

TEMA 9

- * Galaxias: aspectos históricos, clasificación.
- * Rotación de galaxias. La existencia de materia oscura.
- * Tasa de formación de estrellas en galaxias.
- * Galaxias interactuantes.
- * El Grupo Local.

Galaxias: Definiciones

* Las galaxias son los bloques fundamentales que pueblan el universo visible. Sus luminosidades pueden variar entre $10^5 - 10^{12} L_{\odot}$ y sus masas en el rango $10^7 - 10^{13} M_{\odot}$. Además de estrellas, parte de la materia se encuentra bajo la forma de gas y polvo, cuyo porcentaje varía según el tipo de galaxia.

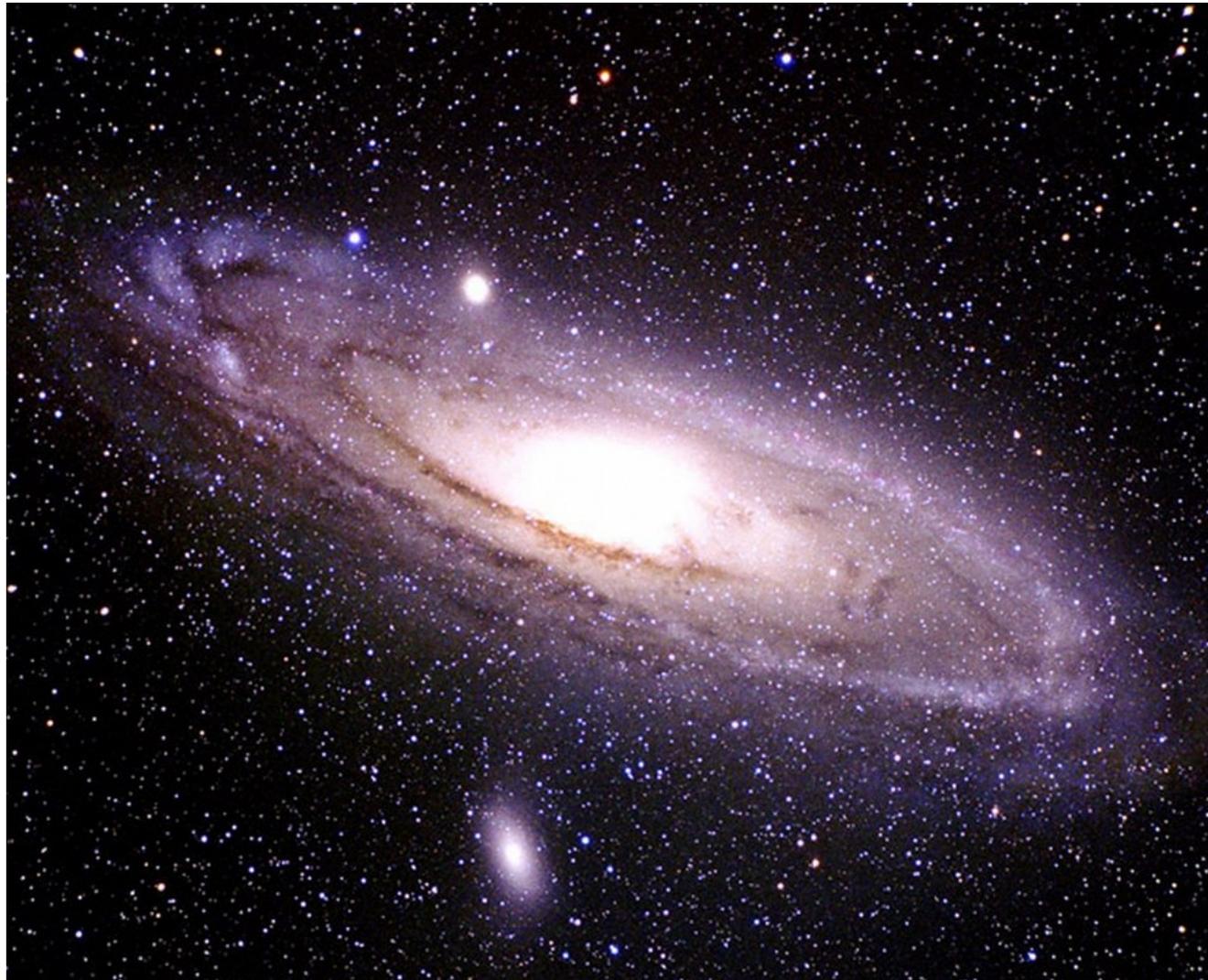
Algo de historia:

* La palabra *galaxia* deriva del griego *galaktikos* que significa "lechosa", término que se aplicó originalmente a la vía Láctea (en griego *galaktikos kyklos*).

* En 1780 Charles Messier catalogó 103 objetos nebulosos, mucho de los cuales resultaron ser galaxias. Immanuel Kant (1755) introdujo el término de *universos islas* para referirse a estos objetos.

* Las nebulosas recién fueron reconocidas como galaxias en los años 1920s, gracias al empleo del flamante telescopio de Monte Wilson de 2,5 m, un coloso para la época. Con este telescopio Edwin Hubble fue capaz de identificar variables Cefeidas en la "nebulosa" de Andromeda (también conocida como M31). Hubble deduzco que esas variables estaban al menos a 300 kpc de distancia, y por ende la nebulosa de Andrómeda debería tener un tamaño comparable al de la propia Vía Láctea.

La galaxia de Andrómeda: La primera galaxia identificada como tal



Su distancia a la Tierra es de 2,54 millones de años-luz, o 778 kpc.

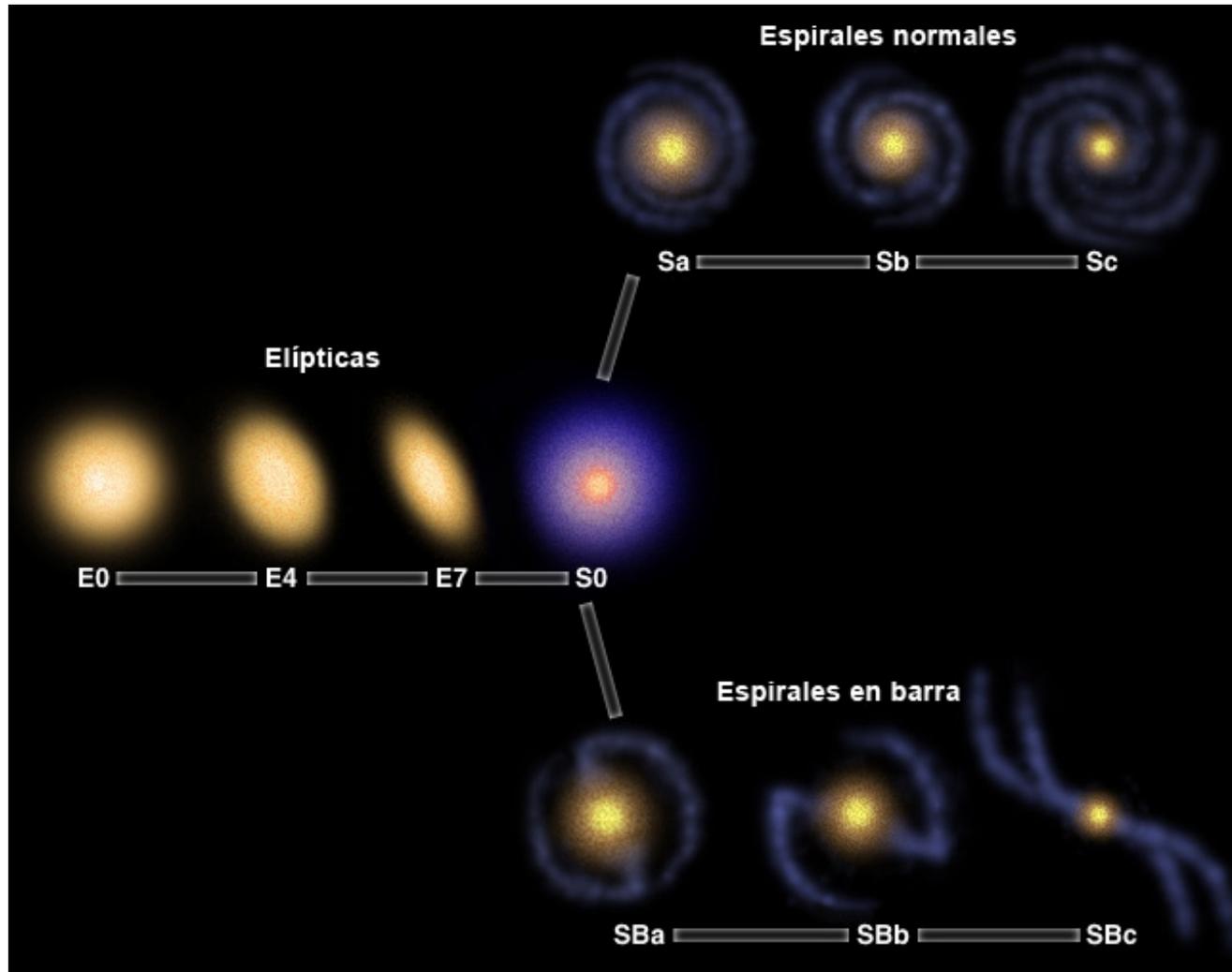
Las nubes de Magallanes: Galaxias satélites de la Vía Láctea



Ya habían despertado la atención de las primitivas civilizaciones del Cercano Oriente. Sin embargo, su denominación actual deriva de las observaciones de Antonio Pigafetta, quien acompañó a Magallanes en su expedición alrededor del mundo en 1519-1522. Estas "nubes" resultaron ser pequeñas galaxias de forma irregular, satélites de la Vía Láctea. Aquí se las ve sobre el firmamento, con las antenas del observatorio ALMA en primer plano.

Clasificación de galaxias

La clasificación sigue los lineamientos de la propuesta por Edwin Hubble (1926) que atiende a sus aspectos morfológicos.



Galaxias elípticas: Contienen poca materia interestelar y se clasifican de acuerdo a su grado de elipticidad como E0, E1,E7. Si los ejes mayor y menor de la galaxia elíptica son a y b , el tipo se define como E_n , donde:

$$n = 10 \times \left(1 - \frac{b}{a} \right)$$

Galaxias elípticas gigantes: Es un nuevo tipo que recibe la designación cD. Estas se encuentran generalmente en el medio de cúmulos de galaxias. Consisten de una parte central que luce como una elíptica normal rodeada de un halo más débil de estrellas

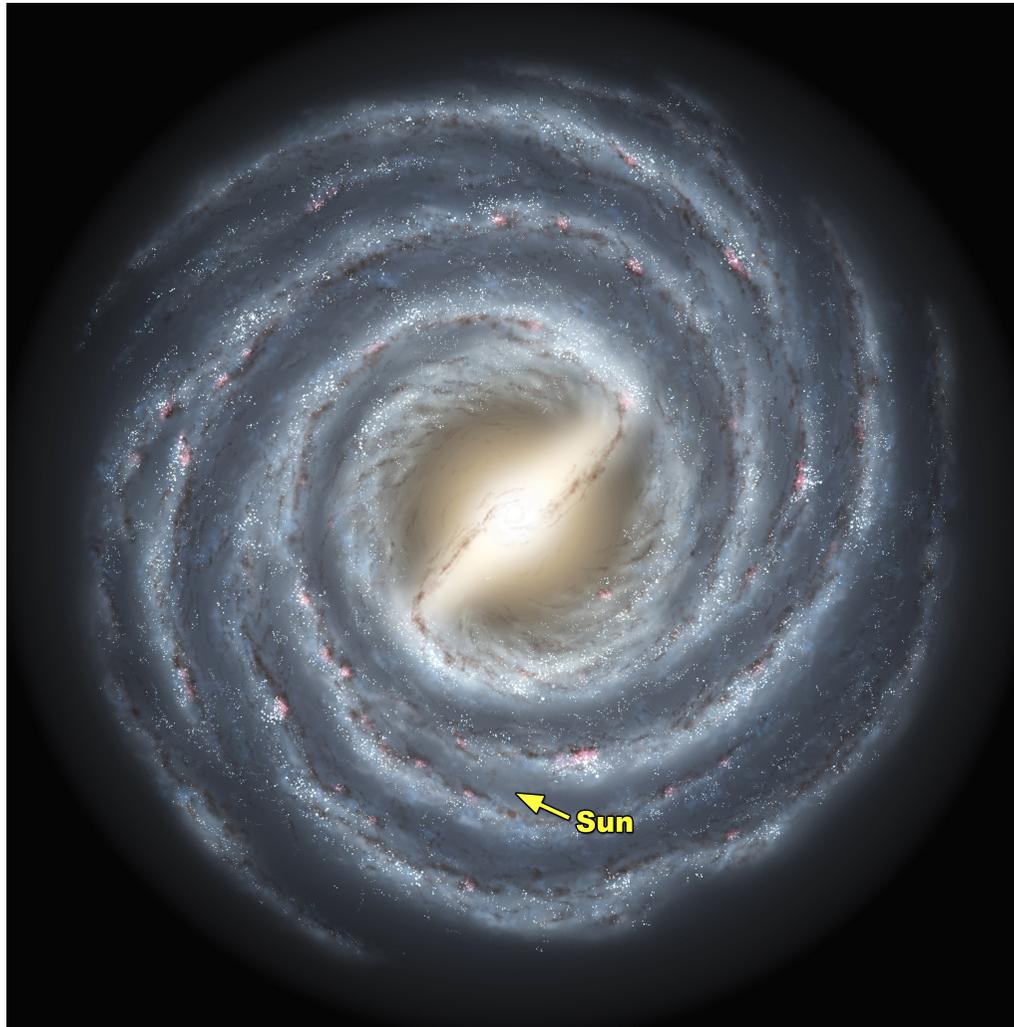
Galaxias lenticulares (S0): En la secuencia de Hubble se ubican entre las elípticas y las espirales. Contienen poca materia interestelar como las elípticas, pero poseen un disco chato como las espirales.

Galaxias espirales: Consisten de un bulbo central y un disco en donde nacen estrellas que forman una estructura espiral. Hay 2 ramas: la de las *espirales normales* (Sa, Sb, Sc) cuyos brazos finalizan en el bulbo o en un anillo en torno al bulbo, y la de las *espirales barradas* (SBa, SBb, SBc) cuyos brazos finalizan en una barra. Los subtipos a, b, c dependen de que los brazos estén más abiertos o más cerrados.

Galaxias irregulares: Como su nombre lo indica, no tiene ninguna estructura regular. Son muy ricas en gas y polvo.

Otros tipos: Tenemos las *esferoidales enanas* de tipo dE que son similares a las elípticas pero con una concentración central de estrellas mucho menor. Las *galaxias compactas azules* en las que su luz proviene esencialmente de una pequeña región de estrellas jóvenes brillantes.

La Vía Láctea dentro de la clasificación de Hubble



Se ha determinado que la Vía Láctea es una espiral barrada de tipo SBb-c. El Sol se encuentra a 8,5 kpc del centro galáctico.

Masa de galaxias

Galaxias elípticas: Sus masas se pueden obtener a partir de la dispersión de velocidades estelares v , la cual se detecta como un ensanchamiento de las líneas espectrales. El método se basa en el *teorema del virial* que dice que en un sistema en equilibrio la energía cinética T y la energía potencial gravitacional U se relacionan de acuerdo a la ecuación:

$$2T + U = 0$$

donde $T = Mv^2/2$ y $U = -GM^2/2R$, donde R es un radio característico determinado a partir de la distribución de luz en la galaxia. De lo anterior obtenemos:

$$M = \frac{2v^2R}{G}$$

Las masas de elípticas brillantes pueden ser de hasta $10^{13} M_{\odot}$.

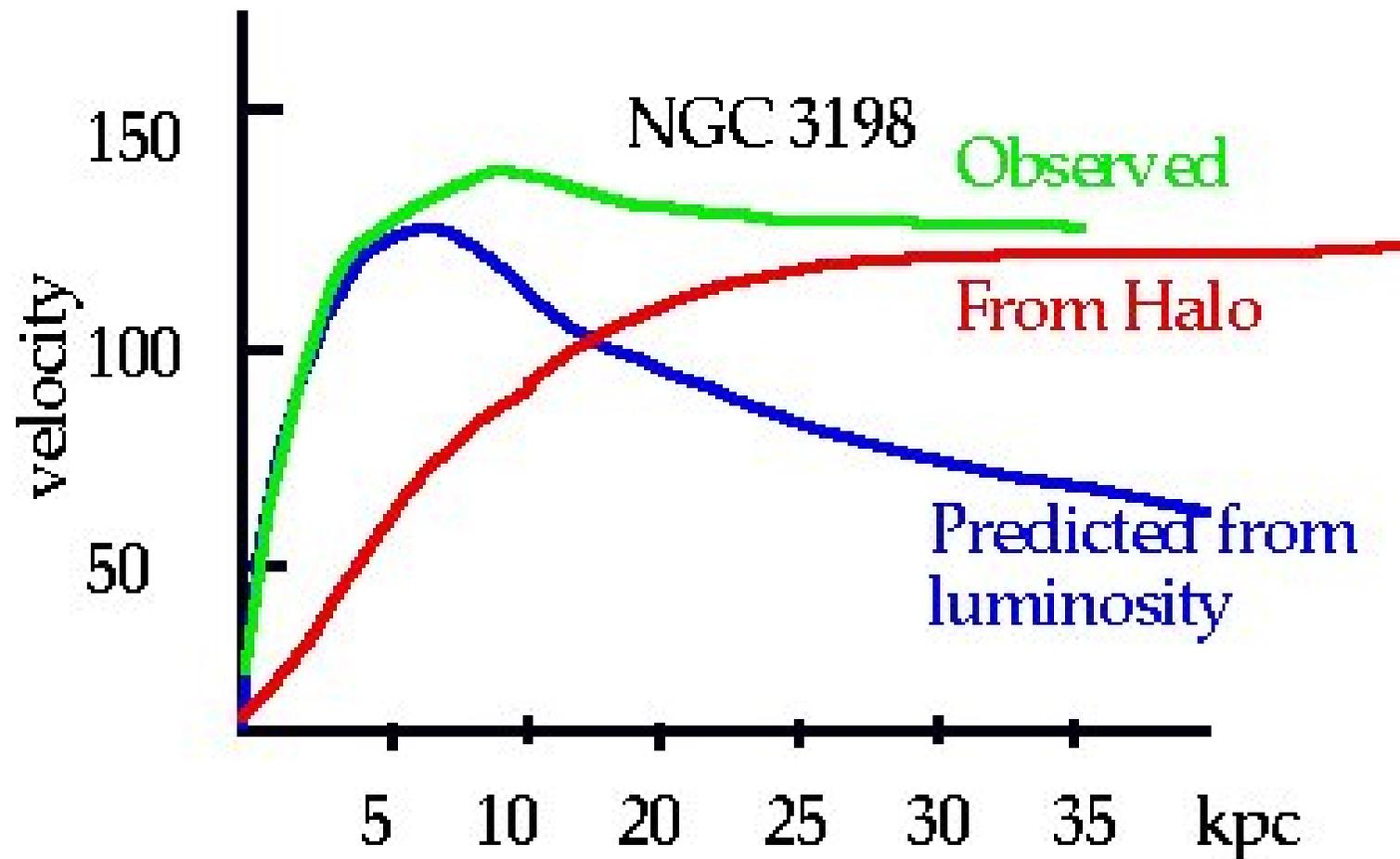
Galaxias espirales: Las masas se obtienen a partir de sus curvas de rotación $v(R)$ que describen la variación de la velocidad de rotación con el radio. Se asume en primera instancia que la mayoría de la masa se encuentra en el bulbo, con la cual la masa dentro de un radio R se puede obtener a partir de la 3ra ley de Kepler:

$$M(R) = \frac{Rv(R)^2}{G}$$

Se encuentra para las espirales de mayor tamaño masas de $2 \times 10^{12} M_{\odot}$.

Si el movimiento de la materia en torno al bulbo galáctico se asemejara al movimiento planetario, la velocidad debería disminuir con la distancia como $R^{-1/2}$ (es lo que denominamos *movimiento kepleriano*).

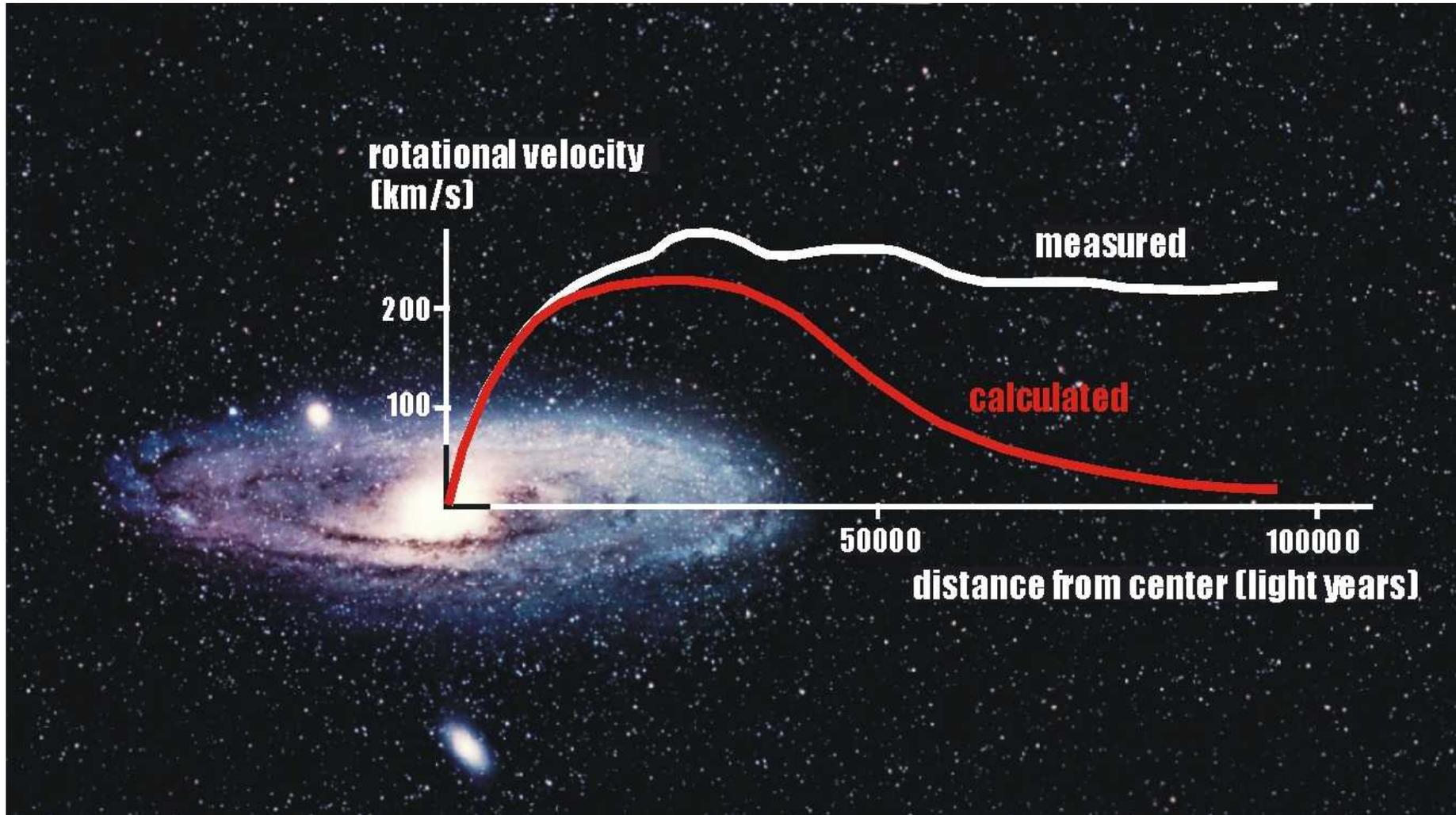
Sin embargo, en muchas espirales se observa que $v(R)$ prácticamente no varía con el radio R



Curva de rotación de la galaxia espiral NGC 3198.

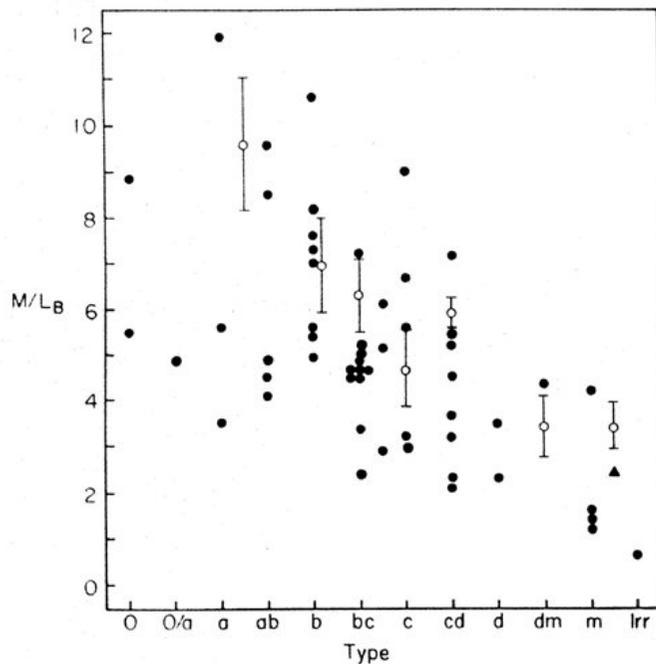
La contradicción anterior sólo se podría resolver si hubiera masa en el disco que no se observa. Esta paradoja se conoce como el *problema de la masa faltante*, o de la existencia de *materia oscura*.

Rotación de la Vía Láctea



Relación masa luminosidad (M/L)

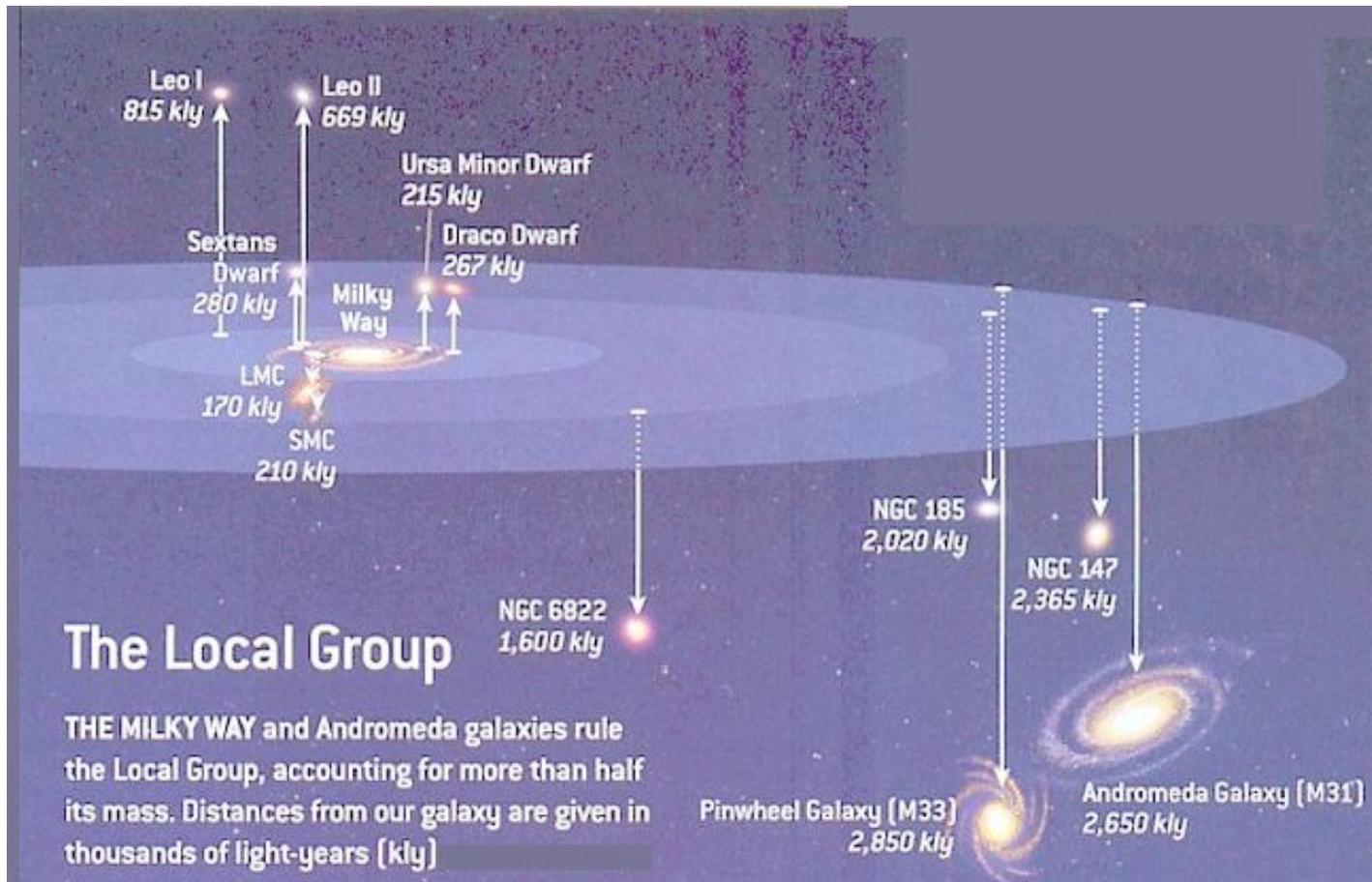
Si combinamos el resultado de la luminosidad total L con el de la masa total M podemos hallar para las galaxias elípticas un cociente $M/L \sim 10$ dentro de un radio de aprox. 10 kpc. Para las galaxias espirales tempranas tenemos $M/L \sim 8$ y para las tardías $M/L \sim 4$.



Luminosidad total en el azul (B) de galaxias dentro del radio de Holmberg (medido hasta que el brillo cae a 26,5 mag/seg arc²). Las elípticas y las S0 son las menos luminosas en relación a su masa.

Las galaxias con menores cocientes M/L son las más ricas en gas y polvo y, a su vez, las que tienen la mayor tasa de formación de nuevas estrellas, en particular de tipos espectrales O y B que son muy luminosas.

El Grupo Local



Las galaxias no se encuentran aisladas en el espacio, sino formando estructuras jerárquicas: *cúmulos de galaxias*, los que a su vez forman *supercúmulos*. La Vía Láctea se encuentra dentro de un cúmulo que se denomina el *Grupo Local*. Se han descubierto hasta ahora 54 galaxias dentro de este grupo, la mayor parte de ellas enanas, y varias que son satélites de la Vía Láctea, como el caso de las Nubes de Magallanes.

Galaxias interactuantes

* Las "colisiones" de galaxias son frecuentes en su evolución. En realidad, no hay una colisión física entre las estrellas que las componen, sino una fuerte interacción gravitacional que puede llevar a la absorción de la galaxia más chica por la más grande (fenómeno de *canibalismo*). Esto último puede estar ocurriendo con la Vía Láctea y las nubes de Magallanes.



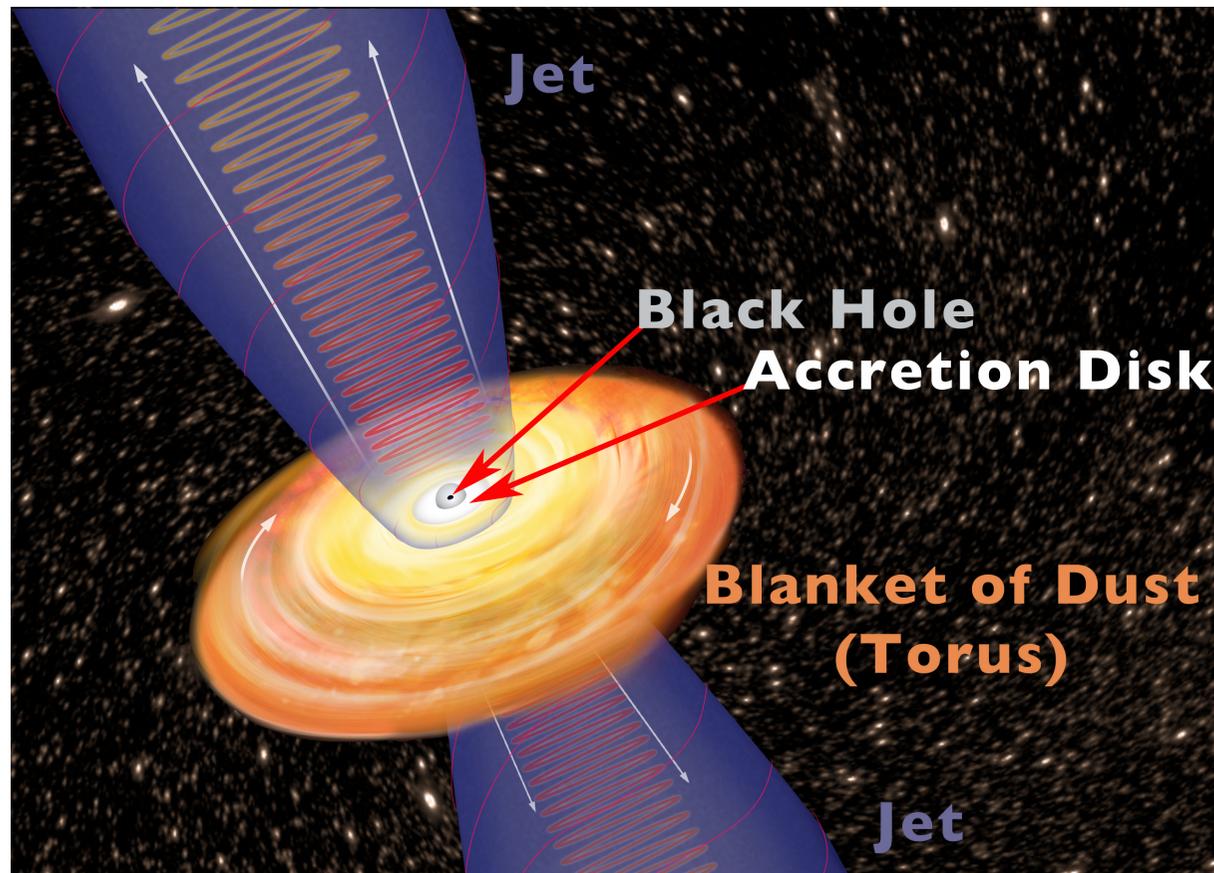
La Galaxia del Remolino con su galaxia irregular satélite NGC 5195.

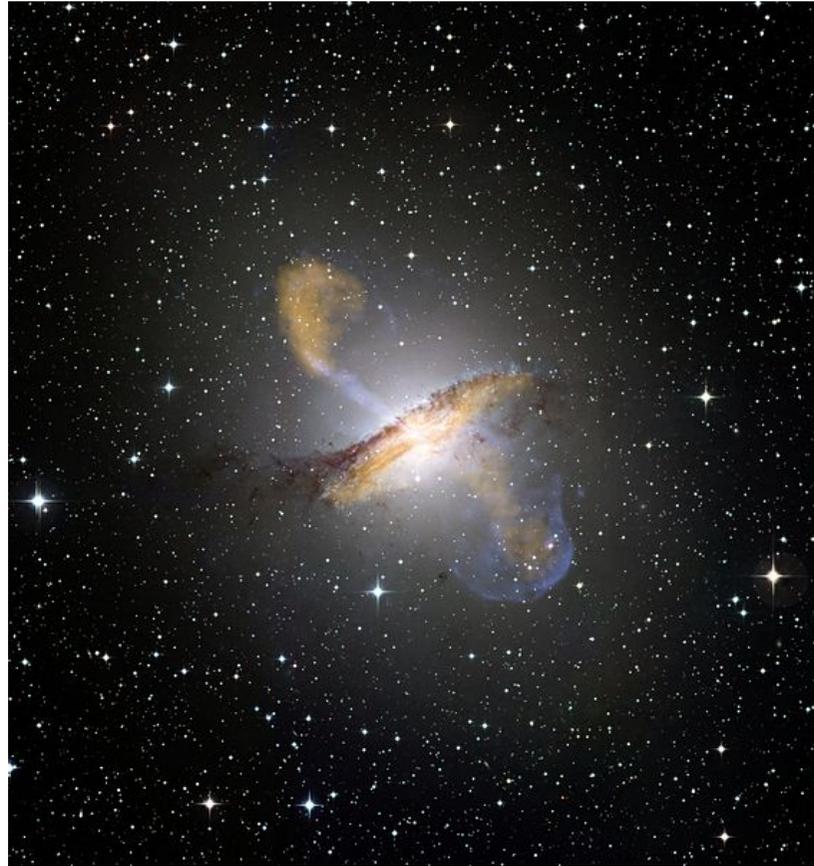


Las galaxias NGC 2207 y IC 2163 en las primeras fases de colisión.

Galaxias peculiares con actividad inusual

Cuasares: Aparecen como fuentes puntuales. Aunque los primeros cuasares fueron descubiertos por observaciones en radio, sólo una pequeña fracción de los cuasares identificados ópticamente son radiofuentes intensas. Presentan altos corrimientos hacia el rojo. De aquí se infieren grandes distancias por lo que los cuasares deben ser extremadamente grandes.





Radiogalaxias: Estas galaxias se caracterizan por ser radiofuentes poderosas. La radioemisión es radiación sincrotrón no térmica. En estos objetos se observan 2 lóbulos de radioemisión en direcciones opuestas de la galaxia observada. Esta estructura doble parece ser producida por eyección de materia desde el núcleo, donde los electrones son acelerados produciendo la radiación sincrotrón.

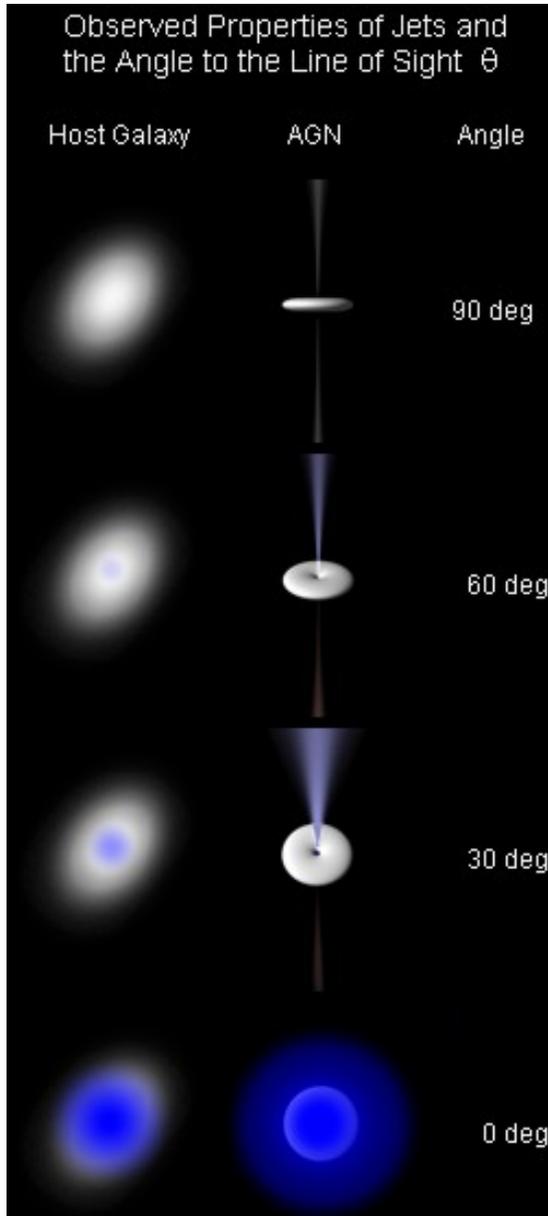
Galaxias de Seyfert: Los núcleos son fuentes puntuales muy brillantes y muestran un espectro con líneas de emisión anchas, presumiblemente debidas a nubes gaseosas moviéndose a gran velocidad cerca del núcleo galáctico. La mayoría de estas galaxias son espirales, y se estima que aproximadamente el 1% de las galaxias espirales brillantes son Seyfert.

Blazars: Son galaxias con variaciones rápidas y violentas en brillo y polarización con líneas de emisión débiles o invisibles.

Modelos unificados

Aunque la actividad galáctica puede parecer muy diversa, se puede llevar toda a un modelo unificado. Según este modelo, la mayoría de las galaxias contienen un núcleo central compacto, que se supone que es en general un agujero negro con masas $10^7 - 10^9 M_{\odot}$ rodeado por un disco o anillo de gas. *La fuente de energía es la energía potencial liberada a medida que el gas es acregado por el agujero negro.* La diferencia de una galaxia activa con respecto a una normal (p. ej. la Vía Láctea) radica en el tamaño del agujero negro central y del disco de acreción.

Fenómeno observado según el ángulo



La geometría es lo que determina el fenómeno observado. P. ej. si el disco galáctico se ve de perfil, su núcleo aparecerá ante nosotros oscurecido por el polvo. Sin embargo, se observarán los lóbulos formados a ambos lados por el material eyectado en la dirección polar. En este caso tendremos una *radiogalaxia*. Por el contrario, si el disco se viera de frente, al objeto lo identificaríamos como un *cuásar*. Si el chorro de materia estuviera justo en la dirección del observador tendríamos un *blazar*.