz ubicado, como su nombre lo indica, en la constelación Cabellera de Berenice.

- **La Gran Pared.** Hasta 1960 se suponía que la distribución de las galaxias en el espacio era aproximadamente uniforme, es decir, prácticamente al azar. La excepción eran las acumulaciones que aparecían en ciertas regiones, por la presencia de cúmulos de galaxias; hasta unos diez años atrás, algunos astrónomos también defendían la idea de que esos cúmulos se conectaban entre sí.

Sin embargo, hoy se ha analizado la distribución espacial de miles de galaxias gracias a modernas técnicas de mapeo y se encuentra que la distribución de galaxias en el espacio sigue esquemas muy distintos a los que se creía.

Además de los cúmulos y supercúmulos de galaxias, la distribución de las galaxias muestra que también existen regiones totalmente vacías de galaxias en oposición a las grandes acumulaciones.

Gonzalo Duque-Escobar

La Gran Pared es una extensa estructura de galaxias de unos 500 millones al de extensión por 15 millones al de espesor, separada por zonas donde no se observan galaxias. Las observaciones recientes indican que las galaxias se ubican sobre las superficies de enormes burbujas, dentro de las cuales habría un vacío completo y La Gran Pared parece ser una zona que delimita dos de esas gigantescas burbujas. Todas las zonas estudiadas corresponden a regiones relativamente cercanas a la Vía Láctea, parecen responder a esta clase de estructura.

### **10.3. ACCIONES E INTERACCIONES DE GALAXIAS**

**Galaxias Seyfert:** de núcleo muy brillante y desplazamiento al rojo moderado; Contienen gases a alta temperatura, la mayoría son espirales, parecen el puente entre las galaxias corrientes y los Cuásares.

**Los objetos BSO:** Galaxias que semejan estrellas azules, pero con enormes cambios al rojo. Son semejantes a los cuásares en distancia, luminosidad y tamaño pero no emiten radio ondas. Por ser más numerosos se supone que viven más tiempo que los Cuásares.

**Galaxias N:** sistemas muy distantes, de pequeño núcleo muy brillante; supuestamente son elípticas, también se relacionan con los Cuásares.

**Galaxia Makariana:** aquella que desprende mucha radiación ultravioleta, muchas de ellas son tipo Seyfert.

**Objeto BL-Lagarto:** objeto relacionado con Cuásares pero más cercano (poco desplazamiento al rojo) y similar a una estrella pero cambia con rapidez de brillo. Se supone que es galaxia elíptica de núcleo muy brillante y además radiofuente. Se supone sea una galaxia en explosión.

**Galaxia Infrarroja:** galaxia con emisión anómala (intensa y en detrimento del azul). El desequilibrio supone el efecto Maser de amplificación de microondas (funciona como el láser) y se cree que la extraordinaria regeneración de estrellas (varias veces al año) excita el polvo y gas galáctico a velocidades de 1600 km/seg produciéndose el efecto megamaser. Los gases almacenan energía alcanzando niveles de equilibrio inestables, posteriormente el efecto pasa y los niveles energéticos caen liberándose la energía acumulada.

**Radiogalaxias.** La Radioastronomía una de las disciplinas más recientes de la Astronomía, surgida en la década de los 40, utiliza el radiotelescopio para medir y ubicar la intensidad de las fuentes emisoras de señales estelares y no estelares en el espacio. Luego, con telescopios convencionales, se intenta identificar estas fuentes, resultando pertenecer a planetas, estrellas, nebulosas, galaxias, o a otras fuentes que no tienen identificación visual.

Gonzalo Duque-Escobar

Entre las fuente, algunas parecen ser galaxias de aspecto peculiar y otras son galaxias de apariencia normal. Estas últimas exhiben características que indican un cierto grado de actividad en sus núcleos o en otra región de sus estructuras. Ambas se denominan radiogalaxias.

Las galaxias elípticas como la Centaurus A, se cuentan entre las más potentes fuentes radioemisores.

**Nota:** En el núcleo de la Vía Láctea se supone un agujero negro, en un torbellino de gas con un radio de 2500 millones de kilómetros. El torbellino rota a 750 km/seg y por la radiación que produce en la región (Sagitario-A), se estima temperaturas de 100 millones de °K y una densidad aproximada de 3 millones de masas solares, en un radio entre 5.7 y 14 billones de kilómetros. Cosa similar existiría en las galaxias M 32 y M 87.

#### **10.4. AGUJEROS NEGROS, QUASARES Y GALAXIAS.**

La estrecha relación entre agujeros negros y galaxias surge porque vez se están descubriendo más agujeros negros en el centro de las galaxias. Sobre quien aparece antes, unos proponen que fueron primero las galaxias porque los agujeros negros surgen cuando la masa se acumula en el centro de las galaxias, hasta colapsar. Otros sostienen lo contrario: que en torno a la enorme gravedad de los agujeros negros se reúnen gas, polvo y estrellas, provocando la formación de las galaxias.

- **Quien primero** En la Universidad Ohio han encontrado más pruebas de que los agujeros negros se forman antes que las galaxias que los contienen. Después de estudiar una población de cuasares ubicados a unos doce mil millones de años, han encontrado que en esta temprana edad del Universo, estas jóvenes galaxias energéticas, activas a modo de grandes donde se formaban nuevas estrellas también contaban con un agujero negro masivo, completamente formado.

La conclusión es entonces que existe una conexión entre las galaxias y los agujeros negros supermasivos de sus centros y esa permite determinar la masa de estos enigmáticos objetos del Universo, a partir de la imagen de las galaxias donde residen

La masa de los agujeros negros supermasivos varía entre un millón y mil millones de soles. Aún así, el radio del "horizonte de sucesos" que marca la frontera de un agujero negro de un millón de masas solares, es sólo unas cuatro veces mayor que nuestra estrella.

- **Canibalismo galáctico.** En los centros de los mayores cúmulos de galaxias, se encuentran galaxias mayores que las normales, rodeadas por una nube de cúmulos globulares, de tamaño excepcional Una hipótesis es que estas enormes galaxias crecieron absorbiendo materia de las galaxias vecinas, lo que se ha denominado canibalismo galáctico.

- **Galaxias interactuantes.** Existe un gran número de galaxias dobles o sistemas de dos galaxias interactuando gravitatoriamente entre sí. Algunos de esos sistemas muestran

Gonzalo Duque-Escobar

casos de galaxias espirales conectadas por sus brazos (si son espirales) o de galaxias elípticas conectadas a través de una estructura difusa. Estos sistemas dobles de galaxias interactuantes, están asociados a fuentes emisoras de radiación, únicamente detectable con radiotelescopios.

Se ha sugerido que esos sistemas podrían ser galaxias en colisión. El mecanismo responsable de la intensa radiación observada debe explicarse por la interacción de las nubes de polvo y gas sí pueden interactuar y no por la colisión de estrellas que es menos probable.

- **Quasares y galaxias.** Se pregunta si los quásares son un estado particular en el desarrollo y evolución de las galaxias: en sus primeras fases de evolución. El brillo de los quásares varía de forma irregular, tanto en radio ondas como en luz visible.

Su análisis sugiere que el origen de su emisión no es el resultado de la presencia de estrellas y que la intensa energía proveniente de los quásares parece deberse a procesos diferentes a los estelares, pues se trataría de radiación que no depende de la temperatura del cuerpo emisor.

Se han detectado explosiones de Rayos X en los quásares; En noviembre de 1989, el quásar PKS 0558-504 duplicó su radiación X en sólo 3 minutos. La cantidad total de energía emitida la que emite el Sol en millón de años.



Los desplazamientos al rojo de las líneas observados en sus débiles espectros como en el de las galaxias, anuncian la expansión del Universo. Sin embargo, algunos astrónomos que sugieren otra posibilidad tienen la evidencia de corrimientos al rojo, totalmente diferentes. Obtenidos de quásares aparentemente conectados físicamente a galaxias próximas a ellos. Lo más probable es que esas interacciones entre quásares y galaxias son conexiones aparentes.

Galaxias y quásares se perfilan como astros claves para definir la estructura que tendría el Universo; cuestión de carácter fundamental para la Cosmología, en la cual se plantean varios modelos, ninguno de ellos aceptado por completo, hasta no poseer datos observacionales suficientes para elegir uno entre todos.

El descubrimiento de los quásares se debió a su intensa emisores de radio ondas, pero luego pudo determinarse que también son fuentes de Rayos X, radiación ultravioleta, luz visible e infrarroja, es decir, una emisión intensa en todo el espectro electromagnético. En 1963 M. Schmidt identificó por primera vez el quasar 3C 273, resultando estar a unos 2000 millones de al y ser el objeto más alejado en ese entonces. Posteriormente, por el corrimiento al rojo de todos los quásares, mayor que el de las galaxias conocidas, se comprobó que ellos se encontraban más distantes que cualquier galaxia y en las fronteras del Universo conocido. El quasar más alejado observado hasta 1992 es el designado como PC1158+4635 (en dirección de la constelación de Osa Mayor); su distancia se ha estimado en los 10 mil millones de al. Se ha estimado que las dimensiones de los quásares no superan la del Sistema Solar, mientras su radiación total excede con creces a la de 100.000 millones la del Sol.