







**EL ZOOLOGICO  
CÓSMICO  
GALAXIAS**

# PRÓLOGO

**S**obre la bóveda celeste se “mueven” una infinidad de objetos cósmicos que maravillaron a nuestros ancestros desde hace miles de años, y a nosotros mismos en esta era moderna en la que nos ha tocado vivir. Pero nosotros somos más afortunados, ya que contamos con artefactos llamados telescopios, como el Telescopio Espacial Hubble o el Telescopio ALMA ubicado en el desierto de Atacama en Chile, que nos han permitido observar objetos cósmicos que no podemos ver a simple vista, ya sea porque están muy lejos de la Tierra o porque brillan en bandas del espectro electromagnético invisibles para nuestros ojos. Es gracias a estos telescopios tan sofisticados que podemos deleitarnos con la belleza del Universo, y así poder conocer el vasto zoológico cósmico que lo conforma: desde nuestro propio Sol con sus planetas y lunas, asteroides, cometas, estrellas lejanas, nebulosas y los objetos más grandes de todo el Universo . . . las galaxias. De hecho, nuestro Sistema Solar forma parte de una galaxia de tipo espiral llamada Vía Láctea, y existen muchos lugares en nuestro planeta desde los cuales se puede observar a simple vista uno de sus brazos espirales en forma de una banda lechosa y brillante.



Oye Carl,  
¿sabes qué son  
las galaxias?

Según los astrofísicos, una galaxia es un conjunto de estrellas, nubes de gas, planetas, polvo cósmico, materia oscura y energía unidas por la gravedad, misma que les da cierta forma.



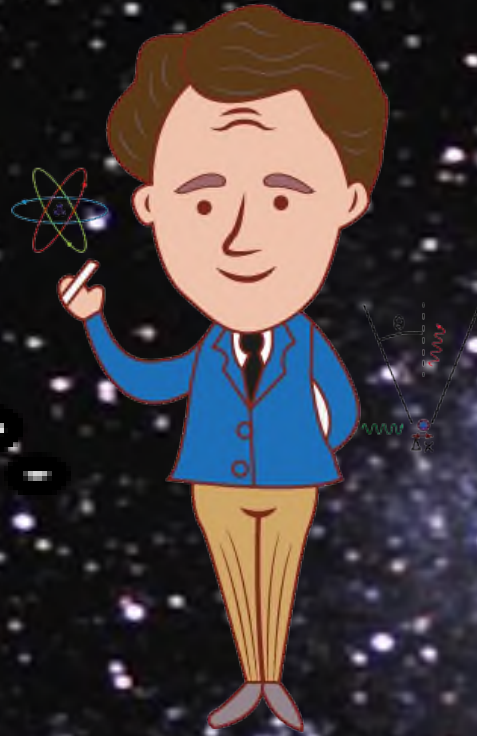
# Las galaxias

Las galaxias están compuestas por una enorme aglomeración de estrellas, gas y polvo, las cuales están ligadas por su propia gravedad, y pueden llegar a tener más de 300,000 años luz de diámetro. Las galaxias cubren un amplio rango en su número de estrellas, las galaxias más pequeñas contienen solo algunos millones de estrellas, mientras que las grandes poseen millones de millones de estrellas. Además de su diferencia en su número de estrellas, las galaxias también tienen diferentes formas o lo que se denomina morfologías y las principales son: elípticas, lenticulares, espirales, espirales barradas, e irregulares. En el Universo hay millones de millones de estas galaxias.



¡1 año luz equivale a 9,461,000,000,000 kilómetros, es decir, la distancia que puede viajar la luz en el espacio durante un año!

Entonces ¿las galaxias tienen formas distintas?



Así es, básicamente hay tres tipos de galaxias, las elípticas, las espirales y las irregulares.



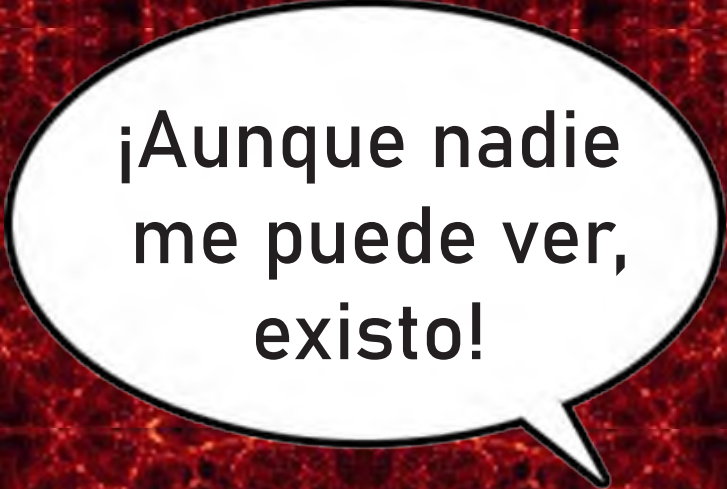




Imagen de la galaxia cercana NGC 3627, obtenida mediante la combinación de las observaciones tomadas con el instrumento MUSE (Multi-Unit Spectroscopic Explorer, explorador espectroscópico multi-unidad), instalado en el Very Large Telescope (VLT) de ESO y con el Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA). Créditos: ESO/ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/PHANGS.

**D**e manera más detallada, una galaxia es un sistema masivo constituido de estrellas de diferentes edades y masas, de remanentes estelares producido por estrellas muertas, gas atómico (principalmente Hidrogeno), gas molecular, y polvo del medio interestelar, es decir del espacio entre las estrellas y una componente no visible o imposible de detectar la llamada materia oscura de la cual se continúa investigando y se cree esta presente en todo el Universo.

Así como los planetas y el resto de los objetos del sistema solar están principalmente ligados gravitacionalmente al Sol, en sistemas como las galaxias las estrellas y los otros componentes también se encuentran gravitacionalmente ligados. Por lo que, todos los sistemas en el Universo están gravitacionalmente ligados.



¡Aunque nadie  
me puede ver,  
existo!

**L**a palabra **galaxia** proviene de su raíz griega, la cual significa “relativo a la leche”, en el origen de nuestra civilización las galaxias eran desconocidas y la única evidencia de este objeto celeste masivo era nuestra propia galaxia, la cual hacía referencia al camino de leche a la estela de luz que producen todas las estrellas. Posteriormente este término comenzó a referirse al resto de este tipo de objetos, las **galaxias**.



Erwin, ¿las galaxias tienen el mismo número de estrellas?

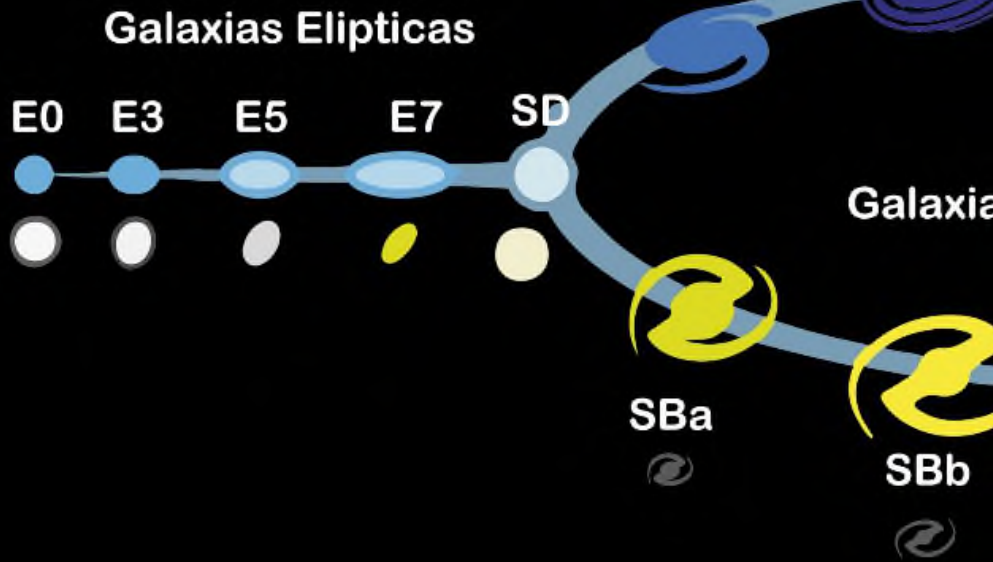
Las galaxias varían en masa desde unos millones hasta millones de millones de estrellas orbitando, y poseen diferentes formas y tamaños. Por lo que, se empezó a realizar una clasificación de las galaxias, una propuesta es la que realizó el astrónomo norteamericano Edwin Hubble tratando de tomar en cuenta todas las diferencias observables entre los tipos de galaxias. Esta clasificación dio origen a la conocida “Secuencia de Hubble”. La clasificación depende enteramente de sus características morfológicas visibles. Las diferencias entre las galaxias hicieron plantearse que la clasificación también

tomara en cuenta la evolución de las galaxias. Posteriormente varias propuestas se crearon de algunos científicos a mediados del siglo XX, una de las propuestas era que las galaxias nacían como galaxias elípticas (llamadas también galaxias tipo tempranas, por ser las primeras en formarse en el Universo) y que luego evolucionaban a galaxias espirales o irregulares (galaxias tipo tardías, por ser las últimas en formarse en el Universo).



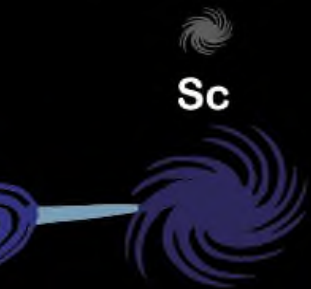
¡No! Por ejemplo, la Vía Láctea tiene entre 200 y 400 miles de millones de estrellas, mientras que la galaxia Andrómeda tiene 1 billón.

Marie, me ha dicho que hay tres tipos de galaxias, ¿quién las ha clasificado así?



Secuencia de Hubble mostrando las diferentes morfologías observadas en las galaxias, así como una posible secuencia de evolución.

Fue el astrónomo Edwin Hubble al observar ciertas características de su morfología.



Sc

Galaxias Espirales



Galaxias Irregulares



SBc

Este diagrama causó que varios astrofísicos pensarán que las galaxias nacen como elípticas y que evolucionan a galaxias espirales al paso del tiempo.

Hoy día, los modelos teóricos y las observaciones nos muestran que este planteamiento no es correcto. Lo que indican dichos modelos teóricos y observaciones es que al parecer puede ser completamente lo opuesto, es decir las galaxias espirales se formaron primero y a partir de fusiones se crearon las galaxias elípticas. La única certeza que tenemos es que la forma de las galaxias por sí misma no representan por completo



¡Pero parece que ocurre lo contrario! Estudios recientes indican que las galaxias se forman como espirales y evolucionan a galaxias elípticas.

su evolución en el Universo. Por lo que, que debemos tener en cuenta todos los factores como: por ejemplo, su composición química, masa, tasa de formación de estrellas (intensidad en la formación de estrellas, es decir, cuantas estrellas se forman por año), entre otros.

¡Chispas!



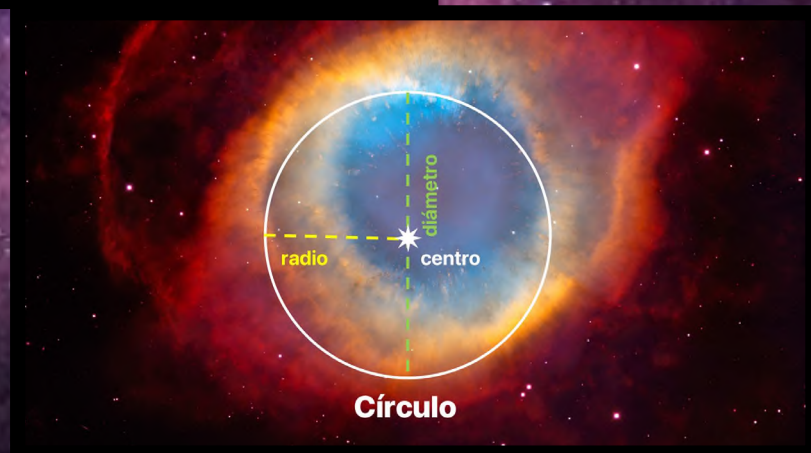
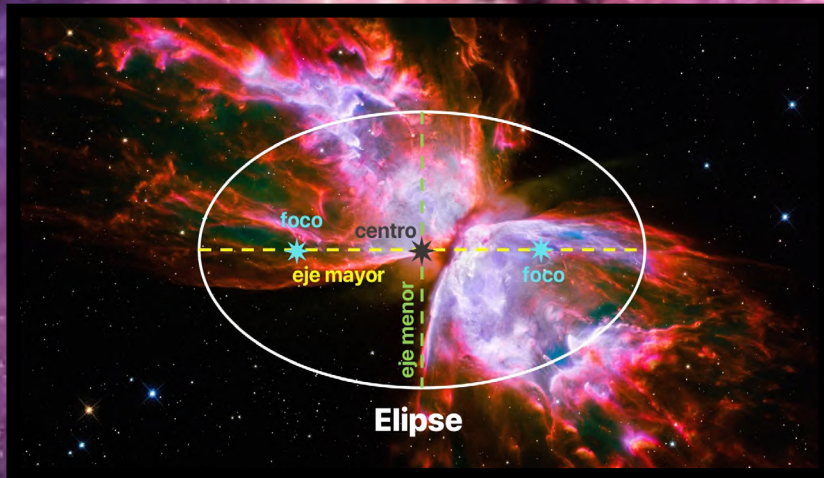
# Galaxias elípticas

La secuencia de Hubble clasifica a este tipo de galaxias en subtipos dependiendo de su elipticidad (la razón entre el semeje mayor y el semeje menor de la elipse) desde E0, que es casi esférica, a E7, la más alargada. Por lo que, es necesario medir la razón entre las distancias de sus semiejes mayores y menores (medir la mitad del largo y el ancho). En apariencia muestran poca estructura distinguible, solamente es distinguible una gran estructura esférica formada de estrellas y la materia interestelar es casi inexistente.



La galaxias elípticas  
pueden parecer  
naranjas o sandías.

Además, están  
constituidas por estrellas  
muy evolucionadas  
y poco calientes.





**L**as observaciones nos indican que estas galaxias elípticas, se forman a partir de la fusión de galaxias más pequeñas. Además, se tiene evidencia de que dependiendo de las galaxias que se fusionan tendremos toda una diversidad de edades y composición química de los diversos grupos de estrellas. Así que, las galaxias elípticas tienen estructura esferoidal o elipsoidal y tienden a contener solo estrellas, con poco gas y poco polvo.

En consecuencia, estas galaxias tienen pocos cúmulos estelares abiertos del orden de decenas a cientos de miembros, y una reducida tasa de formación de estrellas, es decir, una muy baja formación de estrellas. Las componentes predominantemente en las galaxias elípticas son estrellas viejas y menos calientes, lo que quiere decir que sus estrellas se encuentran altamente evolucionadas orbitando alrededor del centro galáctico en diferentes direcciones, esto le da a la galaxia su particular forma esférica.

Imagen de la galaxia  
elíptica enana M32 tomada  
por el Two Micron All Sky  
Survey (2MASS).




**Y**a que la mayoría de las estrellas en las galaxias elípticas contienen bajas abundancias de elementos químicos pesados, es decir, una baja cantidad de elementos como el Oxígeno (O), el Nitrógeno (N) y el Carbono (C), la formación estelar se ha detenido rápidamente por la falta de gas y polvo, al igual que en los cúmulos estelares globulares que tienen forma esférica con miembros del orden de miles estrellas.

Vista de la Galaxia M87 y del chorro de materia emergiendo del núcleo galáctico, tomada por el Telescopio Espacial Hubble (HST).







Galaxias elípticas: izquierda,  
galaxia NGC 1316, y derecha,  
galaxia Messier 87.


Las galaxias más grandes en el Universo son las elípticas, como la galaxia elíptica gigante M87 también conocida como Galaxia Virgo A o NGC 4486, aunque esto no es restrictivo dado que también hay galaxias elípticas pequeñas, como la galaxia elíptica enana M32 también conocida como NGC 221 que se considera que es una galaxia satélite de la galaxia de Andrómeda.

# Galaxias lenticulares

La clasificación de Hubble clasifica este tipo de galaxias como intermedias entre las galaxias elípticas y las galaxias espirales. Las galaxias lenticulares son caracterizadas como tipo SO y SBO. Las SO muestran una estructura de disco además de una concentración central de estrellas o bulbo y las SBO son iguales a las anteriores, pero estas además muestran una estructura en forma de barra. Aunque muestran un disco no se observa ninguna estructura espiral. Algunas galaxias lenticulares muestran un disco prominente



Edwin Hubble definió a las galaxias lenticulares como una forma intermedia entre las galaxias elípticas y las espirales.



de polvo. Las observaciones indican que este tipo de galaxias se crearon de la fusión de dos galaxias masivas. La fusión de galaxias es un proceso relativamente común en el Universo y se cree que este proceso da forma a toda la gama de morfologías observadas.

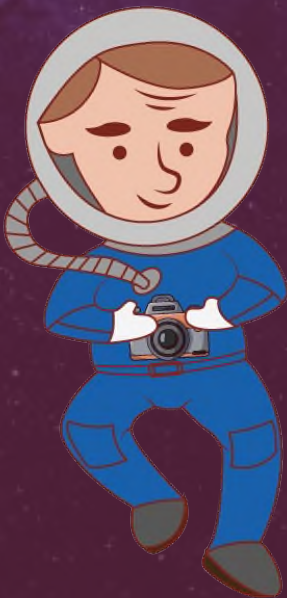
Galaxias lenticulares:  
aquí, galaxia Messier 104.  
Siguiendo página galaxia  
NGC 5866.



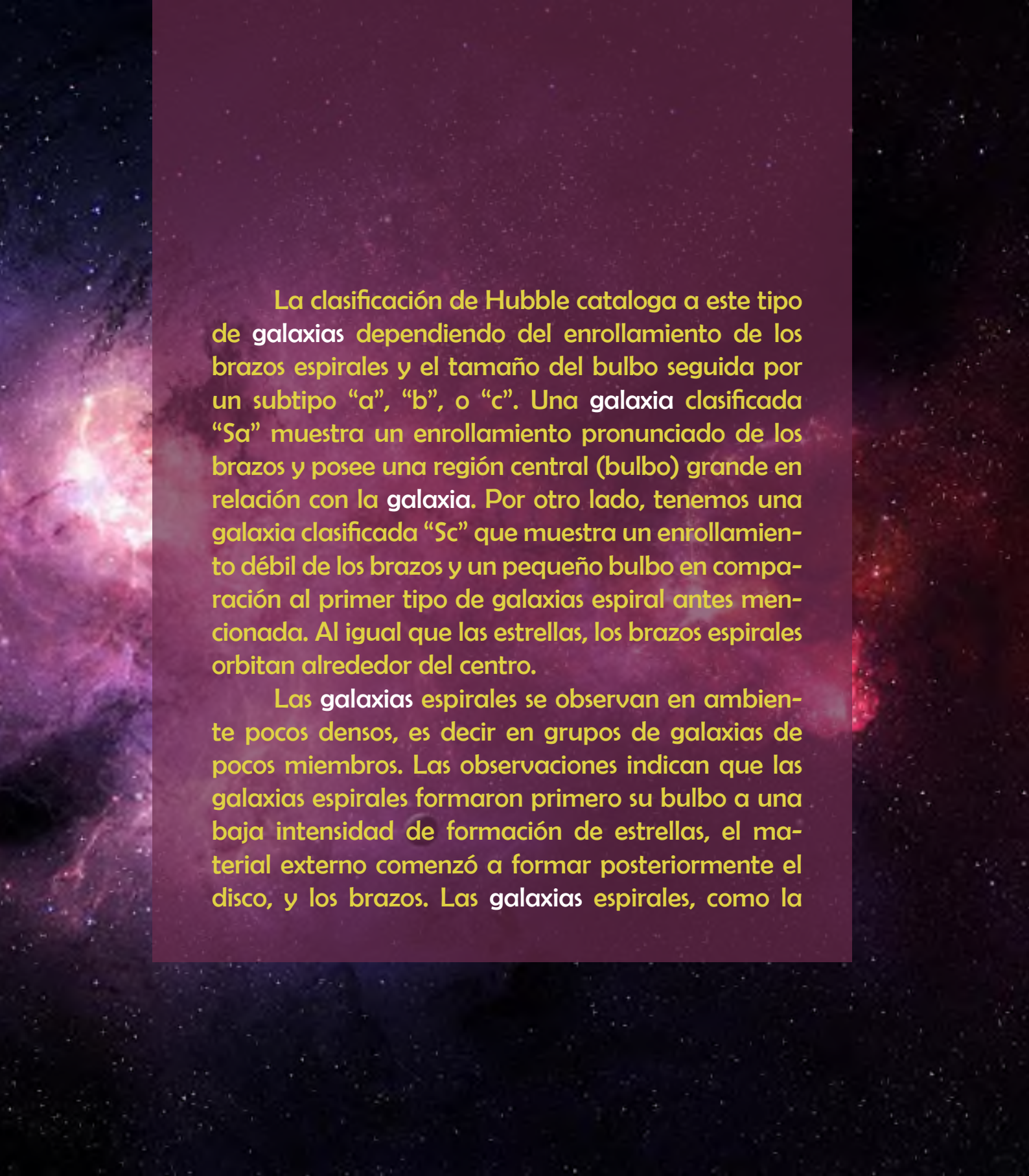


# Galaxias espirales

**L**as galaxias espirales contienen más componentes que las galaxias elípticas o lenticulares, una de sus principales características es la presencia de un disco rotando, compuesto por estrellas jóvenes, un medio interestelar y polvo, todas estas componentes girando alrededor de un bulbo central de estrellas generalmente más viejas. Otra particularidad es que fuera del núcleo central o bulbo se encuentran los brazos espirales los cuales dan origen a la clasificación.



Las galaxias espirales tienen brazos que parecen surgir del núcleo galáctico. Estos brazos están constituidos de gas y polvo, lo que permite que haya formación de estrellas.

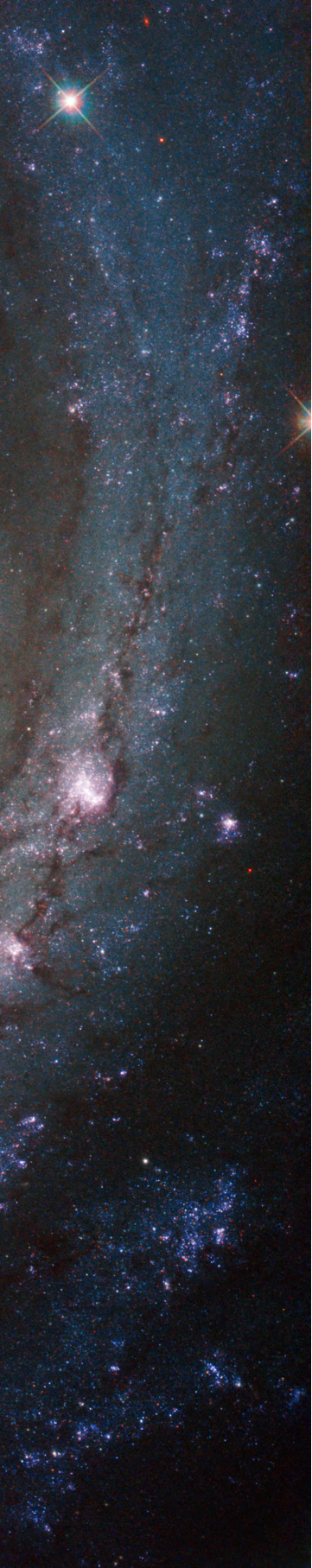


La clasificación de Hubble cataloga a este tipo de galaxias dependiendo del enrollamiento de los brazos espirales y el tamaño del bulbo seguida por un subtipo “a”, “b”, o “c”. Una galaxia clasificada “Sa” muestra un enrollamiento pronunciado de los brazos y posee una región central (bulbo) grande en relación con la galaxia. Por otro lado, tenemos una galaxia clasificada “Sc” que muestra un enrollamiento débil de los brazos y un pequeño bulbo en comparación al primer tipo de galaxias espiral antes mencionada. Al igual que las estrellas, los brazos espirales orbitan alrededor del centro.

Las galaxias espirales se observan en ambiente pocos densos, es decir en grupos de galaxias de pocos miembros. Las observaciones indican que las galaxias espirales formaron primero su bulbo a una baja intensidad de formación de estrellas, el material externo comenzó a formar posteriormente el disco, y los brazos. Las galaxias espirales, como la



Galaxia espiral NGC 1566

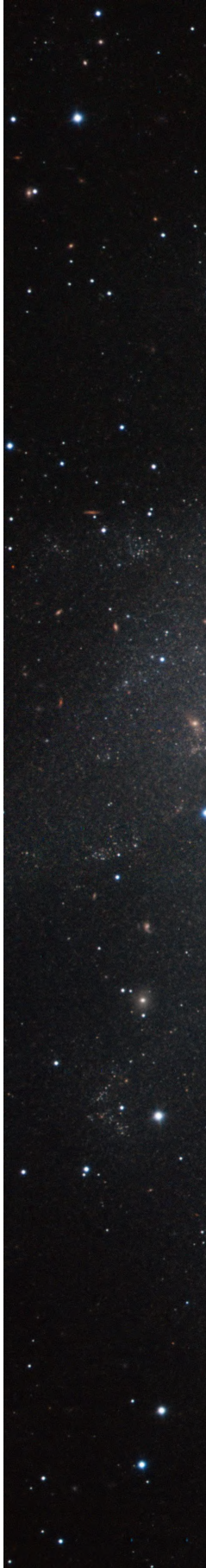


nuestra tienen en general, dos brazos fuertes o débilmente enrollados en espiral que emanan de la parte central llamada núcleo, pero se han observado galaxias con más de dos brazos.

La clasificación de Hubble cataloga a este tipo de galaxias dependiendo del enrollamiento de los brazos espirales y el tamaño del bulbo seguida por un subtipo “a”, “b”, o “c”. Una galaxia clasificada “Sa” muestra un enrollamiento pronunciado de los brazos y posee una región central (bulbo) grande en relación con la galaxia. Por otro lado, tenemos una galaxia clasificada “Sc” que muestra un enrollamiento débil de los brazos y un pequeño bulbo en comparación al primer tipo de galaxias espiral antes mencionada. Al igual que las estrellas, los brazos espirales orbitan alrededor del centro.

Las galaxias espirales se observan en ambiente pocos densos, es decir en grupos de galaxias de pocos miembros. Las observaciones indican que las galaxias espirales formaron primero su bulbo a una baja intensidad de formación de estrellas, el material externo comenzó a formar posteriormente el disco, y los brazos. Las galaxias espirales, como la nuestra tienen en general, dos brazos fuertes o débilmente enrollados en espiral que emanan de la parte central llamada núcleo, pero se han observado galaxias con más de dos brazos.

Galaxia espiral NGC 2997





# Galaxias espirales con barra

**A**lgunas galaxias espirales tienen una banda en forma de barra, constituida de estrellas viejas, gas, y polvo, en sus centros que se expanden a ambos lados del núcleo de manera simétrica y que se unen a la estructura central o bulbo con sus brazos espirales. La clasificación de Hubble clasifica este tipo de las galaxias con barra o barradas como SB y dependiendo del enrollamiento de los brazos espirales y el tamaño del bulbo seguida por un subtipo “a”, “b”, o “c”. Este subtipo es idéntico al de las galaxias espirales. Las observaciones

indican que las barras son estructuras temporales, lo que significa que con el tiempo desaparecerán, y que son el resultado de fusiones o interacciones de mareas (perturbaciones gravitacionales) con otra galaxia. Un dato interesante es que nuestra propia galaxia, la Vía Láctea es una galaxia barrada, por lo que probablemente esta barra es el resultado de una interacción con otra galaxia cercana y que ocurrió en el pasado.

Una galaxia espiral barrada posee una banda central de estrellas brillantes que va de un lado a otro de la galaxia, y parece que los brazos espirales surgen de los extremos de la barra.

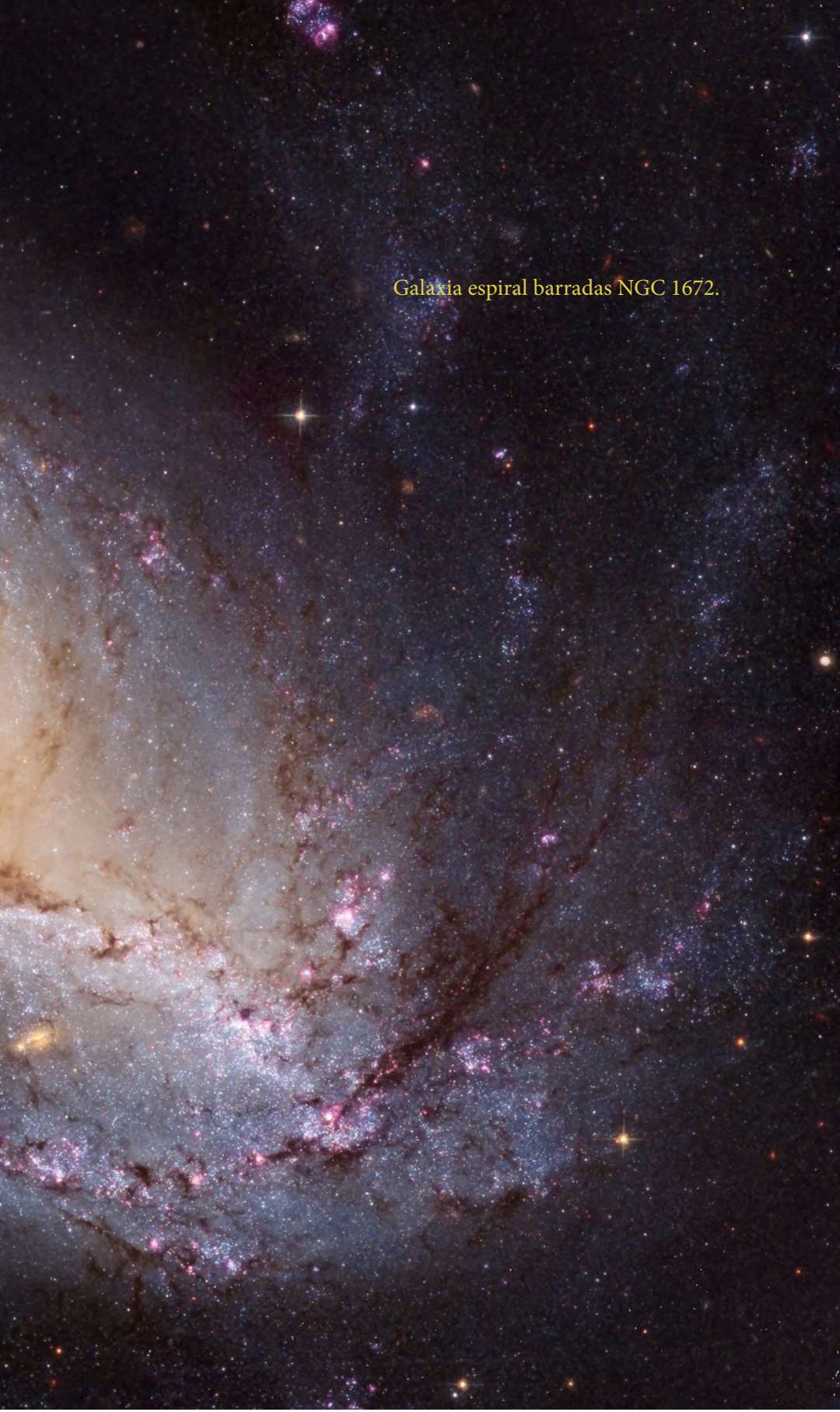






Galaxia espiral barradas NGC 1365.





Galaxia espiral barradas NGC 1672.

# Galaxias irregulares

**L**as galaxias irregulares son las galaxias más pequeñas y abundantes en el Universo y contienen una gran cantidad de gas, por lo que, siempre están formando nuevas estrellas. Por lo tanto, son extremadamente jóvenes las estrellas en estas galaxias irregulares. Muchas de estas galaxias son satélites de otras galaxias.



Algunas galaxias irregulares pueden ser pequeñas galaxias espirales distorsionadas por la gravedad de un objeto astronómico vecino de mayor masa.

Galaxia irregular Barnard.







**U**na **galaxia** irregular es como lo indica su nombre, no tienen una forma distintiva o bien definida como lo son las galaxias espirales, lenticulares, y elípticas. Estas galaxias no poseen un núcleo central, ni estructura de disco, ni barra, ni brazos espirales, pero si poseen grandes cantidades de gas y polvo por lo que tienen una alta formación estelar. Un dato interesante es que nuestra propia galaxia, la **Vía Láctea** tiene dos galaxias irregulares visibles desde el hemisferio sur, las llamadas nubes de Magallanes.

Galaxia irregular NGC6822.





Nubes de Magallanes: En la izquierda  
la Gran nube de Magallanes y en la derecha  
la nube Menor de Magallanes.

# Otros tipos de galaxia

**U**n ejemplo de estas de galaxias peculiares son las llamadas galaxias anilladas, las cuales tienen una estructura en forma de anillo, además contienen un medio interestelar que rodea al núcleo central y algunas veces lo conecta con el anillo. Las observaciones nos dicen que este tipo de galaxias se producen cuando una galaxia más pequeña pasa a través de ella por la parte central, expulsando el material central a la periferia produciendo un anillo.

Existen ciertos tipos de galaxias que poseen formas inusuales debido a interacciones gravitacionales con otras galaxias, como los choques o acercamiento de paso.



También se han observado las **galaxias** enanas, las cuales son extremadamente pequeñas en comparación con los anteriores tipos de galaxias. Muchas de estas **galaxias** enanas se observan orbitando alrededor de una galaxia más grande. La Vía Láctea tiene 30 **galaxias** satélite, y las primeras que fueron descubiertas son las Nubes de Magallanes, que se ven desde el hemisferio sur. Estas galaxias enanas también pueden clasificarse como enanas elípticas, enanas espirales, y enanas irregulares. Las masas de las **galaxias** enanas son de alrededor de un millón de masas solares (es decir una masa de un millón de soles), pueden variar en su número de estrellas de entre miles y millones de estrellas.



Galaxia anillada rueda de carro.




# Galaxias interactuantes

Las galaxias nunca se encuentran completamente aisladas, por lo que, la separación promedio entre galaxias es aproximadamente 10 veces mayor que el mismo diámetro o semieje mayor de la galaxia. Sin embargo, en las galaxias interactuantes su separación es menor a la separación promedio y por lo tanto la interacción entre galaxias es frecuente. Esto da como consecuencia que la interacción juegue un importante papel en la evolución de ambas galaxias. En casos extremos existen encuentros más cercanos y colisiones o choques entre las galaxias, esto produce fuertes interacciones que llegan incluso a intercambio de material (principalmente de gas o polvo).

Existen galaxias que son el resultado de la interacción gravitacional entre dos galaxias debido a la corta distancia que hay entre ellas.







Galaxias interactuantes, en este caso en colisión,  
en la izquierda NGC 2207 y en la derecha IC 2163.  
Index Catalogue (IC) Catálogo Índice de nebulosas  
y cúmulos de estrellas.

# La Vía Láctea :

La Galaxia, con mayúscula, es el nombre propio del gran sistema estelar o Universo isla en el que habitamos sobre un pequeño planeta azul llamado Tierra. La Vía Láctea es también la Galaxia que alberga nuestro Sistema Solar. Su nombre significa “el camino de la leche” por su apariencia en el cielo que producen los millones de estrellas. Todos podemos observar estas estrellas como una banda luminosa que forma el disco de nuestra Galaxia, recordemos que nosotros estamos embebidos dentro de ella y, por lo tanto, no podemos apreciar su forma en su totalidad.

# nuestra galaxia

Nuestro Sistema Solar pertenece a una galaxia espiral barrada llamada Vía Láctea. La estructura de nuestra galaxia se caracteriza por poseer un núcleo, una barra, un disco aplanado de estrellas, gas y polvo, así como brazos espirales.







**S**egún la mitología griega, Gracias a la intervención de la diosa Atenea, Hera, la reina de los dioses del Olimpo, accedió a amamantar de su pecho al hijo de su esposo Zeus, el rey de los dioses olímpicos, y la mortal Alcmena; se cuenta que el bebé Heracles, desesperado por tomar el pecho, dejó caer algunas gotas de leche que se derramaron sobre el cielo, formándose de esta singular manera la Vía Láctea.

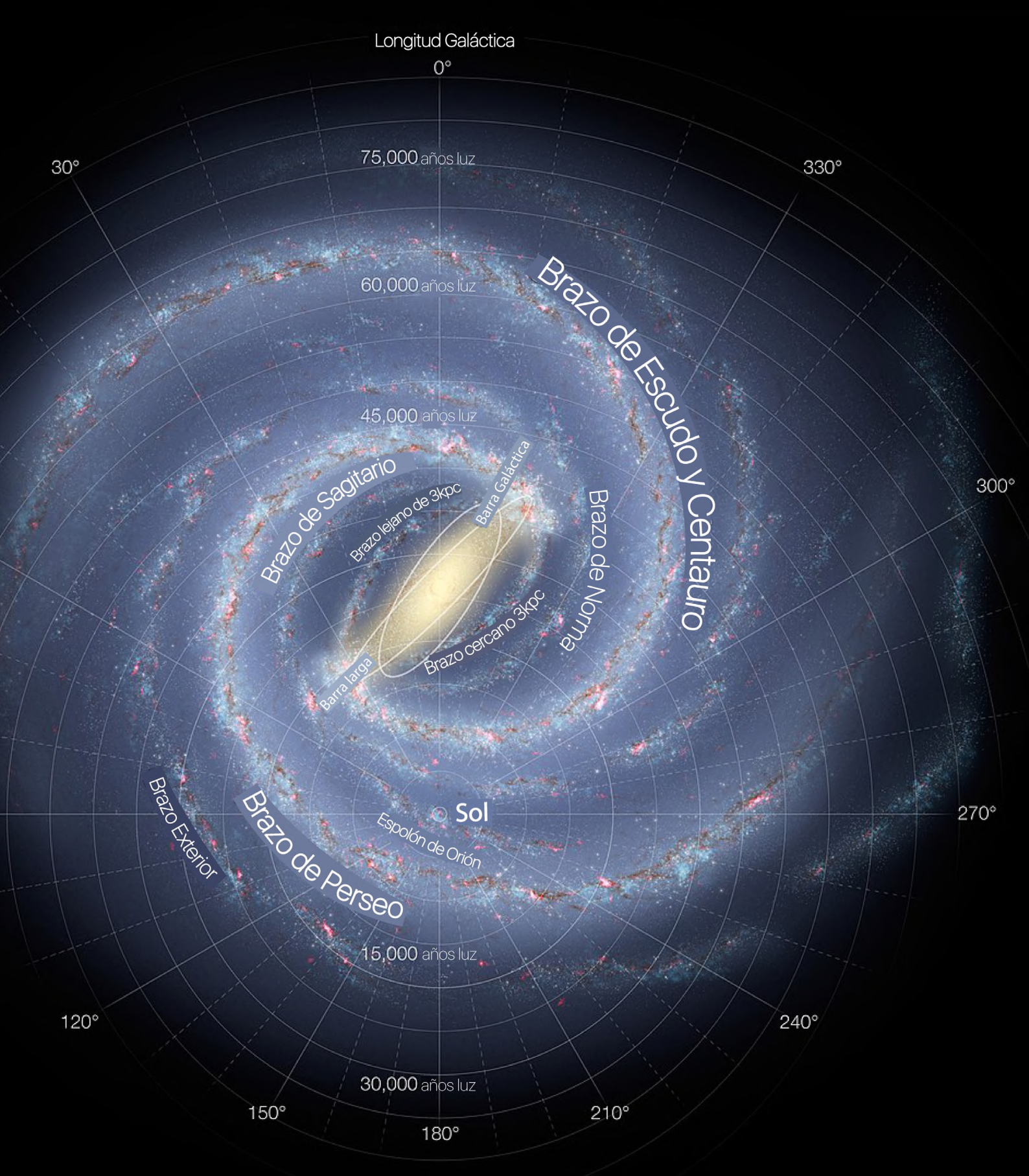
La creación de la Vía Láctea según la mitología griega. Imagen inspirada en el cuadro del pintor italiano Tintoretto: *El origen de la Vía Láctea* (1575).

**N**uestra **Galaxia** está constituida por un gran conjunto de estrellas y materia interestelar con forma esférica o bulbo en el centro, una barra, y brazos espirales en el disco. Tiene un núcleo central, en forma de bulbo esferoidal que cubre todo el núcleo, la barra, y parte del disco, en el disco las estrellas más brillantes trazan los brazos espirales. El bulbo, la barra y el disco están rodeados por un halo, el cual contiene las estrellas más antiguas y cúmulos globulares.

Representación artística de la estructura de la Vía Láctea, incluida la ubicación de los brazos espirales y otros componentes como el bulbo galáctico. Créditos: NASA / JPL-Caltech (autor R. Hurt).

60°

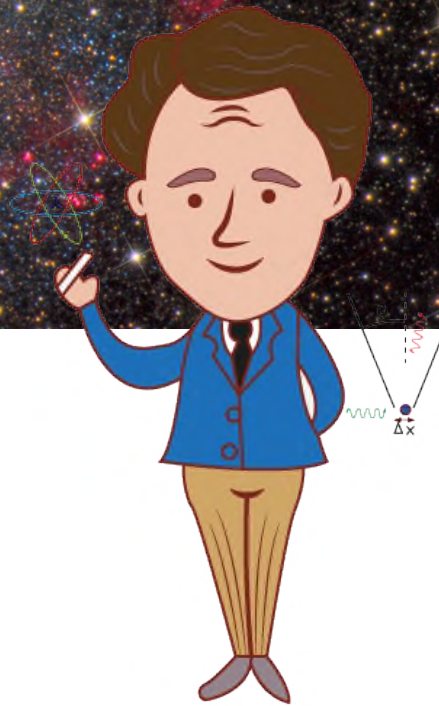
90°



**N**uestra **Galaxia**, por tanto, es una galaxia espiral barrada semejante a cualquier otra galaxia de su tipo. Estudios recientes afirman esta posibilidad de que la **Galaxia** sea del tipo de las espirales barradas. El Sol, el cual es una estrella más de Vía Láctea se halla en el disco a unos 30 mil años luz desde el centro. Por lo que, cuando contemplamos la **Galaxia** desde su interior podemos observarla como la ya mencionada banda luminosa lechosa que cruza todo el firmamento: la Vía Láctea.



La estructura de nuestra galaxia se caracteriza por poseer un núcleo, una barra, un disco aplanado de estrellas, gas y polvo, así como brazos espirales.



La Vía Láctea observada desde un volcán en la ladera del monte Taranaki.

La Vía Láctea a simple vista luce como una banda luminosa pero no fue hasta que el científico italiano Galileo Galilei, quien con el uso del telescopio en 1610 pudo demostrar que este denominado camino de leche está formado por millones de estrellas, las cuales a simple vista no se pueden diferenciar una de otra. Sin embargo, no fue hasta la década de 1920 que las observaciones de Edwin Hubble mostraron de manera definitiva que la Vía Láctea es más que sólo una de las muchas galaxias que existen en el Universo.



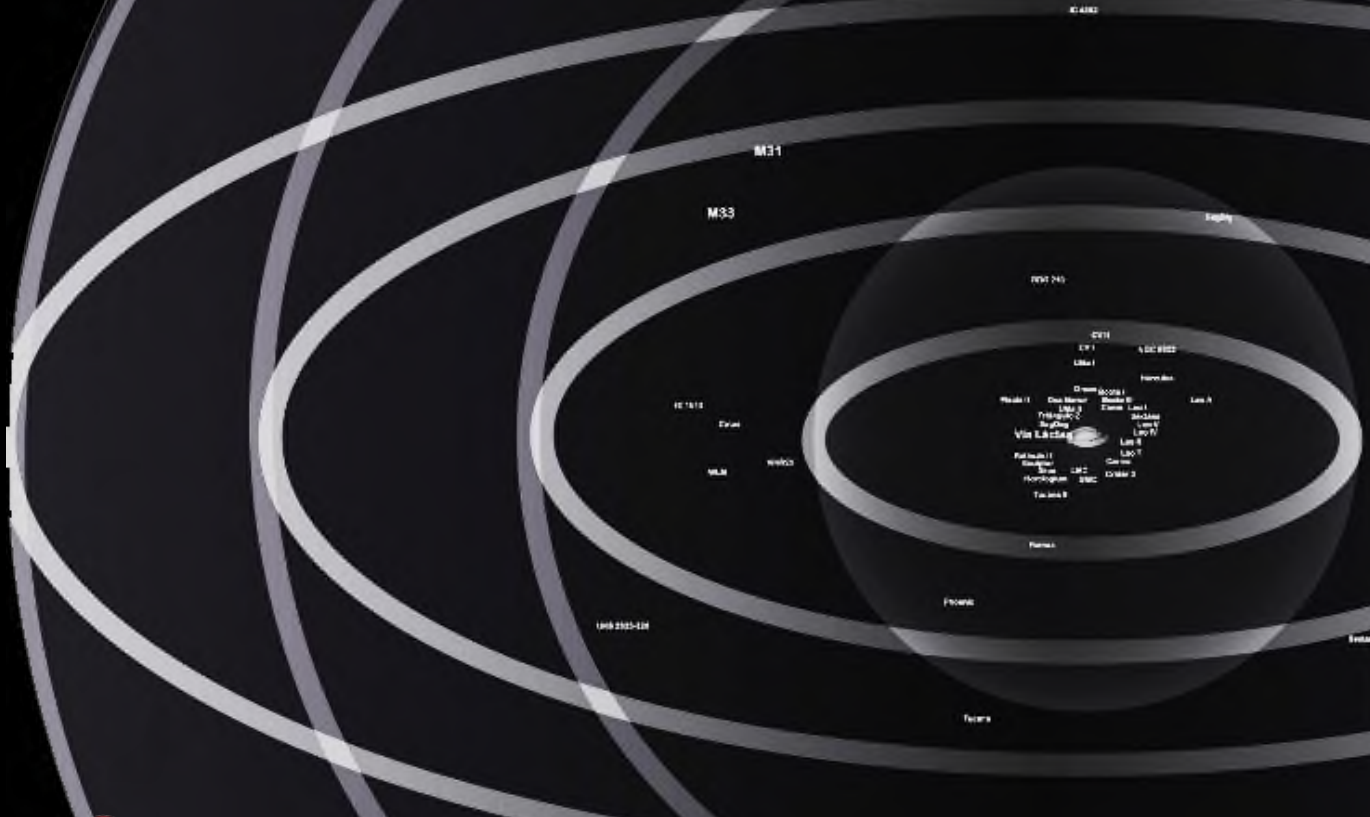
El Sol se localiza en uno de los brazos espirales conocido como La espuela de Orión y Cisne, que es la banda lechosa luminosa que observamos desde la Tierra.

Las galaxias no suelen estar aisladas, por lo que suelen estar agregadas en agrupaciones de diversos tamaños. Las agrupaciones de galaxias más pequeñas contienen varias decenas de galaxias, con masas totales que alcanzan los millones de millones de veces la masa de nuestro Sol: se conocen también como grupos de galaxias.

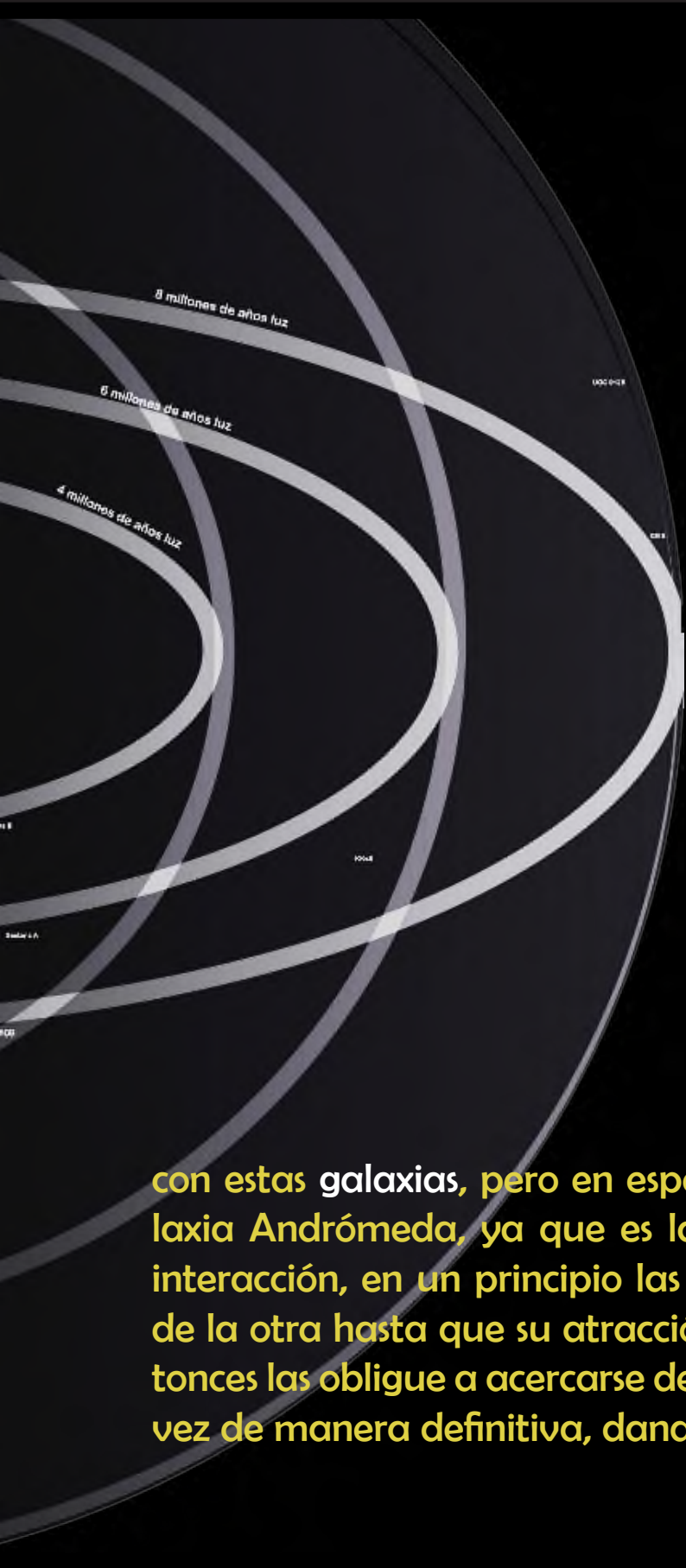
Los tamaños característicos de los grupos de galaxias alcanzan los 3 millones de años luz.



# Grupo Local y las Galaxias más cercanas



Es posible que el aspecto que presentan la Vía Láctea y Andrómeda mientras se aleja una de la otra vista desde lejos sea semejante al que presenta la galaxia de las antenas.



**E**n nuestro caso el grupo de galaxias más cercano es el Grupo Local, al que pertenece obviamente nuestra galaxia, y contiene unas 40 galaxias más. La Vía Láctea como ya mencionamos es una gran galaxia espiral barrada, y es muy similar a la galaxia Andrómeda (la galaxia más grande del Grupo Local). Las últimas observaciones nos hablan de que en este grupo nuestra galaxia se encuentra interactuando gravitacionalmente

con estas galaxias, pero en especial con una de ellas: La galaxia Andrómeda, ya que es la más masiva. Debido a esta interacción, en un principio las dos galaxias se alejarían una de la otra hasta que su atracción gravitatoria las frene y entonces las obligue a acercarse de nuevo la una a la otra, y esta vez de manera definitiva, dando lugar a una nueva galaxia.



Esta imagen del Hubble de la galaxia de las antenas muestra como las galaxias NGC 4038 y NGC 4039 chocan e interactúan, dando lugar al nacimiento de miles de millones de estrellas, principalmente en grupos y cúmulos de estrellas. Créditos: NASA, ESA, and the Hubble Heritage Team.

Galaxia de Andr6meda, entre los 6rboles como se observa a simple vista desde Montana en Estados Unidos y en la izquierda observada con telescopios profesionales.



Nuestro grupo local de **galaxias** además se encuentra moviéndose en dirección de una estructura más grande, el cúmulo de **galaxias** de Virgo, una agrupación aún mayor de galaxias. Todas las estrellas de cualquier **galaxia** no se encuentran fijas, por ejemplo, el Sol tarda entre 225 a 250 millones años en dar una órbita alrededor del centro galáctico, lo cual podríamos llamar como año galáctico. Esta rotación nos indica que la rapidez con que rotan las estrellas en promedio es de 210 a 240 kilómetros por segundo, una velocidad que sin duda es algo a lo que no estamos acostumbrados a experimentar en la vida diaria, pero que estamos viendo justo ahora.





La Vía Láctea observada desde los desiertos del suroeste de Estados Unidos.

Se estima que dentro de 4 mil millones de años la Vía Láctea colisionará con la galaxia Andrómeda formando posiblemente una galaxia espiral gigante llamada Lactómeda.



En general, todos los objetos (estrellas, gas, polvo interestelar, etcétera) de la Galaxia se mueven alrededor del centro galáctico. Recordemos que nuestro sistema solar se encuentra también inmerso en el disco de la Galaxia, por lo que, no podemos ver toda nuestra galaxia, y por sí solos no podríamos saber su forma; por ejemplo, es como tratar de imaginarse todo un bosque cuando nos encontramos en medio de él. Como

ya mencionamos, a simple vista desde la Tierra, podemos ver muchas estrellas individuales, y muchas otras no podemos observarlas, más que una ancha banda luminosa formada por una cantidad enorme de estrellas y por las nubes interestelares de gas y polvo, en otras palabras, no podemos ver el centro galáctico ni los otros brazos espirales de la galaxia, solo aquel en el que se localiza el Sol, es decir, el brazo de Orión y Cisne.

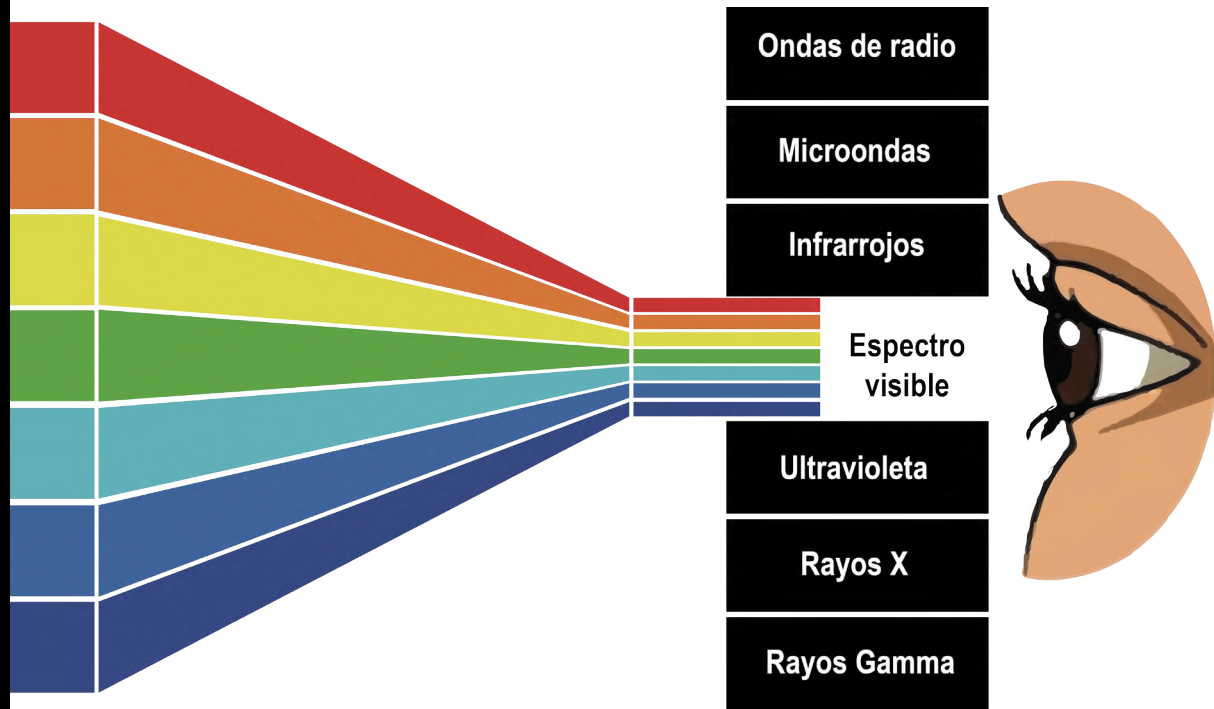
Desde que se formó, hace aproximadamente 5 mil millones de años, el Sol ha dado entre 20 y 22 vueltas alrededor del centro galáctico sobre una órbita elíptica a una rapidez de 782 mil kilómetros por segundo.



¿Cómo crees que se descubrió la estructura espiral de nuestra galaxia?

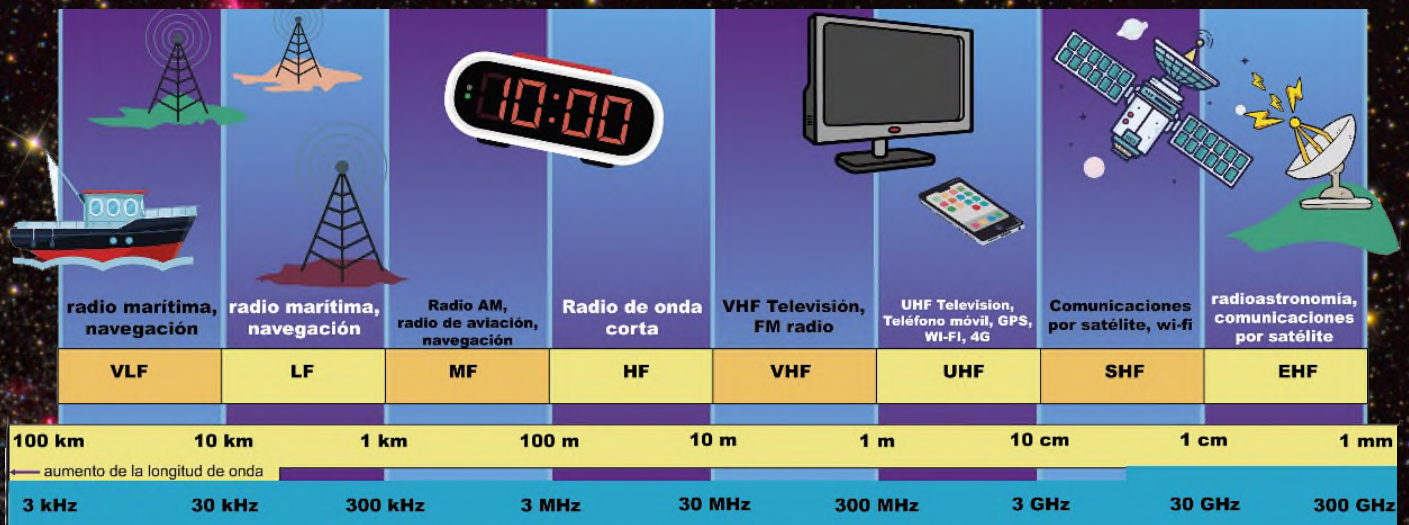


La estructura de la Vía Láctea fue descubierta a través del desarrollo de la ciencia y la tecnología, a lo largo de los años, usando observaciones con potentes telescopios en la banda del visible y la banda del radio del espectro electromagnético, además de la observación de otras galaxias (por ejemplo, si no existieran los espejos, nos podríamos imaginar nuestro propio rostro observando los rostros de las otras personas). Además, se ha utilizado el rango de las ondas de radio, ya que estas ondas pueden pasar a través de las nubes de gas, y polvo, las cuales son opacas al rango de la luz visible, y es gracias a esto que se ha podido realizar un mapeo de la estructura de la Galaxia.



El rango o banda del visible es una región del espectro electromagnético muy pequeña en la que nuestros ojos pueden ver.





Mientras que el rango o la banda de radio es la que se utiliza en las radiotelecomunicaciones, por lo que gracias a ellas podemos sintonizar la radio y ver la TV en nuestras casas, además de usar teléfonos móviles, el GPS, así como conectarnos al Wi-Fi.



# Características de la Vía Láctea

## Orientación

Cabe mencionar que cuando observamos el cielo nocturno, el término “Vía Láctea” se limita solamente a la banda luminosa observable, pero como ya hemos mencionado en realidad son todas las estrellas que vemos a simple vista y forman parte de nuestra Galaxia. Incluso en regiones muy oscuras se observa la banda luminosa en donde no se distinguían estrellas aparentemente, y en otras regiones se observan muchas zonas oscuras, las cuales deberían estar lle-

La nube molecular Barnard 68 es una nebulosa oscura localizada en dirección de la constelación de Ofiuco dentro de la Vía Láctea, y se localiza a una distancia de unos 500 años luz de nosotros.





nas de estrellas, pero cuya luz es bloqueada por el polvo interestelar, como el caso particular de la nube Barnard 68. También podemos observar en el cielo a las constelaciones, la Vía Láctea pasa a través de 30 diferentes constelaciones.

A pesar de que Barnard 68 es opaca a las longitudes de onda de luz visible, con el uso del telescopio VLT se ha revelado la presencia de unas 3700 estrellas de fondo de la Vía Láctea bloqueadas por la nube, solamente 1000 de ellas son visibles en longitudes de onda infrarrojas.



Las constelaciones son agrupaciones de estrellas que no necesariamente están ligadas por la gravedad y están proyectadas sobre el cielo, algunas civilizaciones de la antigüedad les dieron un sentido según su mitología.

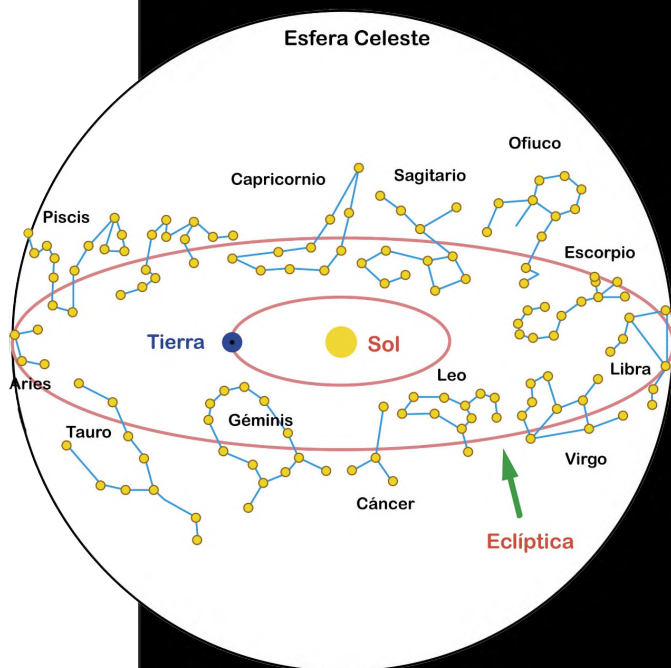
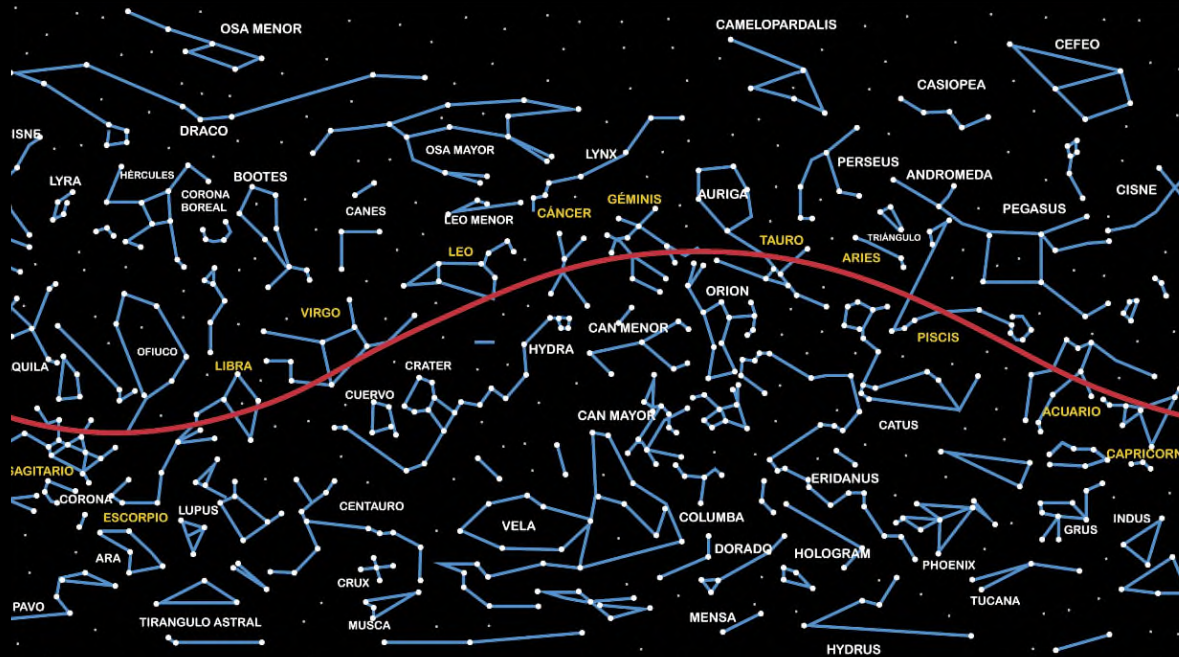


El centro galáctico lo podemos ubicar en la constelación de Sagitario, y que podemos identificar a simple vista debido a que es el punto donde la Vía Láctea es más brillante. El disco de la Galaxia lo podemos definir o ubicar sobre un plano, y dicho plano se encuentra inclinado unos  $60^\circ$  con respecto a la eclíptica, Por esta razón, a lo largo de todo un año, observamos como el plano de la Galaxia va moviéndose por el cielo, dependiendo de nuestra ubicación en la Tierra, de modo que en ciertas épocas del año podemos verla sobre nuestras cabezas y en otras a lo largo del horizonte.

La eclíptica es el plano por el cual los cuerpos del Sistema Solar orbitan, es decir, el plano donde los planetas están orbitando al Sol.



Constelación de Sagitario



La eclíptica es el recorrido aparente que el Sol realiza en un año a través de las estrellas, más precisamente, a través de las doce bien conocidas constelaciones del Zodiaco.

**T**e has fijado que los puntos por donde el Sol sale y se pone sobre el horizonte cambian en el curso del año. El primer día de la primavera y del otoño el Sol sale exactamente por el Este y se pone por el Oeste. Al acercarnos al solsticio de verano las posiciones de la salida y el ocaso avanzan hacia el norte, aumentando también su recorrido en el cielo que es máximo en el solsticio de verano. Desde el equinoccio de otoño retroceden hacia el Sur alcanzando la trayectoria del Sol su valor mínimo en el solsticio de invierno.

Un solsticio sucede cuando el Sol se encuentra más cerca o más lejos de uno de los hemisferios terrestres. De esta manera, aumenta la duración del día en una parte determinada de la Tierra, mientras que disminuye la duración en la otra.



El solsticio ocurre dos veces al año, suceden en junio (entre los días 20 o 21) y diciembre (entre los días 21 o 22). Estos son los días en los que el Sol está más al norte o al sur del ecuador.



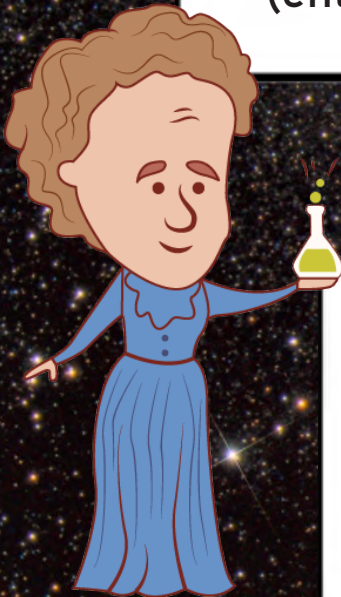






Un equinoccio se produce cuando el Sol se encuentra sobre la línea del ecuador, por lo que el día y la noche en ambos hemisferios tienen exactamente la misma duración.

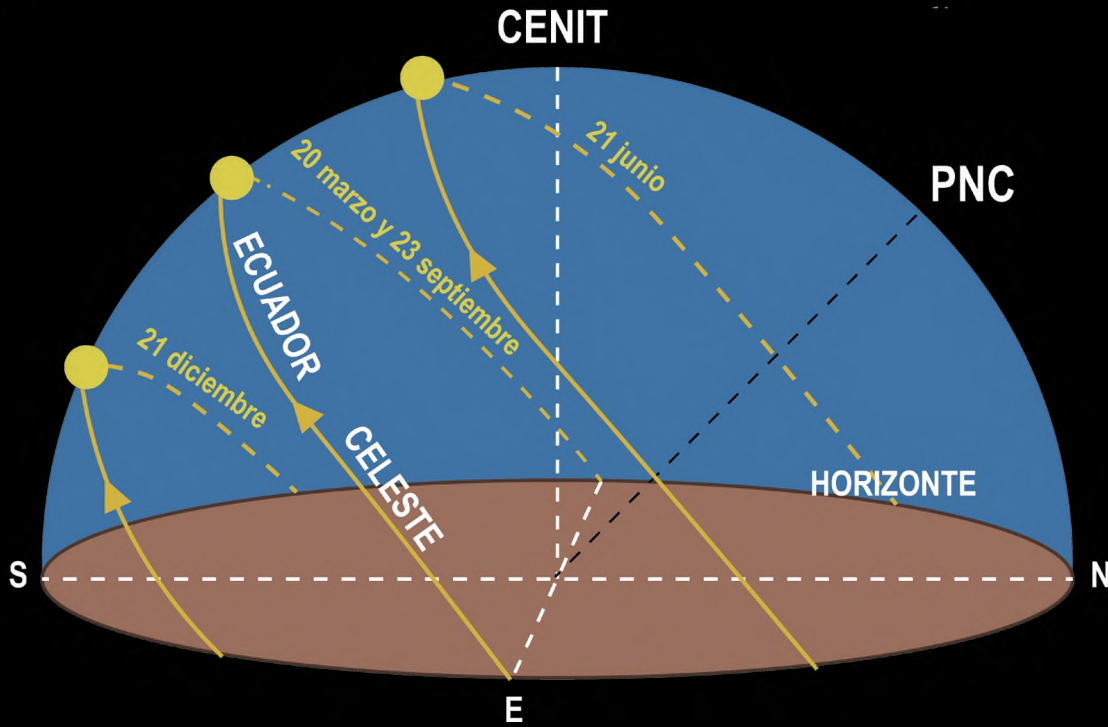
Los equinoccios también suceden dos veces al año, ocurren en marzo (entre los días 19 y 21) y en septiembre (entre los días 21 y 24).



Los solsticios y los equinoccios marcan la entrada de las estaciones: primavera, verano, otoño e invierno.

# EL SOL

Trayectorias diarias del sol en las distintas estaciones



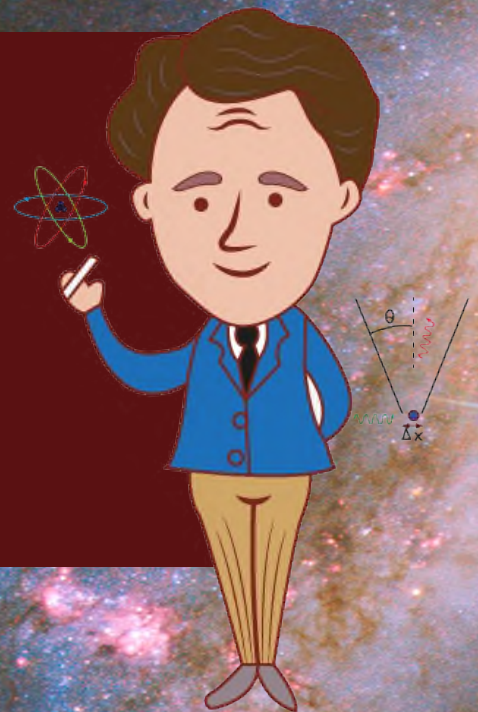
## Dimensiones

Hablemos de tamaños... como ejemplo hagamos la siguiente comparación, si la Galaxia tuviera un diámetro de 100 metros, nuestro Sistema Solar, incluyendo la nube de Oort no tendría más de 1 milímetro de diámetro y la estrella más Próxima Centauri, la más cercana al Sol, estaría a 4.2 milímetros de distancia. La Vía Láctea contiene entre 200 y 400 mil millones de estrellas. El número exacto depende de la cantidad de objetos débiles como estrellas de baja masa y estrellas enanas, mismas son difíciles de detectar.



¿Te has preguntado  
qué tan grande es  
nuestra galaxia?

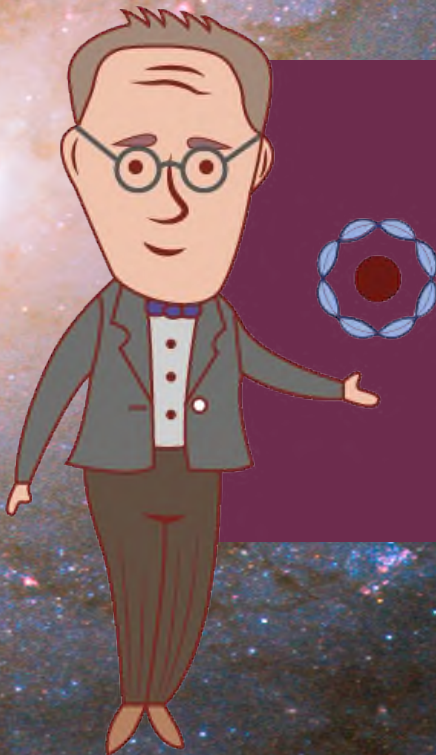
La Vía Láctea está formada  
de diferentes estructuras,  
una de las más importantes  
es el disco de estrellas el  
cual tiene aproximadamente  
100,000 años luz de diámetro  
y unos 1,000 años luz de ancho.



La nube de Oort es una gigantesca "nube" localizada más allá de Plutón y posee una masa aproximadamente 40 veces la de la Tierra.



Esta nube está compuesta por núcleos de cometas, es decir, rocas de hielo formadas por agua, amonio, metano y etano a  $-250\text{ }^{\circ}\text{C}$ , de tamaños de entre 0.5 y 500 Km.

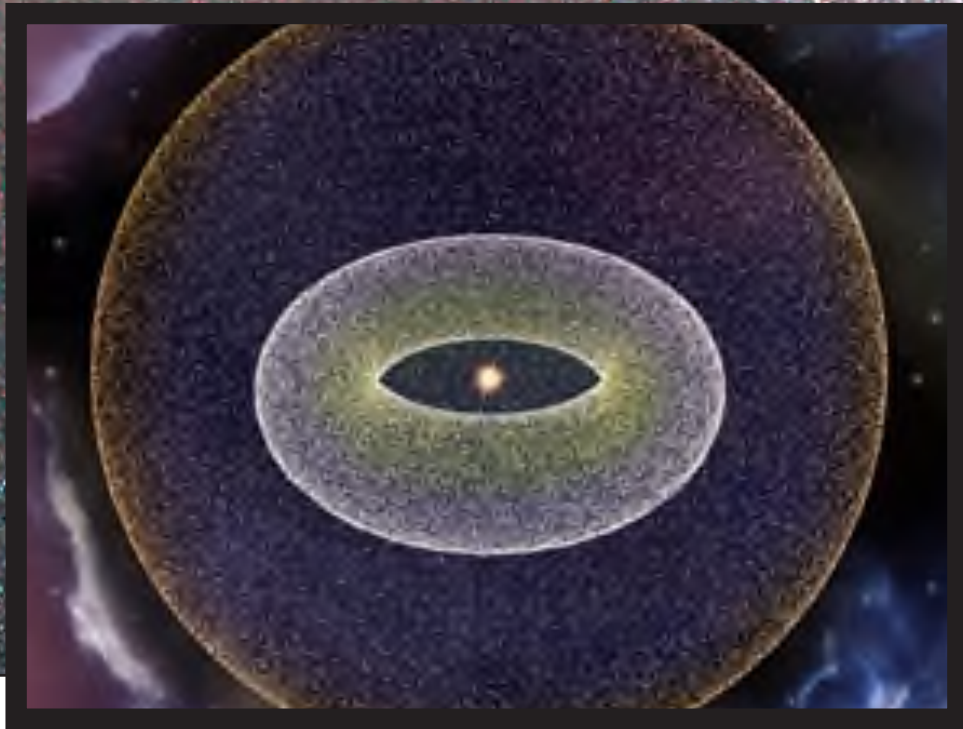


Representación artística de la Nube de Oort.



La nube de Oort consta de dos partes:  
una “interna”, con forma de dona,  
situada a unos 450 mil millones de  
kilómetros del Sol, y una “externa”  
con forma de esfera, situada a  
11 billones de kilómetros del Sol.





**A** pesar de que existen muchas estrellas en la Galaxia, el espacio entre las estrellas no está vacío, sino que contiene polvo y gas interestelar. Rodeando el disco galáctico se encuentra un halo esférico de estrellas y cúmulos globulares, además de unas 30 galaxias satélite que orbitan alrededor y que están siendo lentamente tragadas por nuestra galaxia. Entre ellas podemos destacar a las conocidas Nubes de Magallanes y que se ubican a una distancia de 180,000 años luz.



El polvo y gas interesantes  
Vía Láctea se encuentran  
como en el complejo

El Complejo molecular de la nube de Orión es un gran grupo de nebulosas brillantes, nubes oscuras y estrellas jóvenes en la constelación de Orión. La nube está a 1500 a 1600 años luz de distancia, y con diámetro de cientos de años luz. Varias partes de la nebulosa son visibles con binoculares y telescopios pequeños, y algunas partes (como la propia nebulosa de Orión) se aprecian a simple vista.

telar en algunas regiones de la  
tra formando nuevas estrellas,  
molecular de la nube de Orión.





Nebulosa de Orión



Constelación de Orión

## Estructuras

La Galaxia consiste en una región central o bulbo, con una barra que atraviesa el bulbo de manera simétrica, rodeada por un disco de gas, polvo y estrellas. El gas, polvo y estrellas se encuentran distribuidos en los brazos espirales. A pesar de que el conocimiento de que nuestra galaxia es espiral es relativamente antiguo, sólo en la década pasada se confirmó la existencia de una barra en el centro de la Galaxia, lo cual nos demuestra el constante avance en la ciencia, incluso en nuestros días. Generalmente la estructura de la galaxia se organiza en tres componentes: un núcleo central o bulbo, los brazos espirales y el halo.

## Centro Galáctico y barra

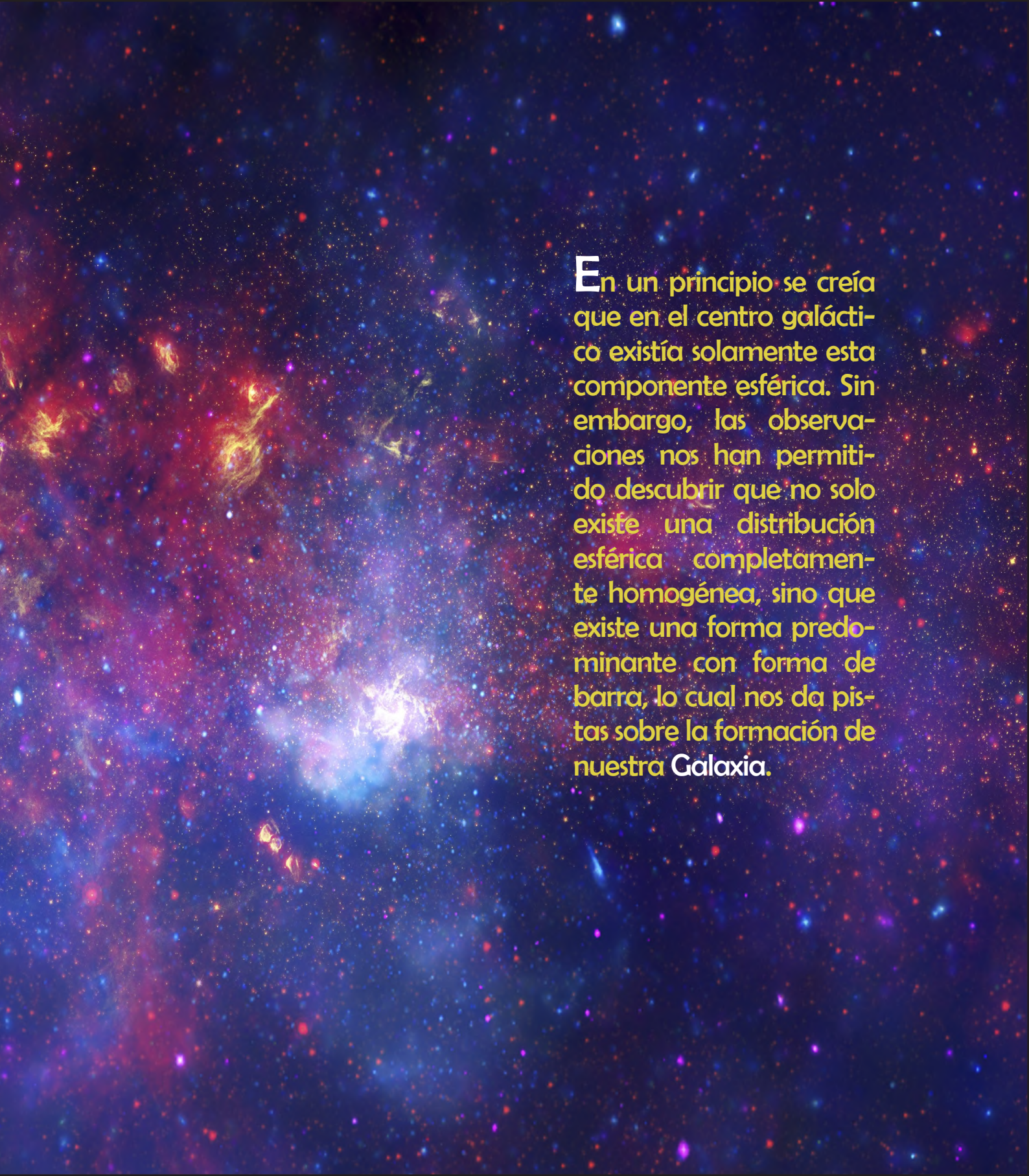
**E**n la región central de la Galaxia encontramos el centro galáctico, el cual es una concentración muy densa de estrellas, la mayoría de estas estrellas son principalmente viejas, lo que indica que estas estrellas fueron las primeras en formarse en nuestra Galaxia y, que además se agrupan de forma relativamente esférica llamada en lo que conocemos como “Bulbo”.

Actualmente la estructura de la galaxia se organiza en cuatro componentes: un núcleo central o bulbo, una barra, los brazos espirales y el halo.



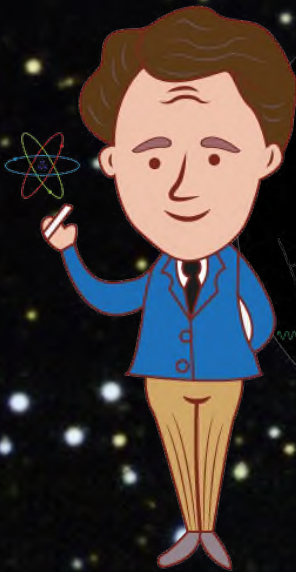


Imagen compuesta del centro galáctico  
(por los satélites Hubble, Spitzer y Chandra).  
Créditos: NASA/JPL-Caltech/ESA/CXC/STSc.



**E**n un principio se creía que en el centro galáctico existía solamente esta componente esférica. Sin embargo, las observaciones nos han permitido descubrir que no solo existe una distribución esférica completamente homogénea, sino que existe una forma predominante con forma de barra, lo cual nos da pistas sobre la formación de nuestra Galaxia.

La barra pudo haberse producido por la presencia o interacción de una galaxia perturbadora, la cual probablemente ya ha sido comida por la **Vía Láctea**. A cada uno de los extremos de la barra se unen los brazos que le dan la forma de espiral a nuestra galaxia.



Debido a que el polvo interestelar bloquea nuestra línea de visión hacia el centro de la **Galaxia**, este no puede ser estudiado mediante el espectro visible, el ultravioleta o por rayos X de baja potencia.

Al adentrarnos un poco más a la región central del bulbo, encontramos una fuente de emisión intensa de radiación en la región de las ondas de radio, conocida como Sagitario A. Estas observaciones nos indican que hay movimiento de material (gas y polvo) alrededor de este centro, lo cual nos indicaría la existencia de un objeto muy masivo y compacto.

La información que se conoce actualmente sobre el centro galáctico proviene de observaciones realizadas por rayos gamma, infrarrojos, y observaciones en longitudes de onda submilimétricas, ondas de radio o rayos X de alta potencia.

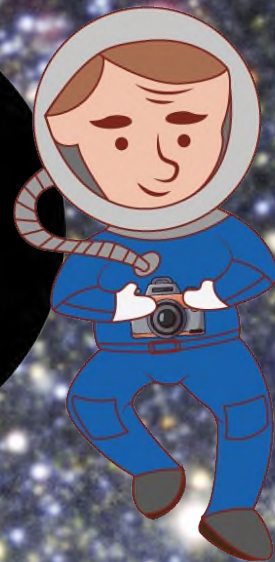
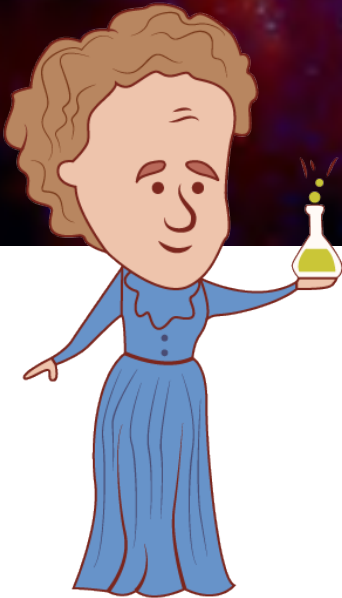


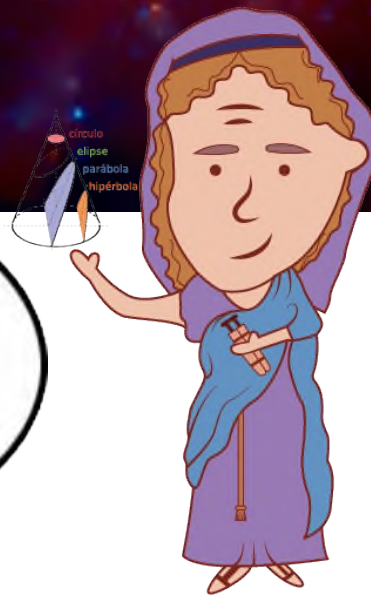
Imagen de Sgr A\* proporcionada por el Observatorio Chandra de Rayos X. Créditos: NASA/CXC/MIT/E.



En el centro de la región Sagitario A, se localiza una estructura de menor tamaño llamada Sagitario A\* que contiene un agujero negro supermasivo.

La mejor explicación teórica es que esta concentración sea un agujero negro supermasivo con una masa de aproximadamente 4 millones de veces la masa del Sol. Las observaciones más recientes de otras galaxias y los modelos actuales de formación de galaxias indican que la mayoría de las galaxias con bulbo poseen un agujero negro supermasivo en sus centros, lo cual nos da indicios de cómo se formaron las galaxias y cuáles son los procesos más importantes que dominan su evolución.

¡La masa del Sol es de 1.99 quintillones de kilogramos!

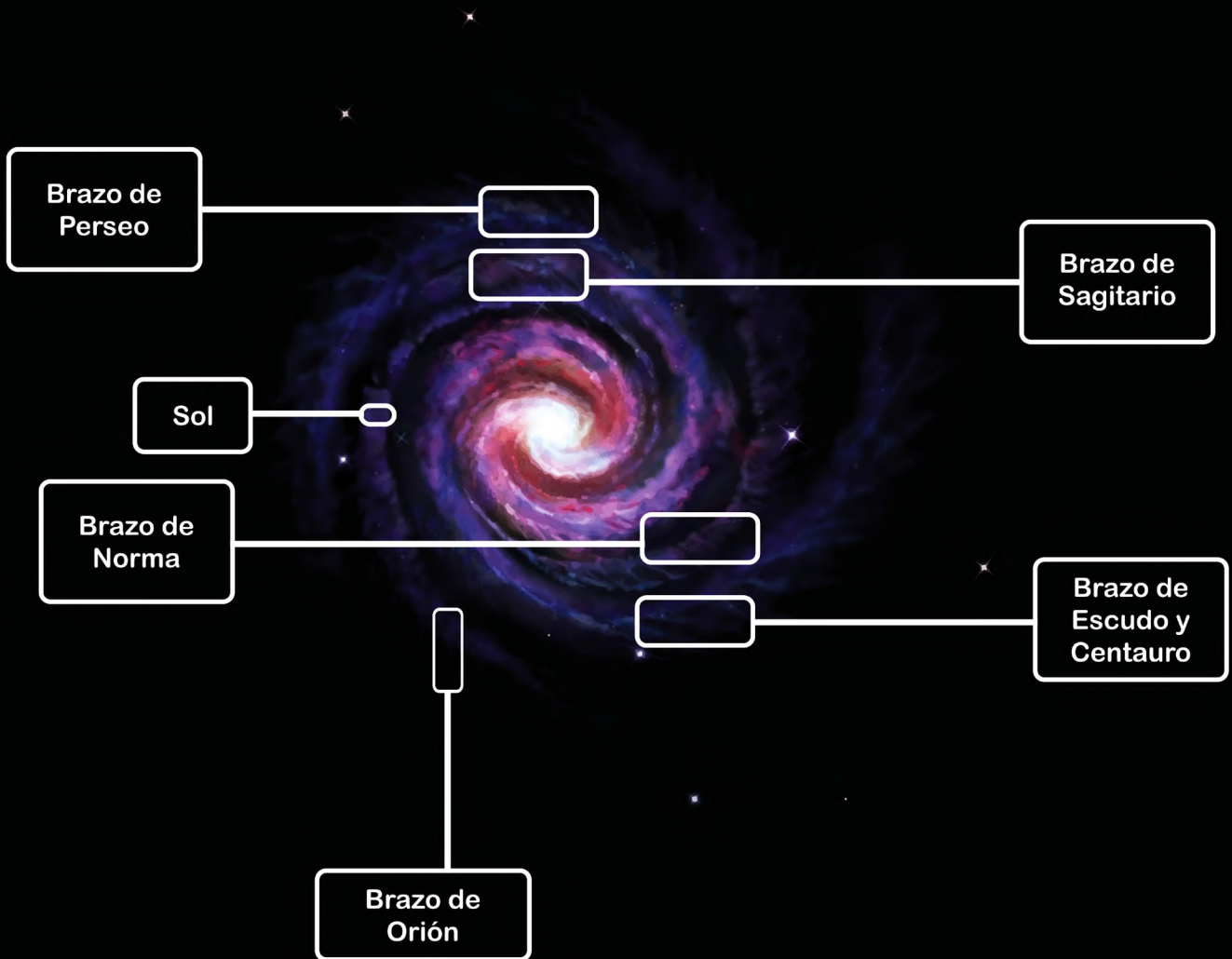


## Los Brazos Espirales

Dentro del medio interestelar, y de las observaciones se han reconocido cuatro brazos espirales principales: el brazo de Perseo, el de Norma, Escudo-Centauro y Carina-Sagitario. Todos estos brazos contienen más gas y polvo interestelar que el promedio de la galaxia, por lo que, cuentan con una alta concentración de formación de estrellas principalmente en las denominadas regiones HII (regiones de gas formadas por Hidrógeno ionizado) y nubes moleculares.



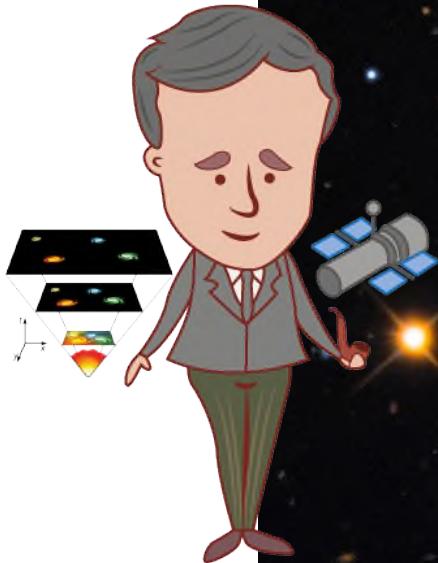
Dentro de los brazos espirales existe un brazo menor conocido como el espolón de Orión-Cisne en el cual se ubica nuestro Sol y el Sistema Solar.



Las nuevas estrellas nacen principalmente en los brazos, debido a la mayor densidad de la materia interestelar cuya contracción da nacimiento a las estrellas.

## El Halo

Como se mencionó anteriormente, el disco galáctico se encuentra rodeado por un halo esférico de estrellas antiguas y cúmulos globulares que se encuentran a una distancia promedio de 100 mil años luz del centro galáctico. La mayor parte de los cúmulos de la Galaxia tienen una órbita retrógrada, es decir, están orbitando en dirección opuesta a la rotación de las estrellas del disco y los brazos de la Galaxia.



Los astrónomos de la antigüedad creían que el Sol era el centro del Universo y posteriormente creyeron que era el centro de la Galaxia.

Dentro de este halo se tienen observaciones de la presencia de una gran cantidad de gas a alta temperatura (entre 1 y 2.5 millones de grados Celsius), el cual se extiende varios cientos de miles de años luz. Su masa es comparable a la masa de todas las estrellas de la galaxia, pero al estar distribuido en un espacio mayor este gas es muy difuso o poco denso para formar estrellas.

Sin embargo, el Sol se ubica a una distancia de 27 mil años luz del centro galáctico.



## Edad

La única edad cuantitativa que podemos determinar es la de las estrellas de manera individual y puede ser estimada midiendo la abundancia de los elementos radiactivos que tienen una vida media mayor como el Torio y el Uranio. Esto nos da como resultado una edad entre 13 y 14 mil millones de años para nuestra Galaxia.

Existen otras mediciones que hacen uso de estudios realizados en los cúmulos globulares y estrellas del halo galáctico y las edades encontradas circundan por los mismos valores. En cambio, con los mismos métodos se ha encontrado que el disco se formó principalmente hace 8 a 9 mil millones de años. Estas diferencias de edad entre los diferentes componentes de la galaxia dan pistas de cómo se formó.

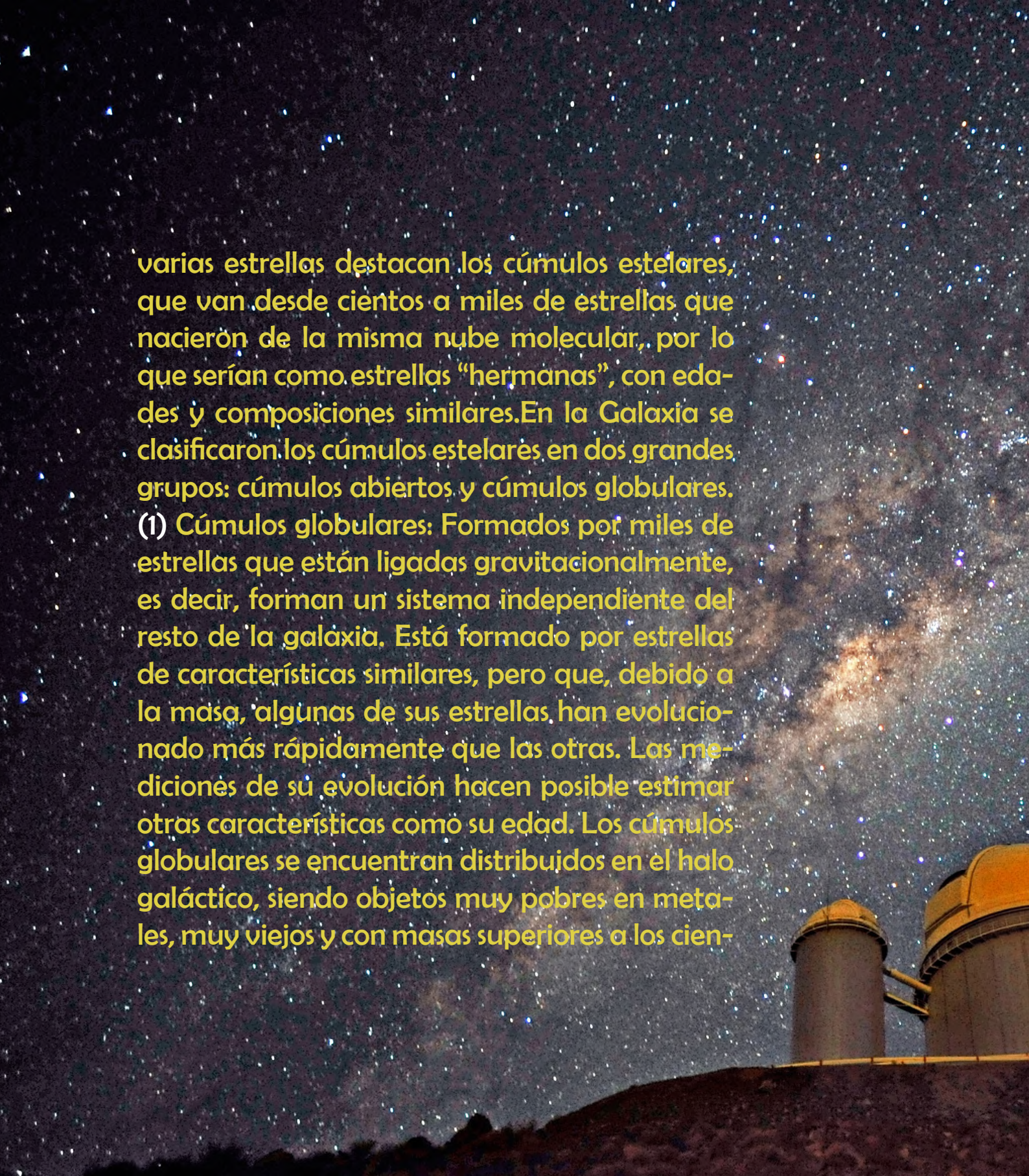
## Cúmulos de estrellas

La materia visible (la que observan nuestros ojos) de la Galaxia se concentra principalmente en las estrellas, pero no siempre las estrellas nacen solas, como fue el caso de nuestro Sol. Los cúmulos estelares son agrupaciones de estrellas que han nacido simultáneamente de la misma nube molecular y que, por lo tanto, comparten la misma edad y composición química.

De hecho, la mayor cantidad de estrellas se encuentran inmersas en sistemas múltiples de estrellas. Entre los sistemas de


Un cúmulo estelar es un grupo de estrellas atraídas entre sí por su gravedad mutua.





varias estrellas destacan los cúmulos estelares, que van desde cientos a miles de estrellas que nacieron de la misma nube molecular, por lo que serían como estrellas “hermanas”, con edades y composiciones similares. En la Galaxia se clasificaron los cúmulos estelares en dos grandes grupos: cúmulos abiertos y cúmulos globulares.

(1) **Cúmulos globulares:** Formados por miles de estrellas que están ligadas gravitacionalmente, es decir, forman un sistema independiente del resto de la galaxia. Está formado por estrellas de características similares, pero que, debido a la masa, algunas de sus estrellas han evolucionado más rápidamente que las otras. Las mediciones de su evolución hacen posible estimar otras características como su edad. Los cúmulos globulares se encuentran distribuidos en el halo galáctico, siendo objetos muy pobres en metales, muy viejos y con masas superiores a los cien-



tos de miles de masas solares. La alta densidad de objetos y la atracción gravitatoria modelan una apariencia globular que da nombre a estos objetos. (2) Cúmulos abiertos: Los cúmulos abiertos muestran una menor densidad y su masa no sobre pasa nunca la de unos pocos miles de masas solares. Formados por decenas a cientos de estrellas relativamente jóvenes, por lo que aún están ordenándose gravitacionalmente y que en un futuro algunas de estas estrellas pueden separarse del grupo principal. Su rango de masas va desde unos pocos cientos de estrellas hasta grupos de un millón de masas solares. Se encuentran principalmente en el disco galáctico, son ricos en metales y parecen tener una edad muy inferior a los mil millones de años, mostrando una estructura interna muy variable que va desde una geometría fractal, para los más jóvenes y menos masivos, hasta distribuciones casi esféricas.

El estudio de la formación de los cúmulos estelares es, hoy en día, una de las cuestiones clave de la astrofísica. Su vida es una continua lucha entre la atracción gravitatoria que tiende a mantenerlo unido y la temperatura cinética (la energía cinética media de los miembros del cúmulo) que tiende a dispersarlo. Una gran fracción de los cúmulos estelares son disueltos durante su infancia (edad inferior a diez millones de años) y solo unos pocos sobreviven como objetos unidos gravitatoriamente por más de mil millones de años.



La clasificación tradicional incluye dos tipos de cúmulos estelares, los globulares y los cúmulos abiertos.



Cúmulos estelares: arriba, cúmulo estelar abierto NGC 3766, y abajo, cúmulo globular Omega Centauri.

## Poblaciones estelares

En 1944, el astrónomo Walter Baade dividió a las estrellas en dos categorías o poblaciones con el fin de establecer un modelo de evolución de las estrellas con el fin de explicar los dos tipos de poblaciones de estrellas que se observan en la Galaxia. Este concepto de población tiene que ver con la edad y composición de las estrellas. Las estrellas de población I corresponden a las estrellas con características como edad y metalicidad similares a nuestro Sol, en cambio una estrella de población II es una estrella más antigua, y por lo tanto con menor metalicidad.



Hay básicamente dos tipos de poblaciones estelares, las que se parecen a nuestro Sol tanto en edad y metalicidad y las que no.

El concepto de metalicidad tiene que ver con la abundancia de metales o elementos más pesados que el Hidrógeno y el Helio, es decir que consideran como metales a los elementos como el Oxígeno, Nitrógeno y Carbono. De esto podemos inferir que las estrellas antiguas nacieron de nubes moleculares con menor cantidad de metales (una cantidad muy baja de Oxígeno, Nitrógeno y Carbón), debido a que menos estrellas habían aportado estos elementos al medio interestelar (la aportación de elementos de las estrellas al medio interestelar en cuando mueren por medio de explosiones Novas y Supernovas), en cambio una estrella más joven nace de una nube de gas y polvo con mayor cantidad de metales (Oxígeno, Nitrógeno y Carbón) debido a que más estrellas han enriquecido el medio circundante.

Las novas son estrellas en un periodo tardío de evolución de modo que eyectan de forma explosiva una pequeña fracción de su masa como una capa de gas, aumentando su brillo para posteriormente normalizarse.





Nebulosa del ojo de gato, producto del estallido de una nova. En el centro se localiza el corazón de la estrella conocido como enana blanca. Créditos NASA-Hubble.

En los últimos años se ha postulado la existencia de las estrellas de población III, las cual serían las estrellas primogénitas de la galaxia y del Universo, estrellas muy antiguas y con muy poca cantidad de metales en su composición (una cantidad extremadamente baja o nula de Oxígeno, Nitrógeno y Carbón). Su estudio es fundamental para el entendimiento de la evolución estelar.



Una supernova también es una estrella en un periodo tardío de su evolución pero su explosión es más destructiva y espectacular que la de una nova llegando a producir agujeros negros estelares.

## Galaxias con estallidos de formación estelar

Todas las estrellas se crean dentro de las galaxias, y nacen a partir de las nubes moleculares bajo ciertas condiciones específicas. Algunas galaxias forman estrellas a una intensidad excepcional, por lo cual reciben el nombre de “starburst” (en inglés) que significa que tienen un estallido de formación de estrellas.

Un estallido o brote de formación estelar describe a una región de la galaxia donde se están formando muchas estrellas de forma muy rápida.







Representación artística  
de una galaxia con brote  
de formación estelar.  
Créditos: ESO/M. Kornmesse.

**E**stos estallidos de formación estelar no son comunes y es un fenómeno inusual, dado que estas galaxias consumen rápidamente sus reservas de gas de sus nubes, por lo cual, solo por periodos de tiempo limitado es donde ocurren este gran estallido de formación de estrellas.

Los modelos de formación de galaxias nos indican que este tipo de galaxias fueron más comunes en las primeras etapas del Universo. Sin embargo, estos estallidos de formación de estrellas son solo cerca del 15% de la formación estelar total de la galaxia. Además de estas galaxias en su mayoría están asociadas con galaxias interactuantes. Comparadas con la Vía Láctea, estas galaxias pueden formar hasta 1000 veces más estrellas al año.

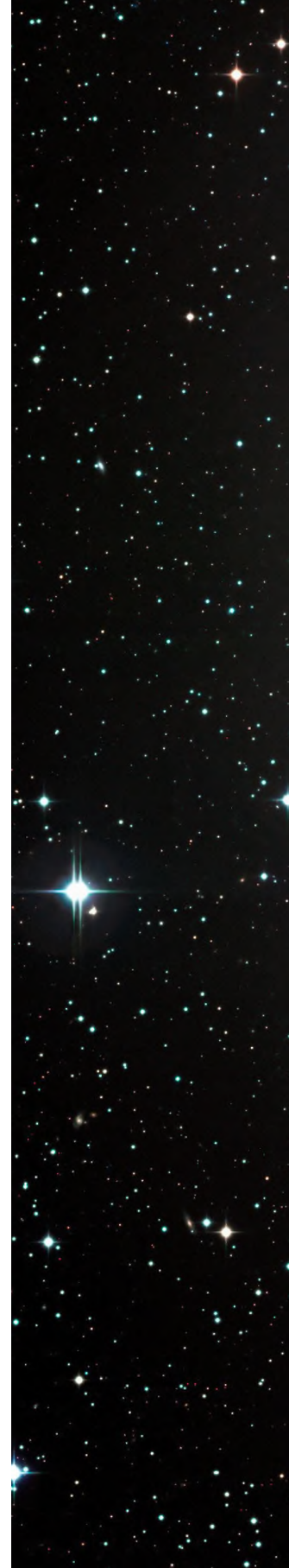


Galaxia con intensos estallidos de formación estelar Messier 82.

## Galaxias con núcleos activos

**U**na cantidad considerable de las galaxias observadas son clasificadas como **galaxias activas** o **galaxias con núcleos activos**, es decir, son aquellas **galaxias** en donde una porción significativa de la energía total producida por la galaxia proviene de una fuente diferente a producida por las estrellas, el polvo y el medio interestelar.

El modelo estándar para las galaxias con núcleos activos o AGN (por sus siglas en inglés, Active Galactic Nuclei) se sustenta en que su fuente de energía es por medio de un disco de acreción formado alrededor de un agujero negro supermasivo en la región central de la **galaxia**.



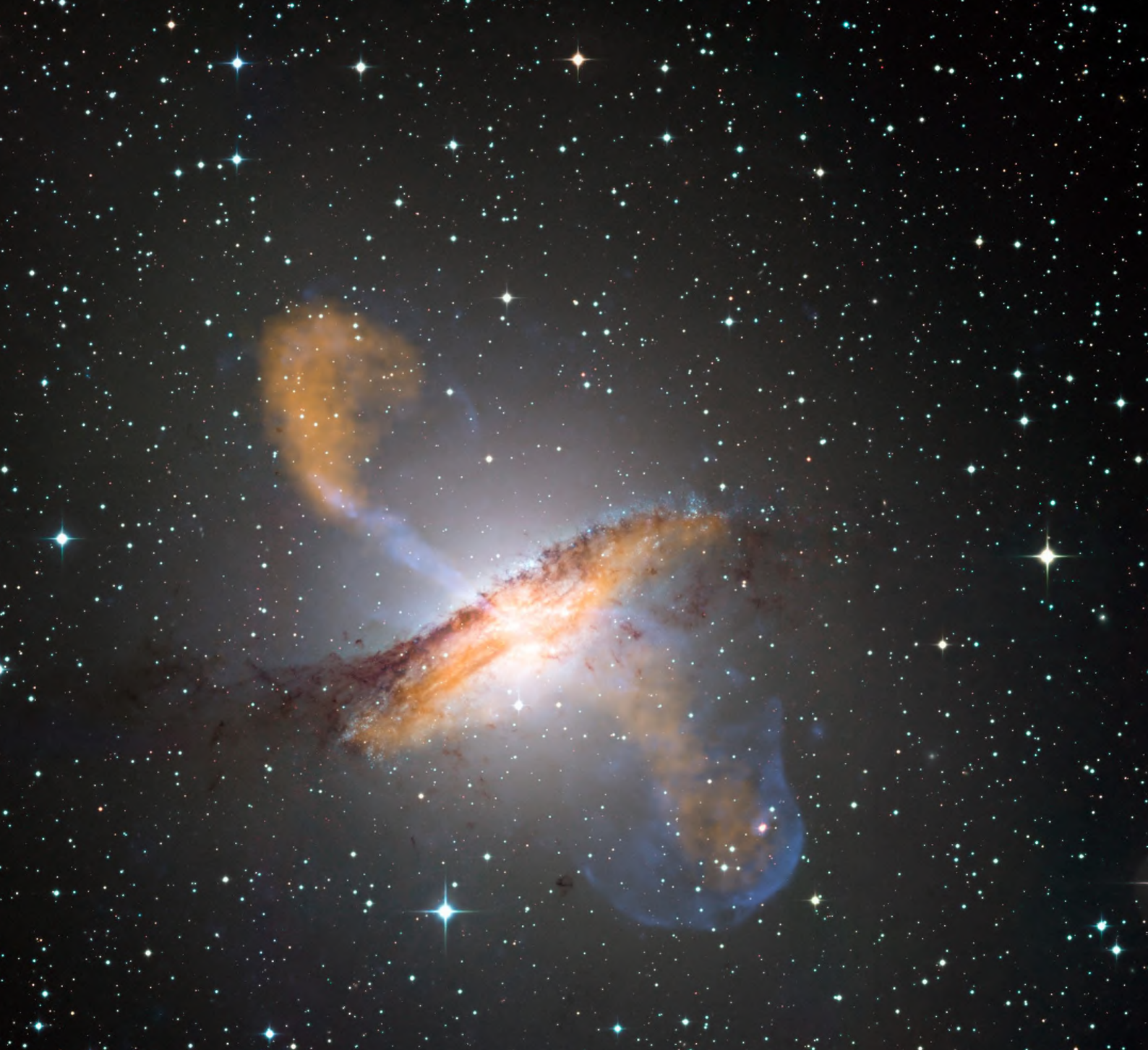
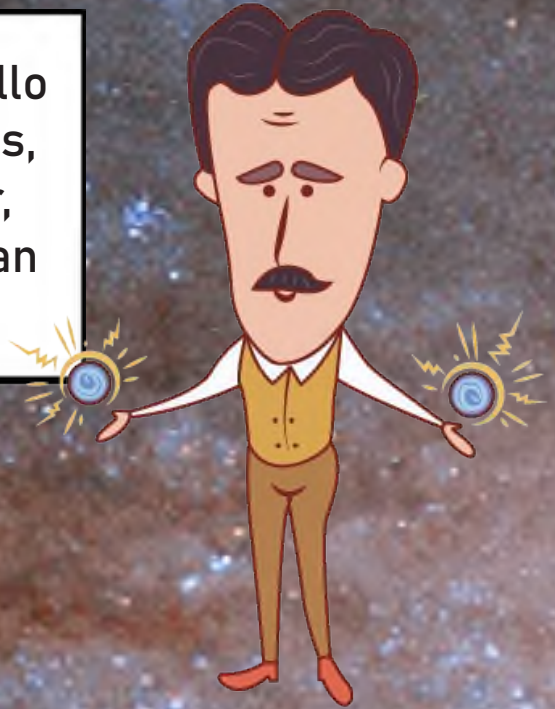


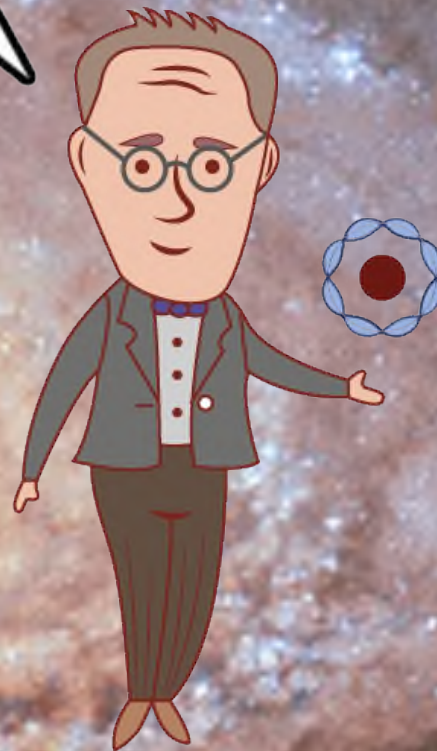
Imagen compuesta en color de Centaurus A, que revela los lóbulos y chorros que emanan del agujero negro central de la galaxia activa. Se trata de una composición de imágenes obtenidas con tres instrumentos, que operan a longitudes de onda muy diferentes. Los datos submilimétricos de 870 micrones, de LABOCA en APEX, se muestran en naranja. Los datos de rayos X del Observatorio de rayos X Chandra se muestran en azul. Los datos de luz visible del Wide Field Imager (WFI) del telescopio MPG / ESO de 2.2 m ubicado en La Silla, Chile, muestran las estrellas de fondo y la línea de polvo característica de la galaxia en casi el “color verdadero”.

Existen galaxias cuyo brillo no se debe a las estrellas, gas y polvo interestelar, los astrofísicos las llaman galaxias activas.



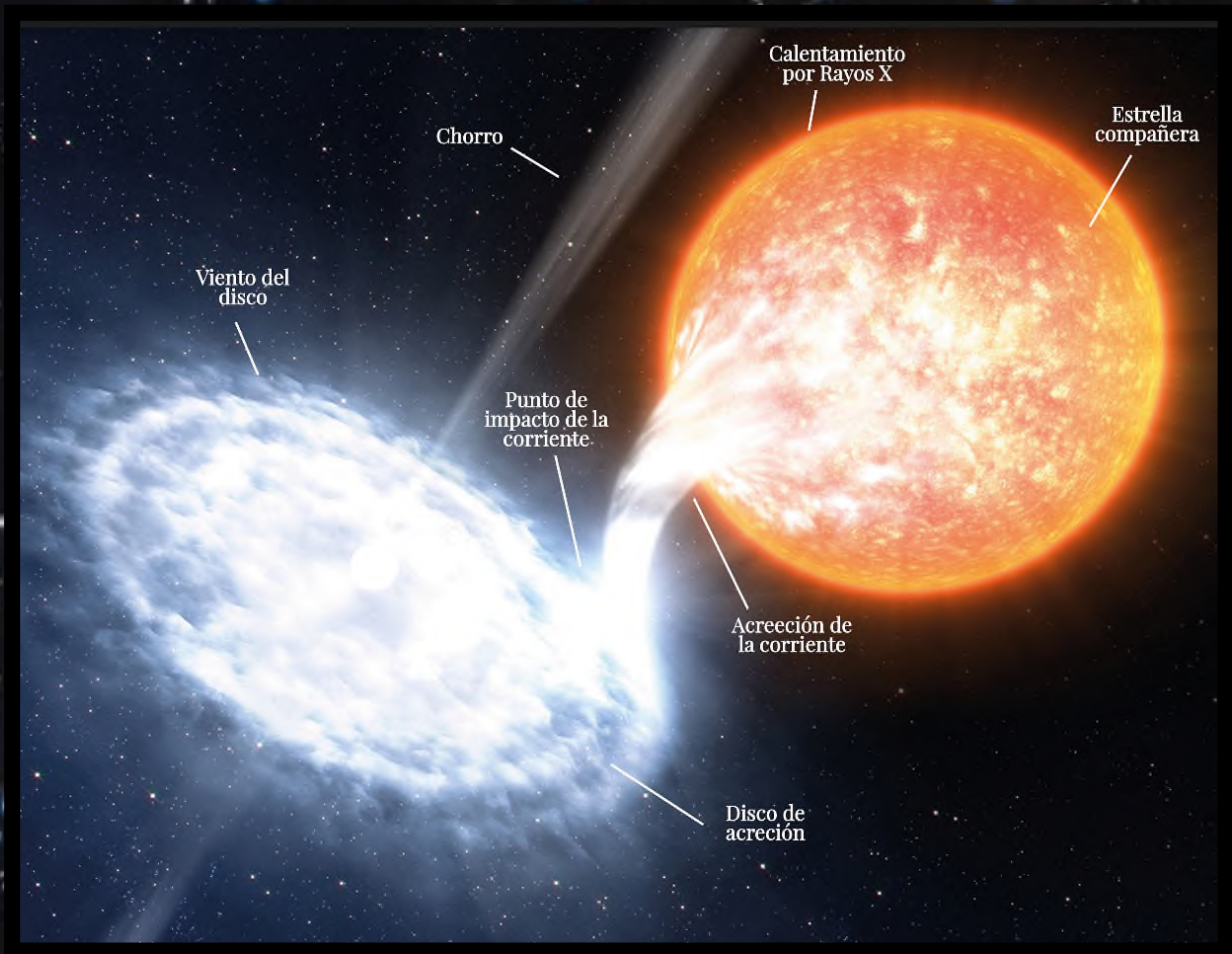
El responsable del brillo de las galaxias activas es un agujero negro supermasivo que se localiza en el centro galáctico.

Y el brillo o radiación emitida en las regiones centrales puede llegar a ser tan brillante o más que el resto de la galaxia.



Los AGNs emiten radiación en todas las longitudes de onda del espectro electromagnético. Y aunque el máximo de la emisión ocurre usualmente en el ultravioleta, los AGNs también son fuertes emisores en las bandas de los rayos X, el infrarrojo y radio.

La radiación del núcleo proviene de la energía irradiada por la materia que cae hacia el agujero negro central desde el disco. Un 10% de estos objetos producen un par de chorros de material diametralmente opuestos desde el núcleo y que viajan a velocidades cercanas a la de la luz. Algunas de estas galaxias emiten gran cantidad de energía en forma de rayos X y son clasificadas como galaxias Seyfert o cuásares, dependiendo de sus luminosidades. Esto es debido a que los agujeros negros en los núcleos de galaxias atraen nubes de gas o estrellas, la materia se calienta y antes de caer en el agujero negro, parte de ella emerge en forma de chorros de gas incandescente que se mueven a través del espacio y el medio intergaláctico.





Galaxia con núcleo activo, la galaxia Hércules A o 3C 348.

Este modelo estándar se ha observado en otras galaxias, por ejemplo, nuestra Galaxia tiene un agujero negro de 4 millones de veces la masa del Sol. Los datos observacionales sugieren que la mayoría de las galaxias poseen un agujero negro supermasivo en sus centros, algunos de ellos pueden desencadenar una fuerte actividad en sus núcleos y que son detectables en una amplia gama de longitudes de onda.

Las galaxias activas se dividen en dos grandes grupos, las que brillan mucho en la banda del radio y las que no.

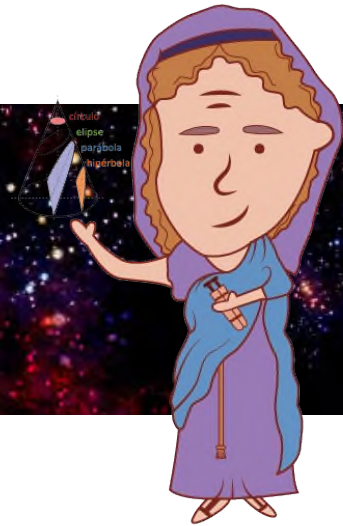


## Agujero negro galáctico

Un agujero negro es una región del espacio de cuyo interior no puede escapar ninguna señal, ni luminosa ni material, a causa de la intensísima atracción gravitatoria ejercida por la materia allí contenida. Al no poder escapar ni la luz de estos objetos se les denominó agujeros negros.

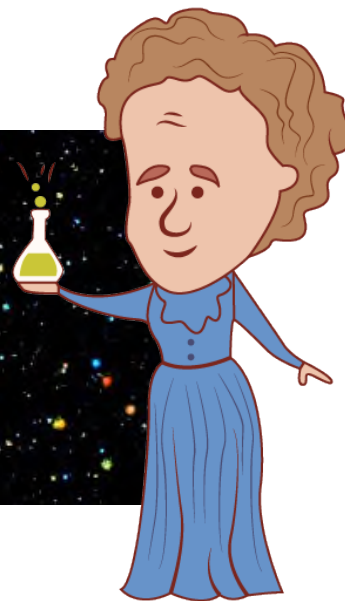
Algunos agujeros negros, los de masa estelar, son el resultado del final catastrófico de una estrella muy masiva que implosiona tras explotar como supernova, mientras que los más masivos (los agujeros negros supermasivos), que se cree que conforman el centro de la mayoría de las galaxias con bulbos, se pueden formar mediante dos mecanismos: (1) por una lenta acumulación de materia o (1) por presión externa, fusión de materia.

Hay dos tipos de agujeros negros,  
los estelares y los galácticos.



Los agujeros negros estelares  
poseen masas hasta de unas  
decenas de veces la masa del Sol.

Un agujero negro galáctico  
o supermasivo posee una masa  
del orden de millones o decenas  
de miles de millones de masas  
solares. ¡Es algo descomunal!





Representación artística de un agujero negro.

**S**egún la teoría de la relatividad general propuesta por Albert Einstein, cualquier cuerpo cuya masa se comprima hasta adoptar un radio suficientemente pequeño, se convierte en un agujero negro. La superficie esférica que rodea a un agujero negro en la cual la velocidad de escape coincide con la velocidad de la luz es lo que se conoce como horizonte de sucesos o horizonte de eventos.

## Cuáasar

Es una clase particular de galaxias activas muy lejanas observadas por primera vez a finales de los años 1950 mediante radiotelescopios en la región de ondas de radio. La fuente de las ondas de radio coincidía con la de un objeto que en la región de luz visible parecía una estrella; de ahí su nombre: radiofuente casi estelar, abreviatura de , apócope de quasi stellar radio source, en inglés. Pero el estudio de su espectro de luz desveló que en realidad son objetos extragalácticos, objetos a miles de millones de años luz de distancia, los más lejanos que se conocen.

El primer cuáasar estudiado fue 3C 273, y se encuentra a 1,500 millones de años luz de la Tierra en una galaxia elíptica gigante en la constelación de Virgo.





Imagen del cuásar 3C 273.

Los **quásares** son capaces de emitir cientos o incluso miles de veces la producción total de energía de la Vía Láctea, lo que los convierte en algunos de los objetos más luminosos y energéticos de todo el Universo. Aunque se han detectado muchos de estos objetos, el cuásar 3C 273 es el más brillante en nuestros cielos. Si estuviera ubicado a unos 30 años luz de nuestro propio planeta, parecería tan brillante como el Sol en el cielo; sería como tener dos soles.

Posteriormente se ha observado una multitud de estas **galaxias** y se ha reservado el término QSO (quasi stellar objects, objetos cuasi estelares) para aquéllas con baja o nula emisión en radiofrecuencias.

## Cúmulo de estrellas

Un grupo de galaxias es una concentración de varias decenas de galaxias, con masas totales que alcanzan el millón de millones de veces la de nuestro Sol. Los tamaños característicos de los grupos rondan los tres millones de años luz. El ejemplo más cercano lo ofrece el Grupo Local, al que pertenece nuestra galaxia.

Existen aglomerados con un número mayor de galaxias y se denominan cúmulos de galaxias, los cuales contienen miles de componentes. Las galaxias elípticas gigantes se encuentran generalmente en los centros de estos conglomerados y algunas de estas ga-

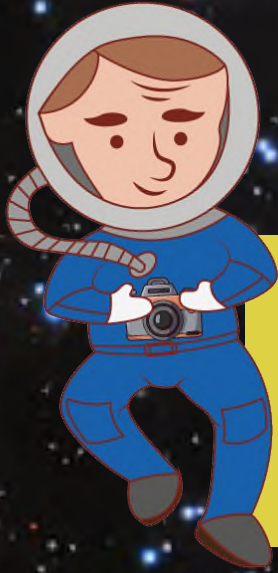


Ya que las galaxias emiten demasiada gravedad, las galaxias cercanas se atraen entre sí y se agrupan formando cúmulos.



La mayor parte de la masa de un cúmulo de galaxias es materia oscura, se estima que cada cúmulo puede tener hasta 5 veces más materia oscura que materia visible.

Galaxias elípticas tienen dos núcleos como resultado de una reciente fusión de dos galaxias. Dentro de los cúmulos de galaxias también se observan agrupaciones de galaxias de entre 50 y 100 miembros, con concentraciones de gas caliente y materia oscura. Estas galaxias se mantienen unidas entre sí gracias a la interacción gravitatoria, y los cúmulos presentan masas totales cercanas a 10 millones de millones de veces la masa del Sol.



En los cúmulos también hay grandes nubes de gas caliente, que son los restos de galaxias que se desintegraron al chocar entre sí.

Los cúmulos de galaxias miden normalmente decenas de millones de años luz. La formación de estos cúmulos se suele situar en periodos entre hace diez mil millones de años y la actualidad. Algunos ejemplos de estos cúmulos de galaxias son el cúmulo de Virgo, el de Hércules y el de la Cabellera de Berenice.

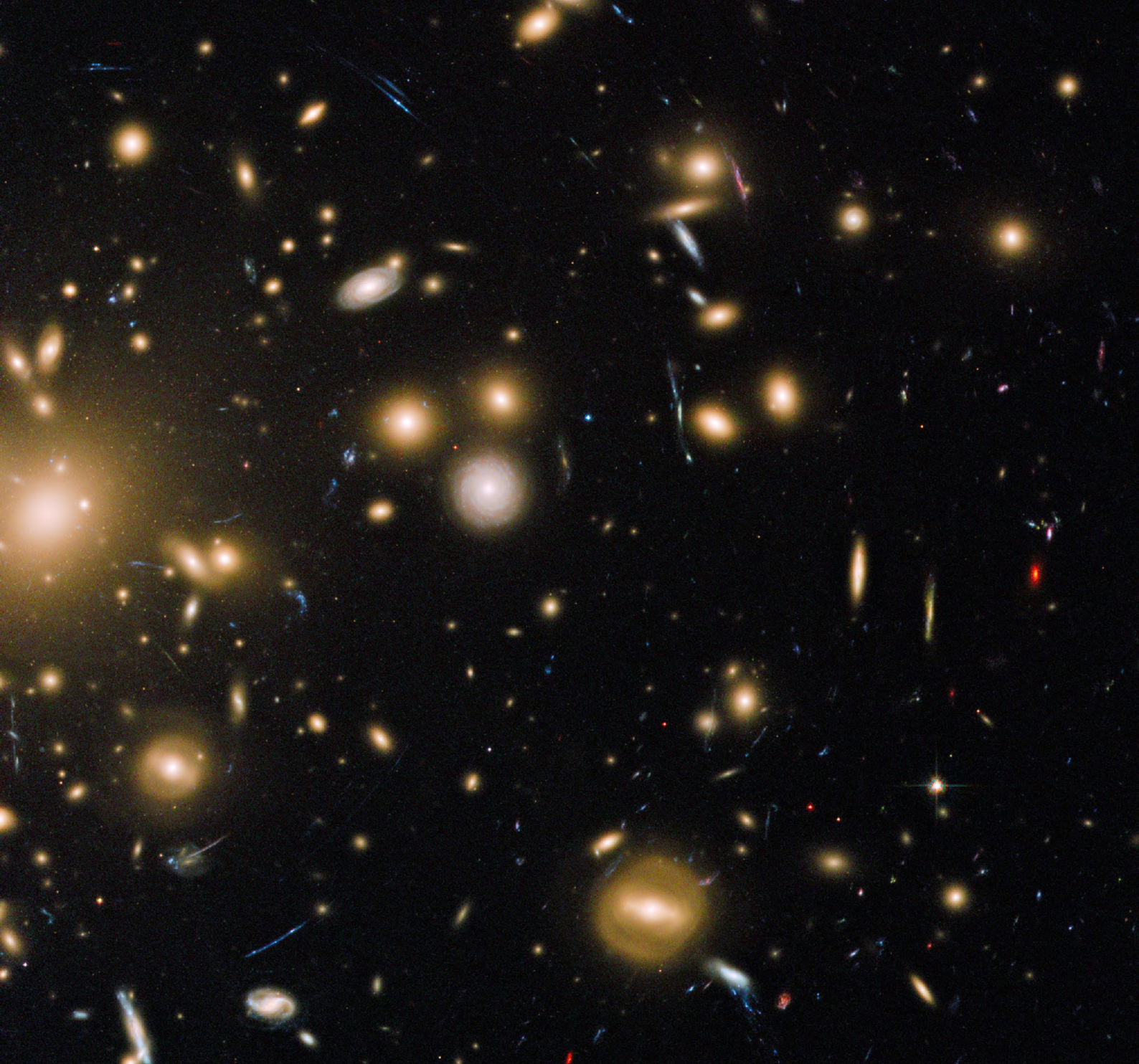
Existen otras agrupaciones mayores, llamadas supercúmulos de galaxias. Los supercúmulos de galaxias son grandes estructuras formadas por la interacción gravitatoria de cúmulos y grupos de galaxias, con tamaños entre los 300 y 1,500 millones de años luz. Los supercúmulos de galaxias constituyen las mayores estructuras jerárquicas en el Universo.

Los cúmulos y supercúmulos de galaxias se distribuyen en el Universo formando estructuras filamentosas que rodean inmensos huecos desprovistos de galaxias. Es como si el Universo a gran escala fuera un baño de burbujas, donde las galaxias se encuentran en la superficie de estas.

Los supercúmulos son agrupaciones de cúmulos de galaxias y se encuentran por todo el Universo conocido.







Cúmulo de galaxias Abell 1869.

## REFERENCIAS

Biagiolo, Mario, "Galileo's Instruments of Credit",  
The University of Chicago Press. ISBN: 0-226-04561-7

Bradley, W. Carrol, and Dale, A. Ostlie,  
"An Introduction to Modern Astrophysics",  
Pearson Addison Wesley. ISBN: 0-321-44284-9

Malcolm, S. Longair, "Galaxy Formation",  
Springer-Verlag. ISBN: 978-3-540-73477-2

Naselsky, Pavel D., Novikov, Dmitri I., and Novikov,  
Igor D., "The Physics of the Cosmic Microwave  
Background", Cambridge University Press.  
ISBN-10: 0-521-85550-0

Roy, A.E. and Clarke, D., "Astronomy Principles  
and Practice", Institute of Physics Publishing.  
ISBN: 0-7503-0917-2

Wolfgang Steinicke and Richard Jakiel,  
"Galaxies and How to Observe Them",  
Springer-Verlag. ISBN-10: 1-85233-752-4

# Nuestros presentadores



**Carl Sagan.** Astrofísico, astrobiólogo, escritor y divulgador científico estadounidense. Defendía el pensamiento escéptico científico y el método científico, pionero de la exobiología, y promotor de la búsqueda de inteligencia extraterrestre a través del proyecto SETI. Fue de los primeros científicos en estudiar el efecto invernadero a escala planetaria, mediante observaciones de la atmósfera de Venus. Ganó gran popularidad gracias a la galardonada serie documental de TV Cosmos: Un viaje personal.

**Edwin Hubble** fue uno de los más importantes astrónomos estadounidenses del siglo XX, famoso principalmente por haber demostrado en 1929 la expansión del universo midiendo el corrimiento al rojo de galaxias distantes.





**Erwin Schrödinger.** Físico austríaco, naturalizado irlandés, que realizó importantes contribuciones en los campos de la mecánica cuántica y la termodinámica. Recibió el Premio Nobel de Física en 1933, junto con Paul Dirac, por haber desarrollado una ecuación que describe la evolución temporal de una partícula subatómica masiva de naturaleza ondulatoria y no relativista. Propuso el experimento mental del gato de Schrödinger que mostraba las paradojas e interrogantes a los que abocaba la física cuántica.

**Hipatia.** Filósofa y maestra neoplatónica griega, natural de Egipto, que destacó en los campos de las matemáticas y la astronomía; fue miembro y cabeza de la Escuela neoplatónica de Alejandría a comienzos del siglo V. Escribió sobre geometría, álgebra y astronomía, mejoró el diseño de los primitivos astrolabios (instrumentos para determinar las posiciones de las estrellas sobre la bóveda celeste) e inventó un densímetro (un instrumento que sirve para determinar la densidad relativa de los líquidos sin necesidad de calcular su masa, conductividad y temperatura).



**Marie Curie.** Científica polaca nacionalizada francesa. Pionera en el campo de la radiactividad, fue la primera persona en recibir dos premios Nobel en distintas especialidades (Física y Química) y la primera mujer en ocupar el puesto de profesora en la Universidad de París. Sus logros incluyen los primeros estudios sobre el fenómeno de la radiactividad (término que ella misma acuñó), técnicas para el aislamiento de isótopos radiactivos y el descubrimiento de dos elementos: el polonio y el radio.



**Johannes Kepler.** Figura clave en la revolución científica, fue un astrónomo y matemático alemán; conocido fundamentalmente por sus leyes sobre el movimiento de los planetas en órbitas elípticas, y no circulares, alrededor del Sol.

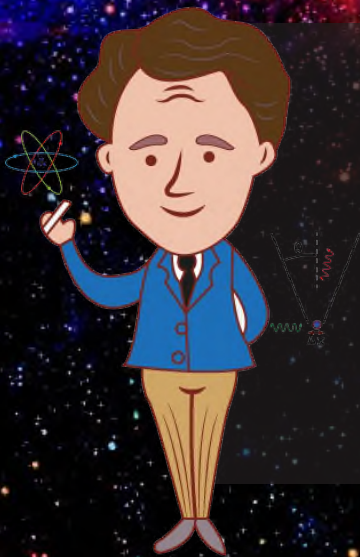


**Neil Armstrong** fue un astronauta estadounidense y el primer ser humano en pisar la Luna. También fue ingeniero aeroespacial, piloto de guerra, piloto de pruebas y profesor universitario. Cuando puso un pie en la superficie lunar, el 20 de julio de 1969, pronunció esta célebre frase: «Es un pequeño paso para un hombre, pero un gran salto para la humanidad».

**Nikola Tesla.** Fue un inventor, ingeniero eléctrico y mecánico serbocroata nacionalizado estadounidense. Se le conoce sobre todo por sus numerosas invenciones en el campo del electromagnetismo, desarrolladas a finales del siglo XIX y principios del siglo XX. Las patentes de Tesla y su trabajo teórico ayudaron a forjar las bases de los sistemas modernos para el uso de la energía eléctrica por corriente alterna (CA), lo que incluye el sistema polifásico de distribución eléctrica y el motor de corriente alterna, que contribuyeron al surgimiento de la Segunda Revolución Industrial.



**Stephen Hawking.** Físico teórico, astrofísico, cosmólogo y divulgador científico británico. Sus trabajos más importantes consistieron en aportar, junto con Roger Penrose, teoremas respecto a las singularidades espaciotemporales en el marco de la relatividad general y la predicción teórica de que los agujeros negros emitirían radiación, lo que se conoce hoy en día como radiación Bekenstein-Hawking. Una de las principales características de su personalidad fue su contribución al debate científico, a veces apostando públicamente con otros científicos. El caso más conocido es su participación en la discusión sobre la conservación de la información en los agujeros negros.



**Werner Heisenberg.** Físico teórico alemán, conocido sobre todo por formular el principio de incertidumbre, una contribución fundamental al desarrollo de la teoría cuántica. Este principio afirma que es imposible medir simultáneamente de forma precisa la posición y el momento lineal de una partícula. Heisenberg fue galardonado con el Premio Nobel de Física en 1932.

## **Autores**

**Dr. Francisco RENDÓN ACOSTA**  
**Dr. Juan Pablo TORRES PAPAQUI**  
**Dra. Lauren Melissa FLOR TORRES**  
**M.M. Iván Guadalupe MENDOZA ALONZO**  
**M.C. Rey Fernando GARCÍA MÉNDEZ**  
**M.I. Gabriela DÍAZ FÉLIX**


## **Universidad**

**Universidad del Papaloapan (Campus Loma Bonita)**  
**Av. Ferrocarril s/n, CD. Universitaria, Loma Bonita,**  
**Oax., México C.P. 68400. Teléfono: 281 8 72 92 30**  
**Sitio web: [unpa.edu.mx](http://unpa.edu.mx)**

**Editor: Andrés Cisnegro**

# índice

4	Prólogo
6	Las galaxias
18	Galaxias elípticas
26	Galaxias lenticulares
30	Galaxias espirales
36	Galaxias espirales con barra
42	Galaxias irregulares
48	Otros tipos de galaxias
52	Galaxias interactuantes
56	La Vía Láctea
78	Características de la Vía Láctea
96	Estructuras / Centro galáctico y barra

- 
- 104** Los brazos espirales
- 106** El Halo
- 108** Edad
- 109** Cúmulos de estrellas
- 114** Poblaciones estelares
- 119** Galaxias con estallidos de formación estelar
- 124** Galaxias con núcleos activos
- 132** Agujero negro galáctico
- 135** Cuásar
- 138** Cúmulo de estrellas
- 144** Referencias
- 145** Nuestros presentadores
- 150** Directorio

