

Tema # 9:

GALAXIAS

En el siglo XVIII, Williams Herschell, a la sazón un músico aficionado a la astronomía, se dedicó a la construcción de grandes telescopios con el fin de descubrir nuevos cometas, ello le permitió el descubrimiento del Planeta Urano y observar una plétora de nebulosas, algunas de ellas con formas espirales, elípticas e incluso en forma de sombrero. A comienzos del siglo XX, quedó establecido por medio del estudio de los espectros de estos astros, que tales “nebulosas” se encontraban fuera de nuestra Galaxia (la Vía Láctea) y se les denominó Universos Islas, galaxias o “nebulosas extra-galácticas”.

Edwin Hubble clasificó en 1924, mas de un centenar de ellas en tres grandes grupos de acuerdo a su morfología. Las galaxias amorfas o irregulares como las llamadas “nubes de Magallanes” (dos galaxias satélites de la Vía Láctea), las galaxias espirales (como Andrómeda y la Vía Láctea) y las que semejaban un sombrero o tienen forma lenticular, denominadas elípticas.



Fig. 9-1 Las Galaxias M31 (Andrómeda) y la Larga nube de Magallanes son dos de las Galaxias más próximas a la Vía Láctea.

9-1 La galaxia Andrómeda, ese conjunto de mas de cien mil millones de estrellas o soles, nubes de hidrógeno y de polvo, similar a un disco espiral aplastado, es la imagen mas parecida a nuestra propia Galaxia “La Vía Láctea”. Distante a tan solo 1,5 millones de años luz. Aunque le veamos como un trémula estrellita cerca de la constelación del Pegaso en una noche clara, su área nebular puede distinguirse en un área del cielo tan grande como la propia luna vista con un telescopio de mediano aumento.

La galaxia Andrómeda es también conocida como M31, vale decir como el Objeto del Catálogo de nebulosas número 31; realizado por el astrónomo Charles Messier en el siglo XVIII. Su nombre de Andrómeda, refiere a su ubicación en la constelación homónima ideada por la mitología griega para recordar a la hija de Casiopea y Cefeo; reyes etíopes, de vida legendaria.

No fue sino hasta 1925, luego de que Hubble encontrara **estrellas Cefeidas** en dicha “nebulosa” y por consiguiente logrará estimar su distancia a nosotros, cuando se comprendió que M31 era en realidad un Universo-isla, y que, al igual que centenares de otras “nebulosas difusas”, contenían millones de soles. Durante décadas se había mantenido la controversia entre H. D. Curtis y sus colegas sobre si las galaxias eran o no sistemas de estrellas externos a la propia Vía Láctea.

Andrómeda es una de las galaxias mejor conocidas, por su cercanía a nosotros, posee una región central de forma elíptica con densidad mucho mayor que los brazos espirales, tiene dos galaxias enanas satélites numeradas en el nuevo catálogo general (NGC) 205 y 221, y contiene varios cúmulos globulares con centenares de estrellas cada uno, fuera de la estructura espiral, de suerte tal que la galaxia posee un halo esférico tenue, de gases, algunas pocas estrellas dispersas y cúmulos globulares. Este halo, no visible en las fotografías contiene en su interior al disco galáctico con un tamaño de 65 000 años luz.

9-2 Las Nubes de Magallanes. Cuando Fernando de Magallanes circunnavegó la patagónia en 1519, advirtió un par de nubecillas inmóviles en el cielo austral, difusas y brillantes justo al sur de la brillante estrella Canopus. Las estrellas de brillo débil que circundan a estas nubes serían luego catalogadas por los navegantes holandeses Pieter Keiser y Frederick de Houtman en los años 1595-1597 y la bautizaron como la constelación del Dorado.

Las dos nubes difusas registradas por Magallanes hoy se les denominan la Gran y Pequeña nubes de Magallanes respectivamente y son un espectáculo del cielo, visibles a simple vista para observadores (como nosotros) situados por debajo de los 15° de latitud Norte.

La Gran Nube de Magallanes (LMG) con sus más de mil millones de soles o estrellas, es en realidad una galaxia espiral similar pero con una estructura alargada o de barra central, técnicamente se le dice del tipo SB (espiral barrada). La LMG está situada a 170 mil años luz de nosotros, digamos décima parte de la distancia que nos separa de la galaxia Andrómeda. Su diámetro es de unos 26 mil años luz, digamos que es una cuarta parte del tamaño de la Vía Láctea. En su barra central puede observarse con telescopios medianos, varias regiones activas de formación de estrellas, constituidas por nebulosas de aspecto rojizo, debidas al hidrógeno ionizado. Destacándose entre ellas la denominada *Nebulosa de la Tarántula* (# 2070 del New General Catalogue) que es a la vez el objeto más brillante de toda la Gran Nube de Magallanes, en su centro se encuentra un singular objeto súper estelar, el R136a, cuya masa estimada es de 3000 veces la del Sol y su luminosidad es más de 30 millones de veces la del Sol. De tratarse de una única estrella sería la mayor de todas las conocidas.

La Pequeña Nube de Magallanes (SMC) es en realidad la superposición visual de dos galaxias irregulares, ambas satélites la Vía Láctea (nuestra galaxia) y están a 205 y 237 mil años luz de distancia. La más próxima se le denomina SMC o Pequeña Nube de Magallanes propiamente dicha, mientras que la más distante se denomina Mini Nube de Magallanes (MMC). Al estar ambas galaxias irregulares en la misma dirección visual las vemos como un solo objeto, muy cercano al polo sur, debajo de la constelación del Tucán.

9-3 Morfología Galáctica. La morfología de las galaxias se denominó en la jerga pionera de los años veinte como la “teoría de la tasa de café”; por cuanto la espuma en rotación, de una mezcla de café y leche, parecía dibujar caprichosamente las formas elípticas y espirales, semejantes a las fotos de galaxias. Símil acentuado por la disposición de las burbujas mayores hacia el centro y las burbujas menores formando pliegues alrededor de éste. Este “modelo” inspiró un diagrama evolutivo también conocido como el “diapasón de Hubble” según el cual las galaxias elípticas (E) provenían de galaxias espirales simples (S) y de espirales con un centro y una barra desde la que emergerían los brazos espirales (SB). Cada uno de los tipos admiten una subclasificación dependiendo de cuán elíptica u oblonga sea la galaxia (desde E0 a E7) y cuán separados estén los “brazos” espirales respecto al centro (Sa, Sb, Sc) o respecto a la barra central (SBa, SBb, SBc). Como toda clasificación morfológica y cualitativa de antes en la naturaleza, la de Hubble, estaba destinada a ser incompleta y con ella el esquema evolutivo propuesto.

- Hoy día sabemos que en efecto las galaxias elípticas, que constituyen un tercio del total, poseen poco gas y polvo y en ellas las estrellas constituyentes son antiguas, mientras que las galaxias espirales (barradas o simples) conforman dos tercios del total de galaxias, contienen mucho gas y polvo cósmico y las estrellas se forman continuamente. Sin embargo no es claro que las galaxias evolucionen desde elípticas a espirales o a la inversa, ni que las galaxias irregulares sean más antiguas que ambos grupos.

- Clasificación

Las galaxias pueden clasificarse, de acuerdo con su apariencia en las placas fotográficas como elípticas, espirales y amorfas. Siendo las espirales el grupo mas extenso (alrededor de 2/3 del total de galaxias conocidas) constituidos por las espirales "normales" y las barradas (con apariencia de una barra central).

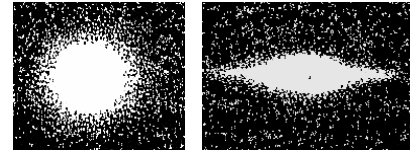
De acuerdo a su forma las galaxias admiten una clasificación con letras (I= irregulares, E= elípticas S= espirales SB= espirales barradas) y números o letras minúsculas que especifican subclases.

Las galaxias espirales poseen estrellas de baja **metalicidad**, abundante polvo y gas, abundantes estrellas jóvenes (tipo **OB** y **población I**) y el movimiento de las estrellas dentro del **disco galáctico** es mayormente rotacional. Las galaxias elípticas por el contrario son escasas en polvo y gas, sus estrellas son mayoritariamente de la **población II** (viejas) y poseen una velocidad aleatoria mayor.

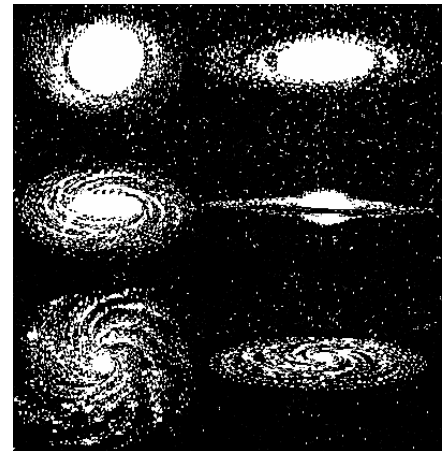


Fig. 9-3 Las galaxias NGC1068, M101, NGC1073, NGC6822, NGC1365 NGC1300 y M81.

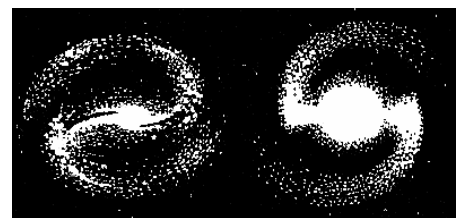
Fig. 9-2 Clasificación Morfológica



Elípticas: Comprende desde esferas (tipo E0) hasta la forma de "platos volantes" (tipo E7) apiñándose gradualmente hacia el centro.



Espirales; de frente o de perfil atestiguan subestructuras de dos o mas brazos y con núcleos de diverso tamaño, incluso, en ocasiones con anillos.



Espirales Barradas: tienen una suerte de barra central de donde parecen partir los brazos.



9-4 Características: Una característica común a todas las galaxias es la discrepancia entre la masa observada y la calculada, o sea la incompatibilidad entre la distribución de velocidades de las estrellas y la dinámica de sus movimientos (tal problema se conoce como **el problema de la materia oscura** o masa perdida). Se teoriza acerca de posibles “protoestrellas”, abundancias de estrellas enanas marrones y planetas masivos, neutrinos pesados, huecos negros y nubes de gas; sin embargo hasta hoy no hay consenso acerca de su influencia en la estructura u evolución de las galaxias.

La luminosidad observada en las galaxias es proporcional a la cuarta potencia de la velocidad rotacional promedio (“**Ley**” de **Faber-Jackson**). Sin embargo **las galaxias “enanas”** parecen no encajar en esta regla. Poseen una clasificación morfológica diferente: dE= enana elíptica, dI= enana Irregular y dBC= enana compacta azul)

Los brazos espirales pueden deberse, modelo de Shu, a propagación de ondas de densidad-presión, desde el centro hacia el exterior. Las tasas de formación estelar, la evolución química de las galaxias (edad) y la interacción con otras galaxias (colisiones) parecen jugar, sin embargo, un papel primordial en el mantenimiento de los brazos como sistemas dinámicos.

Colisiones La velocidad de rotación afecta también la dinámica de los brazos espirales: el centro gira mas aprisa que el resto del disco, enrollando las espirales. Las inestabilidades dinámicas y gravitatorias serían las causantes de la morfología observada como espirales, brazos, anillos y barras.

Hoy, la clasificación fina de Vaucouleurs reemplaza con mejor acierto la tricotómica de Hubble, quizá porque incorpora los procesos en lugar de las apariencias formales al establecer las categorías.

También los estudios recientes demuestran que existe un estadio morfológico no contemplado anteriormente: las galaxias con anillos, en el cual las barras y/o el centro presenta un anillo de materia a partir del cual emergen los brazos espirales. El origen de esta aglutinación fuera del centro parece deberse a las resonancias o frecuencias de acoplamiento entre el movimiento del gas constituyente de la barra y el resto del disco galáctico.



Fig. 9-4 NGC5850: Una Galaxia barrada con anillo

9-5 Colisiones galácticas



Fig. 9-5 M51 y NGC4038 son dos ejemplos típicos de Colisiones o “Merging” entre galaxias.

En los Cluster o cúmulos de galaxias los encuentros e interacciones de galaxias son muy frecuentes, y la dinámica del movimiento estelar en los brazos espirales es mucho más compleja. En la década de los años sesenta, Chiao y Shu explicaron la formación de los brazos espirales a través de ondas de densidad, y mostraron que al igual que las “barras”, los brazos aparecen y desaparecen continuamente en una misma galaxia. Como en el caso de M51 en la imagen de la Izquierda.

Todas las galaxias parecen estar envueltas en una suerte de “atmósfera” o halo exterior donde existen estrellas antiguas dispersas, cúmulos globulares y cierta cantidad de gas (Hidrógeno) en concentración cien veces menor que el disco galáctico. Las colisiones entre galaxias parecen jugar un papel primordial en la estructura del halo, y se discute si el mismo tendría una

estructura filamentosa en las trayectorias de las galaxias satélites, como suerte de espaguetis dispersos y entrecruzados alrededor de la galaxia principal (espiral y/o elíptica).

Estudiando el centro de la Vía Láctea, Rodrigo Ibata de la Universidad de Columbia conjuntamente con G. Gilmore de la Universidad de Cambridge y M.I Irwin del Observatorio de Greenwich, encontraron otro centro galáctico en la constelación de Sagitario. Muchas estrellas giraban en torno a esta condensación en órbitas inclinadas respecto al plano de la Vía Láctea. El fenómeno ocurría en la antípoda del plano de nuestra galaxia, razón por la cual había pasado desapercibido, hasta el desarrollo de la astronomía infrarroja, con instrumentos capaces de ver a través de las nubes interestelares oscuras que nos separan del centro galáctico.

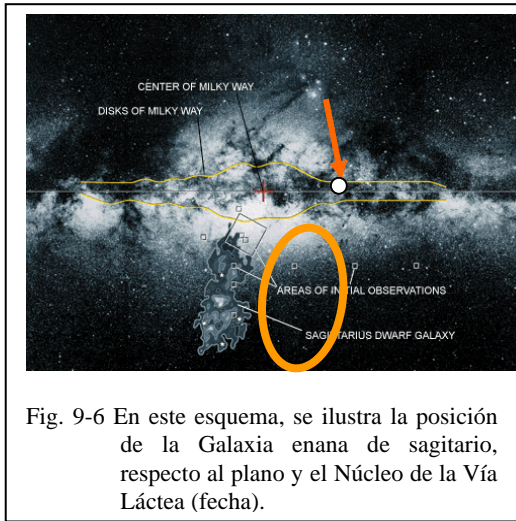


Fig. 9-6 En este esquema, se ilustra la posición de la Galaxia enana de sagitario, respecto al plano y el Núcleo de la Vía Láctea (fecha).

El modelo elaborado sugiere, que a tan solo 800.00 años luz de distancia de nuestro Sol, hay una Galaxia (denominada Enana de Sagitario) colisionando con nuestra Vía Láctea. Tendría actualmente un tamaño de la quinta parte de nuestra Galaxia y solo una centésima parte de su masa. Modelos numéricos estiman que tal galaxia enana ha colisionado con la nuestra en unas diez ocasiones desde el origen del Universo, hace unos 12 mil millones de años. Antes de este descubrimiento, en 1994, se pensaba que la galaxia más cercana a la nuestra eran las galaxias irregulares de las Nubes de Magallanes, y que la galaxia espiral mas próxima era la conocida galaxia Andrómeda.

9-6 Objetos peculiares

Las galaxias que presentan líneas de emisión, radiación no térmica y emiten en la región infrarrojo del espectro, pero que tienen apariencia puntual en las placas fotográficas se denominan **galaxias Seyferts**, y se creó (**Hipótesis del núcleo activo**) que son galaxias espirales muy lejanas (y por tanto muy antiguas). Los objetos llamados **BL-Lacertae**, en analogía a las galaxias Seyferts, parecen ser galaxias elípticas remotas y antiguas, cuya luminosidad de sus núcleos se caracteriza por estar fuertemente polarizada.

Los **Objetos Cuasi-Estelares (OCE)**; que emiten fuertemente, como fuentes puntuales en todo el espectro (con excepción de las ondas de radio); y los **QSO** o **Quasares**; que emiten fuertemente en el infrarrojo, ultravioleta y ondas de radio; son considerados las galaxias primogénitas (muy lejanas y antiguas) cuyos núcleos nos aparecen como fuentes puntuales y anómalas. Los quasares son a las galaxias elípticas los que los OCE son a las galaxias espirales.

El astrofísico H. Arp mantiene desde hace décadas una controversia al suponer, con algunas evidencias observacionales, que los quasares no son tan lejanos (y por tanto no tan antiguos) y que además el corrimiento hacia el rojo observado se debe a otras causas desconocidas, se fundamenta en unos cuarenta ejemplos de fotos que parecen indicar asociaciones entre parejas formadas por un quasar y alguna galaxia pero con corrimientos al rojo muy diferentes.

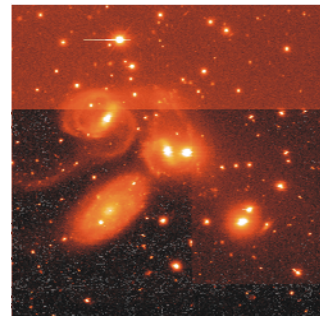


Fig. 9-7 El Quinteto de galaxias de Stephan, con redshift controversiales

De estos casos el más conspicuo es el conocido como el **Quinteto de Stephan**. Las galaxias de la fotografía del Quinteto de Stephan son desconcertantes porque muestran que están unidas físicamente y sin embargo, sus corrimientos al rojo son muy diferentes entre sí. La galaxia elíptica NGC7320 presenta un corrimiento al rojo $z = 800$ km/s, mientras que sus compañeras espirales exhiben $z = 6\,700$ km/s.

No hay modelos alternativos para explicar el caso anómalo del Quinteto de Stephan, lo que es peor: no es el único caso de galaxias con "corrimientos al rojo" controversiales. Los estudios de H. Arp han puesto en evidencia que al menos el modelo de la Gran Explosión sobre el origen del Universo podría no ser completo.



Fig 9-8 Radio galaxia NGC5128 (Centaurus A), en cuyo centro se encontraría un hueco negro supermasivo.

• Si los cuasares son tan lejanos como se supone, y se admite que son el núcleo de galaxias primogénitas, entonces hay problemas para explicar el mecanismo de emisión de la energía observada. Haciéndose obligante recurrir a fenómenos exóticos como colisiones de huecos negros, huecos negros gigantes o súper gigantes, etc. La radiofuente **Centaurus A** emite fuertemente en radio, rayos X y rayos gamma. Corresponde al núcleo de la galaxia NGC5128, evidencia observacional a favor de la hipótesis del núcleo activo. Recientemente han surgido modelos sobre **asociaciones** de estrellas calientes **OB**, cuyo origen común (como las Pléyades) involucran también un colapso común en forma de centenares de supernovas explotando casi en secuencia y que bien podrían explicar la luminosidad de los centros de las galaxias. Todos estos temas son aún motivo de controversias.

9-7 Formación de las galaxias. Las galaxias se habrían formado por la condensación de las nubes de hidrogeno primordial a partir de fluctuaciones de la densidad, que irían creciendo a partir del instante en que se desacoplo la radiación y la materia o del Big-Bang. Los modelos de simulación son aun simplificados e incompletos, muestran la formación de **estructuras filamentosas** a gran escala aun inobservables, explican la asociación de galaxias en cúmulos y grupos; y se corresponden con las fluctuaciones térmicas de la radiación fósil que creó el universo, según arguyen sus defensores. Para explicar la metalicidad y la abundancia de elementos pesados en la estrellas antiguas (Población II) debe recurrir a la postularon de una generación (**Población III**) de estrellas primordiales súper masivas, de las cuales aun carece de contraparte observacional.

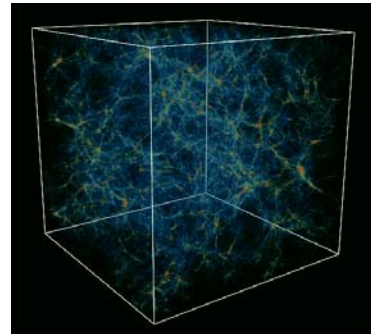


Fig 9-9 Estructura filamentosas en elas simulacines numericas sobre formación de galaxias (nudos)

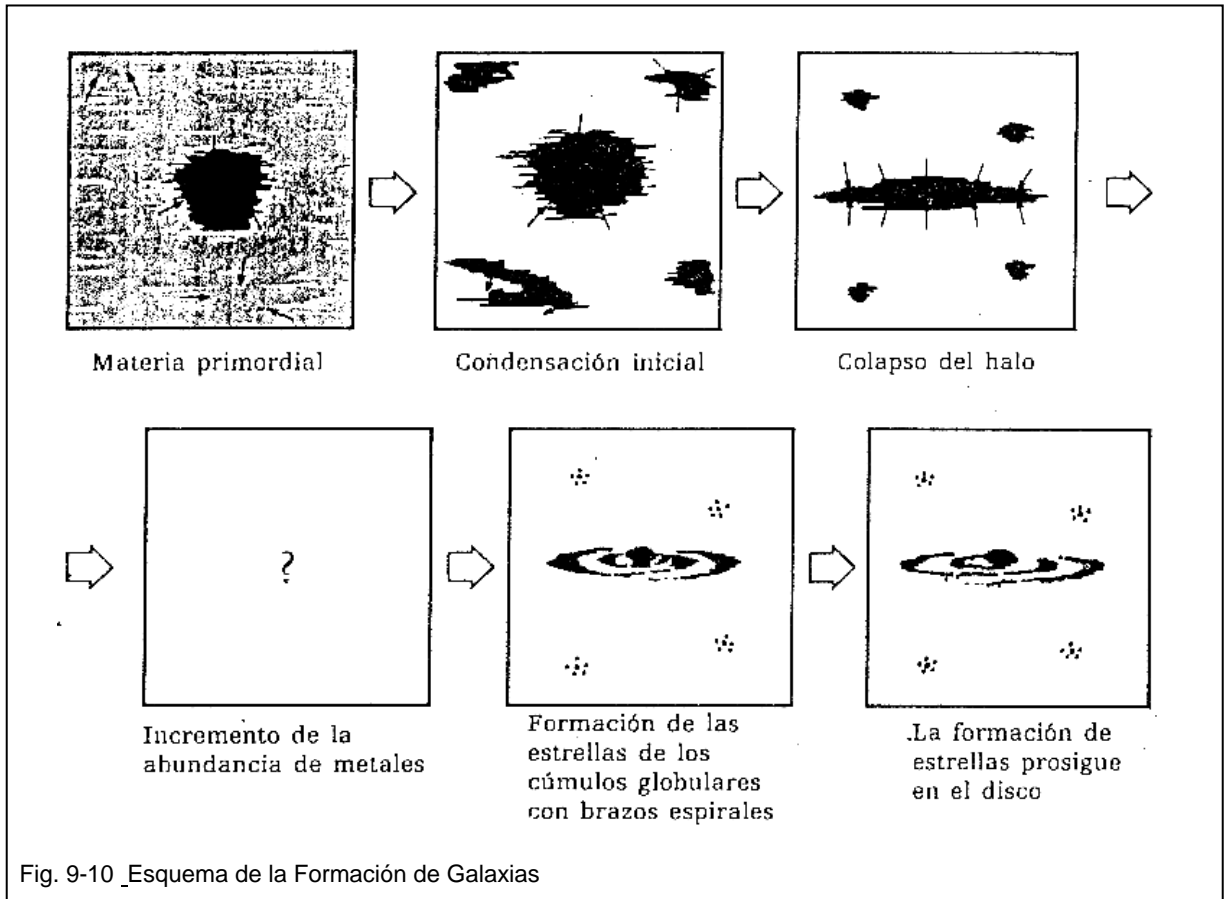


Fig. 9-10 _Esquema de la Formación de Galaxias

Bibliografía:

PAGE, T. *Estrellas y Galaxias*. Edime Madrid 1974
 DAVIES, P. *El universo desbocado*. Salvat. Edit. Mdrid 1985
 BRUZUAL, G- CALVET, N.-DELLA PRUGNA, F.- STOCK, J. *Astronomía una visión del cosmos*. Cuadernos Lagoven, Refolit Edit. Caracas 1982
 OSTER, L. *Astronomía Moderna*. Reverte. Madrid 1978
 REGO, M. & FERNANDEZ, M. *Astrofísica*. Eudema. Madrid 1988.
 MIHALAS-MIHALAS, A. *Galaxy Structure*. Colección: Astronomy and Astrophysics Library. Springer-Verlag 1991