

# LA EVOLUCIÓN DE LAS GALAXIAS

*Javier Bussons Gordo*

## Nuestra galaxia: la Vía Láctea

La Vía Láctea es el inmenso conjunto de astros, nebulosas, etc. del que forman parte nuestro sistema solar y todas las estrellas visibles. Por extensión, se denomina galaxia (del griego: lácteo) a cada uno de los sistemas semejantes que se encuentran aislados y esparcidos en el universo.

Nuestra galaxia está compuesta por estrellas (unos cien mil millones) y por material interestelar difuso (gas y polvo). Morfológicamente se distinguen tres partes: un **disco** de 100 000 años-luz de diámetro y tan solo 2 000 años-luz de grosor, con estructura espiral, poblado por estrellas jóvenes; un **bulbo**, abultamiento central esférico (diámetro: 15 000 años-luz; grosor: 4 000 años-luz) que incluye el núcleo galáctico; y el **halo**, componente esférica (diámetro: 150 000 años-luz) que envuelve a las anteriores y donde abundan las estrellas viejas y pobres en metales (elementos más pesados que el helio). La unidad más conveniente para medir distancias en una galaxia se llama kiloparsec (1 kpc = 3 262 años-luz). El Sol está ubicado en un brazo del disco espiral (el de Orión) a 28 000 años-luz del centro galáctico (Sagitario A), es decir, a 8.5 kpc. La banda luminosa que llamamos Vía Láctea no es más que la proyección en el cielo del disco galáctico visto desde nuestra posición en él; en todas las demás direcciones vemos muchísimas menos estrellas.



Además de estrellas dispersas, en la galaxia se distinguen grupos de estrellas nacidas de la misma nube progenitora que se mantienen unidas por lazos gravitatorios. Estos **cúmulos estelares** pueden ser abiertos (en el disco, con forma irregular, formados por decenas o centenares de estrellas jóvenes, de 1 a 1000 millones de años de edad) o globulares (en el halo, con forma esférica, con hasta un millón de estrellas viejas, de unos 10 000 millones de años de edad). La mayor densidad de estrellas, polvo y gas en el disco, especialmente en sus brazos, provoca que esta sea una zona propicia para la formación de nuevas estrellas (podríamos decir que el disco es la sección de maternidad y el halo la de geriatría).

Aunque el medio interestelar es muy poco denso y sólo representa el 10% de la masa de la galaxia, su química es muy interesante. Una centésima parte de él es polvo (silicatos, grafitos) y el resto es gas (sobre todo moléculas y átomos no neutros o iones), siendo los elementos más abundantes el hidrógeno (H), seguido del helio (He), oxígeno (O), carbono (C) y nitrógeno (N). En el "vacío" interestelar se han descubierto más de

cien especies químicas, casi todas muy conocidas en la Tierra (amoníaco, agua, monóxido de carbono, alcohol etílico, ácido fórmico, etc.) y los granos de polvo juegan un papel esencial protegiendo a especies moleculares incipientes del efecto aniquilador de la luz ultravioleta de estrellas cercanas. El estudio del medio interestelar puede ayudar a desvelar cómo llegaron las moléculas prebióticas a la Tierra.

### Otras galaxias

Hasta los años 30 (debate Shapley vs Curtis) no se supo de la existencia de otras galaxias. El cielo aparecía como un conjunto de puntos y nebulosas pero, como no se dominaba la medición de distancias, se carecía de perspectiva de profundidad. Al no estar definido el tamaño de nuestra galaxia, no se podía hablar de que hubiera algo más allá. Una observación crucial de E. Hubble, la de estrellas variables llamadas cefeidas en la nebulosa M31, permitió por fin a H. Leavitt, mediante la relación período-luminosidad medir la distancia a dicha nebulosa. El resultado (más de un millón de años-luz) era muy superior a los 100 000 años-luz de las estrellas más lejanas y por tanto M31 no era una nebulosa dentro de nuestra galaxia sino ... ¡otra galaxia! Desde entonces se reserva el término nebulosa para nubes de gas en nuestra galaxia.

La receta para medir la **distancia a una galaxia** consiste en medir una variable *observable* que permita conocer su luminosidad  $L$  o su diámetro  $D$ : si conocemos la luminosidad y medimos el flujo  $S$  (energía recibida por unidad de tiempo y superficie) se puede obtener la distancia  $d$  mediante  $L=4\pi Sd^2$ ; si conocemos el diámetro y medimos el tamaño (ángulo) aparente  $A$ , se obtiene la distancia con  $D=Ad$ . Existen dos relaciones muy útiles en este proceso, la que asocia el período de variabilidad de una estrella **cefeida** con su luminosidad y la que asocia la máxima diferencia de velocidades de rotación de estrellas en una galaxia espiral con la luminosidad total de ésta (Tully-Fisher).

Según su morfología, las galaxias se clasifican en: **elípticas** (E), **lenticulares** (S0), **espirales** (S), espirales **barradas** (SB) e **irregulares**. La formación de estrellas en las galaxias produce la desaparición progresiva del gas y el enriquecimiento del medio interestelar en materiales pesados. En las elípticas (tipo llamado tardío), el gas se ha agotado, ya no nacen apenas estrellas y las que hay son viejas y orbitan despacio, al contrario que en las espirales. Las galaxias normales emiten radiación en todas las frecuencias pero principalmente en el rango visible. El desplazamiento de las líneas del espectro respecto de sus posiciones en un espectro de laboratorio permiten detectar movimientos del conjunto de la galaxia y también de alguna componente respecto del conjunto.

Existe un pequeño porcentaje de galaxias, llamadas de **núcleo activo** por ser éste más brillante que el resto de la galaxia, donde un agujero negro supermasivo (de millones a miles de millones de masas solares) engulle las estrellas y materia interestelar circundantes provocando la emisión de cantidades ingentes de energía en todas las frecuencias y especialmente en forma de rayos X y rayos gamma.

### Estructuras mayores: cúmulos y supercúmulos de galaxias

Las galaxias se agrupan en estructuras mayores llamadas cúmulos y supercúmulos galácticos. La Vía Láctea pertenece, junto a las Nubes de Magallanes, Andrómeda y otras, al llamado Grupo Local, que a su vez forma con otros cúmulos como el de Virgo y el de la Osa Mayor, el Supercúmulo Local o de Virgo. Las teorías de formación de las galaxias (por contracción y aplanamiento de una nube protogaláctica) y, sobre todo, de

las estructuras superiores a partir de fluctuaciones en la sopa primigenia resultante del Big Bang, así como la observación por E. Hubble de la expansión del universo nos adentrarán en el próximo tema en el fascinante mundo de la cosmología.