

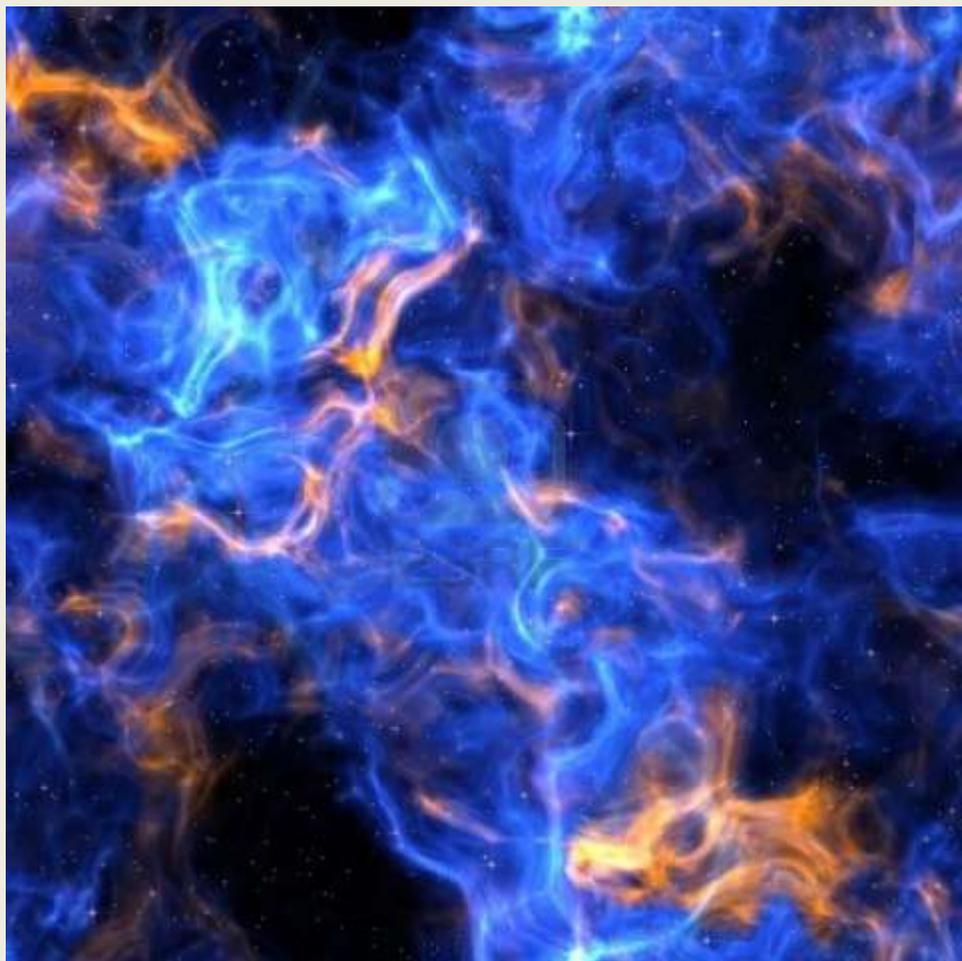
Formación de Estrellas





En una noche despejada podemos ver en el cielo un gran número de estrellas. Las estrellas son grandes esferas de gas caliente, en cuyas partes centrales se produce energía por el proceso de fusión nuclear. En la mayoría de las estrellas, este proceso involucra la fusión, en varios pasos, de cuatro átomos de hidrógeno para formar uno de helio.

Las estrellas son mucho más grandes y masivas que los planetas (los cuales no producen energía propia). Por ejemplo, el Sol tiene un radio aproximadamente 100 veces más grande que el de la Tierra y pesa aproximadamente 300,000 veces más que ella. En nuestro Sistema Solar, el Sol es, por mucho, el cuerpo más importante, con 99.9% de la masa total del sistema. Además, la energía nuclear que se produce en su centro es la que mantiene a la Tierra en una temperatura adecuada para la vida.



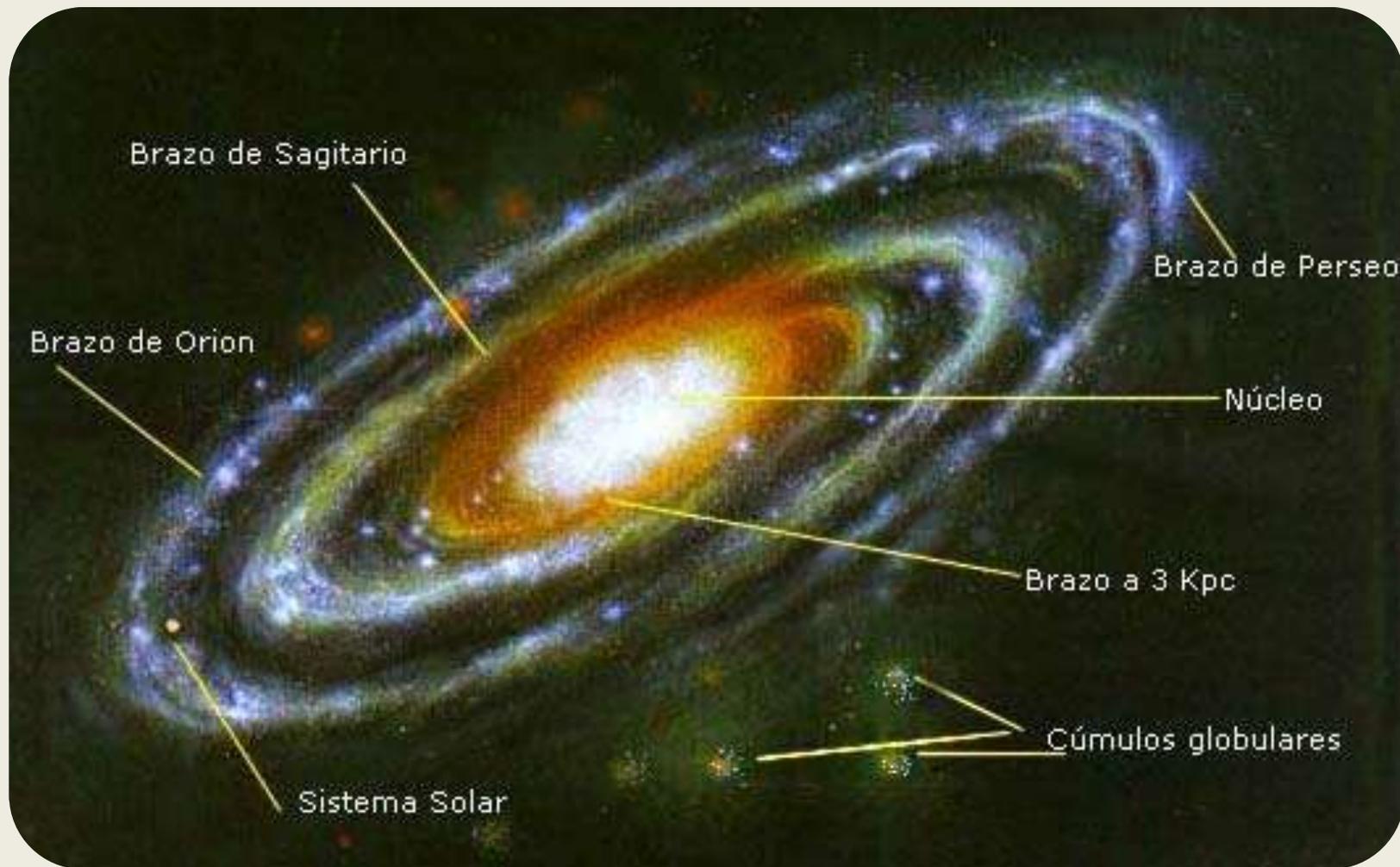
Podemos pensar en las estrellas como máquinas que funcionan consumiendo combustible nuclear. Esto quiere decir que no pueden funcionar por siempre. Se tuvieron que haber formado en el pasado y no continuarán produciendo energía eternamente. Las estrellas se forman, tienen una larga vida en la que producen grandes cantidades de energía y finalmente, “mueren”. En el lenguaje del astrónomo, esto último quiere decir que dejan de tener procesos de fusión termonuclear. En el caso del Sol, esta vida tendrá una duración total de aproximadamente 10,000 millones de años, de los cuales ya transcurrió la mitad.

La formación de las estrellas podría haber tenido lugar en un sólo momento del pasado, es decir, el día de hoy ya no continuaría ocurriendo. Sin embargo, esto no es así, ya que la formación de nuevas estrellas continúa dándose en el Universo actual. Esto no está ocurriendo en todas partes del espacio. De hecho, en la mayor parte del espacio no existen las condiciones para que se formen nuevas estrellas, por lo contrario, sólo se forman en un espacio relativamente pequeño.

Entre las galaxias, en el llamado medio intergaláctico, casi no existe material del cual puedan formarse nuevas estrellas. Las galaxias se dan en dos grandes tipos: las galaxias elípticas y las espirales. Existe también la categoría de las galaxias irregulares para todo lo que no cae en las dos clases anteriores



En la actualidad, la formación estelar sólo se da de manera importante en las galaxias espirales y no en las elípticas. ¿Por qué es esto? Las galaxias espirales tienen mucha rotación y se cree que la fuerza centrífuga que produce la rotación ha impedido que, en el pasado, todo el gas disponible en estas galaxias se haya contraído para transformarse en estrellas. Es decir, la rotación presente en estas galaxias ha dosificado la formación estelar, permitiendo que persista hasta el día de hoy. En contraste, las galaxias elípticas casi no rotan y se cree que esto permitió, en la época de su formación, un derroche de actividad de formación estelar que llevó a que se agotara el gas disponible y a que en la actualidad, prácticamente no se formen estrellas.



Estudiando la formación de estrellas cercanas

Si queremos estudiar con gran detalle cómo se forman las estrellas, lo más práctico es enfocar nuestros esfuerzos en el estudio de las estrellas que se están formando en la actualidad, de preferencia las cercanas al Sol.

En cierto modo, somos afortunados de vivir en una galaxia espiral con formación estelar activa el día de hoy. Si el Sol fuera parte de una galaxia elíptica, sería mucho más difícil estudiar la formación estelar, porque lo tendríamos que hacer estudiando a lo lejos una galaxia espiral. Pero podemos estudiar la formación de las nuevas estrellas en regiones cercanas.

Por ejemplo, en términos de distancia, las estrellas que se están formando ahora en la nebulosa de Orión (a una distancia de 1,500 años luz) están mil veces más cerca que las estrellas que están en la galaxia de Andrómeda, la más cercana a nosotros, por lo cual el estudio se hace más factible para los científicos.



Para entender cómo se forman y cómo cambian en el tiempo las estrellas, es necesario, primero, entender mejor qué son y cómo funcionan. Para tener un punto de referencia, tomaremos como estrella típica a nuestro Sol. De hecho, ésta es una buena suposición porque nuestro Sol es una estrella bastante común, ni muy grande ni muy pequeña.

Las estrellas se forman en la actualidad con distintas cantidades de masa, desde aproximadamente una décima de la masa del Sol, hasta unas 100 veces la masa del Sol. Uno pensaría, en una primera aproximación, que mientras más masiva es la estrella más combustible termonuclear tendrá y más tardará en morir. Pero, en realidad, lo que ocurre es que las estrellas masivas, si bien tienen más combustible para quemar, lo queman muy rápidamente, de modo que mientras una estrella como el Sol vivirá unos 10,000 millones de años, una estrella con 100 veces la masa del Sol vive solamente alrededor de un millón de años. En esto las estrellas difieren de los seres vivos, que como regla general, viven más mientras más masivos son (esto es, los elefantes viven más que los ratones y éstos más que las moscas).



Como ya habíamos dicho, nuestra galaxia es del tipo espiral y por lo tanto tiene formación de estrellas en la actualidad. Sin embargo, mucho del espacio entre las estrellas está muy vacío y no parece posible formar una estrella juntando el tenue material que normalmente existe entre las estrellas. Pero, en algunas regiones del espacio en nuestra galaxia existen “nubes” de

gas y polvo cósmico que son mucho más densas que el medio normal.

Las llamamos nubes porque nos recuerdan a las nubes atmosféricas, aunque estas últimas miden sólo cientos de metros, mientras que las nubes cósmicas miden años luz, es decir, enormes distancias.

Es en estas nubes cósmicas (que tienen densidades de decenas de miles de partículas por centímetro cúbico), mucho más densas que el medio típico entre las estrellas (que tiene densidades de tan sólo como una partícula por centímetro cúbico), en las que se da en la actualidad, por contracción gravitacional, el nacimiento de las nuevas estrellas. A estas nubes se les llama indistintamente oscuras o moleculares:

- **Oscuras:** porque la luz no las atraviesa y no nos dejan ver lo que hay atrás o adentro de ellas, o bien
- **Moleculares:** porque son muy frías y el gas que hay en ellas está en la forma de moléculas, como el hidrógeno molecular, el monóxido de carbono, el vapor de agua y el amoníaco, entre otras.

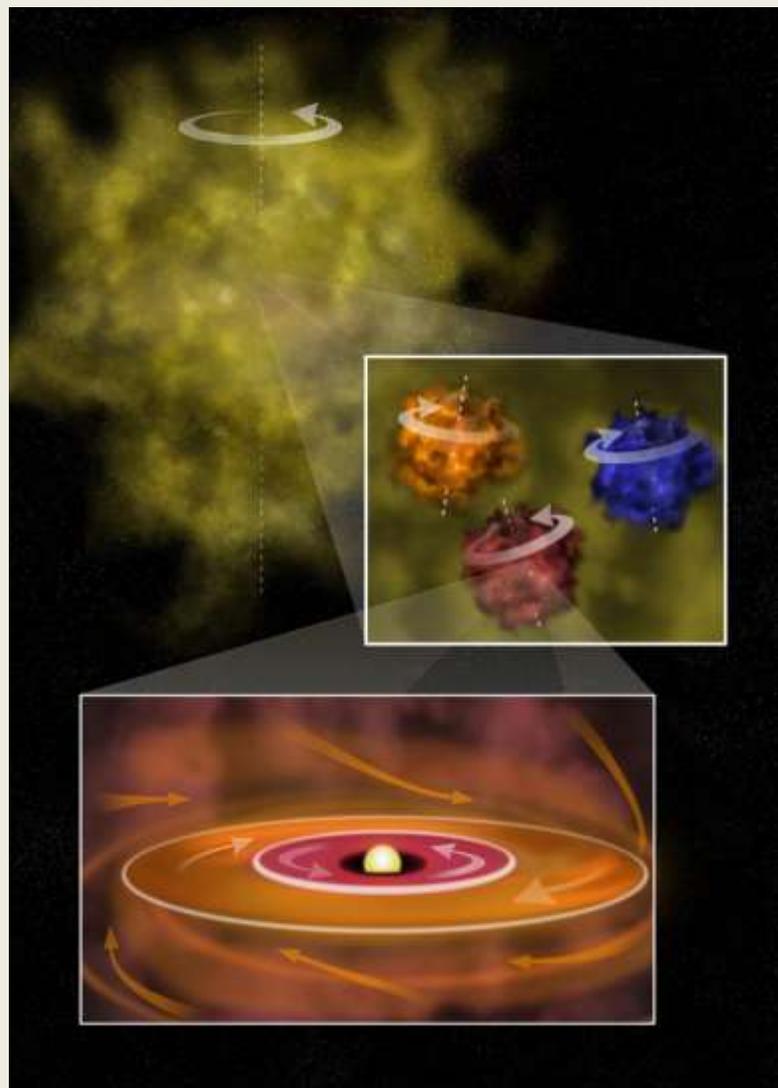
Sabemos que estas nubes, sobre todo las más grandes, contienen frecuentemente hasta millones de veces la masa del Sol, así que tienen la materia prima para que de ellas se puedan formar muchas estrellas y de hecho, en algunas de ellas, esto es lo que está ocurriendo. Pero, ¿cómo podemos investigar lo que ocurre en el interior de estas nubes oscuras si, como acabamos de decir, son opacas a la luz? Afortunadamente, durante el siglo XX se desarrollaron la radioastronomía y la astronomía infrarroja, las cuales sí pueden estudiar el interior de estas nubes



La formación de las estrellas de tipo solar

A través del tiempo, es la gravedad la que se encarga de comprimir a las, relativamente, difusas nubes de gas del espacio interestelar en nuevas estrellas. Generalmente, la fuerza atractiva de la gravedad (que trata de comprimir a la nube) está balanceada por una combinación de la presión, el campo magnético y la turbulencia de la nube (que tratan de expandirla). Por razones que no entendemos aún, este equilibrio se rompe y la gravedad gana la batalla.

Pero, estas nubes en contracción tienen un poco de giro y un poco de rotación. A esta propiedad de los cuerpos se le llama **momento angular**. El momento angular de una nube hace que conforme caiga más gas hacia la protoestrella (llamémosla así porque aún no se dan los procesos termonucleares que definen a las estrellas como tales), éste venga de puntos más lejanos que giran más rápidamente respecto a la protoestrella. Cuando algo gira aparece la **fuerza centrífuga**, haciendo que las cosas que giran se quieran alejar del centro de giro (esto es precisamente lo que aprovecha alguien que trata de hacer una pizza, dándole vueltas en el aire para que se extienda y se haga más grande).

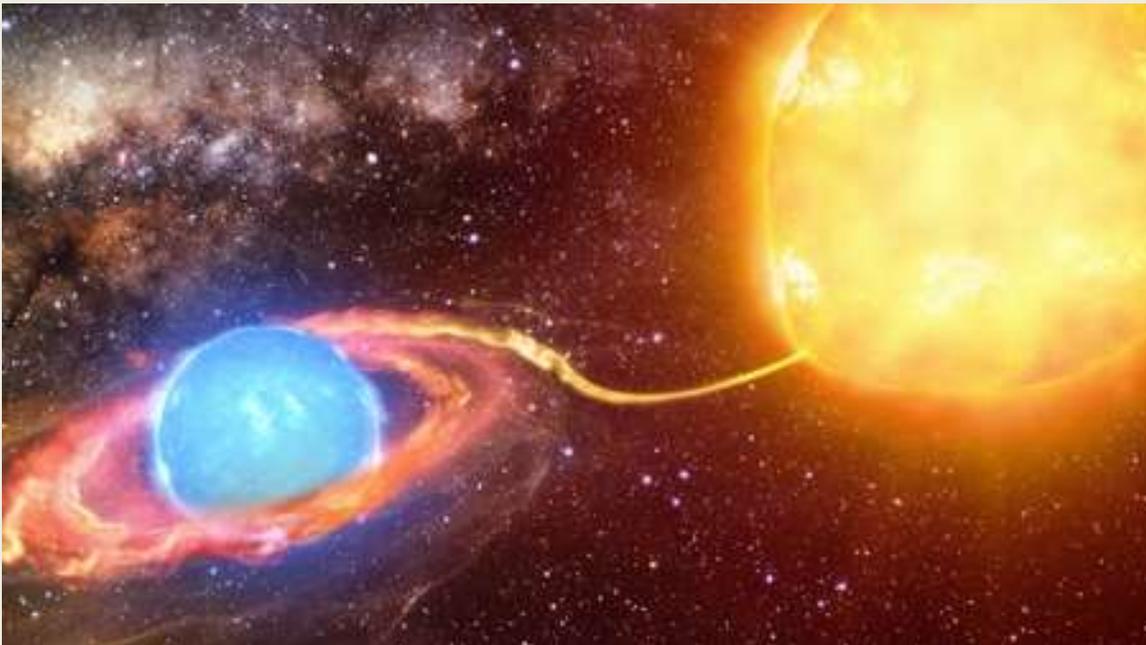


El efecto anterior produce que el gas ya no caiga directo a la protoestrella, sino que se asiente a su alrededor, formando un disco delgado y en rotación. Este gas permanecería ahí por siempre y se truncaría la formación de la estrella, si no apareciera otro proceso de la naturaleza, que se encarga de permitir que el gas que cae primero al disco vaya después cayendo en espiral hacia la protoestrella, es decir, para que el gas que gira alrededor de la protoestrella caiga a ella y la “engorde”, es necesario que este gas se deshaga del momento angular. La manera en que esto sucede permaneció como un enigma hasta los años ochenta del siglo XX. Varios grupos de astrónomos (entre ellos un grupo mexicano) descubrieron, en esos años, que las estrellas jóvenes expulsan al espacio circundante parte del gas que les está cayendo de los alrededores. Estas expulsiones (o “eyecciones”, como también se les llama en la literatura), se llevan el momento angular excedente para permitir que el gas caiga a la protoestrella y la haga crecer.

Estas expulsiones de gas ocurren a gran velocidad –cientos de kilómetros por segundo– y producen fenómenos muy vistosos en los alrededores de la protoestrella. También se sabe que las expulsiones ocurren preferentemente en la forma de dos chorros, que se mueven en dirección opuesta y que son muy colimados (es decir, permanecen moviéndose en una dirección bien definida, como el agua que sale de una manguera). Los llamados objetos Herbig-Haro, descubiertos en los años cincuenta del siglo XX por el estadounidense George Herbig y el mexicano Guillermo Haro, y que permanecieron sin ser entendidos por varias décadas, son manifestaciones de estas eyecciones de gas que al chocar con nubes que existen en el espacio donde se forman las estrellas, producen calentamiento del gas y emisión de radiación. Se dice que el disco y el chorro tienen una relación simbiótica (se benefician el uno del otro). El chorro extrae energía y momento angular del disco, esto permite que el gas en el disco pueda continuar su caída hacia la estrella.

Los retos del futuro

Nuestro entendimiento de la formación estelar ha avanzado espectacularmente en las últimas décadas. Hay que aclarar que este avance ha ocurrido, principalmente, en lo que se refiere a las estrellas de masa similar a la del Sol que se forman en la actualidad. En el caso de las estrellas de este tipo, queda como gran reto entender cómo es que, alrededor de la estrella y a partir del disco protoplanetario, se condensan los planetas. Se conocen ya alrededor de 400 estrellas que están acompañadas de planetas. Sin embargo, casi todos estos planetas son grandes esferas de gas –como Júpiter– y se encuentran más cerca de sus respectivos soles que la Tierra del Sol, mientras que, en nuestro Sistema Solar, los grandes planetas gaseosos –como Júpiter y Saturno– están en las afueras. Obviamente, la naturaleza no repitió en todas las estrellas lo que ocurrió en nuestro Sistema Solar.



Además de entender cómo ocurre la formación de los planetas en las estrellas de tipo solar, nos falta explorar y entender la formación de las estrellas mucho más y mucho menos masivas que el Sol.

Es tentador extrapolar y proponer que todas las estrellas, no sólo las de tipo solar, se forman mediante el mecanismo de disco protoplanetario y chorro que hemos comentado.

Finalmente, es posible afirmar que no hay datos que nos permitan confrontar los modelos teóricos de la formación de las primeras estrellas en el Universo temprano con la realidad. Después de la gran explosión, el Universo se enfrió y se hizo oscuro. Fue la formación, hace más de 13 mil millones de años, de esa primera generación de estrellas la que sacó al Universo de su cese de crecimiento y tenemos que comprender lo que ocurrió entonces. La formación de estrellas y de sus planetas acompañantes es uno de los procesos más importantes de la naturaleza. Al entenderlo cada vez mejor, nos acercamos a la comprensión de nuestros propios orígenes.



Formación de Galaxias

Uno de los mayores retos para los astrónomos actuales es comprender cómo se forman las galaxias. Observaciones del Telescopio Espacial Hubble y de instrumentos en la Tierra muestran que las primeras galaxias se formaron ya mil millones de años después del Big Bang. Hay dos teorías principales que explican cómo se formaron las primeras galaxias. La realidad podría estar en un punto intermedio entre ambas. Según la primera, las galaxias se formaron por el colapso de vastas nubes de gas y polvo debido a su propia fuerza de gravedad, permitiendo que las estrellas se formaran.



Según la otra, que ha ganado mucha aceptación en los últimos años, el universo primitivo contenía muchos pequeños “grumos” de materia, que se juntaron para formar las galaxias. El Telescopio Espacial Hubble ha fotografiado algunos objetos que podrían ser precisamente esos grumos, los precursores de las galaxias actuales.

Según esta teoría, la mayoría de las primeras galaxias grandes eran espirales pero, con el paso del tiempo, muchas espirales se unieron para formar elípticas. El proceso de formación de galaxias no se ha detenido. Nuestro universo sigue evolucionando. Las galaxias grandes se tragan a las más pequeñas con frecuencia. La Vía Láctea puede contener los restos de varias galaxias más pequeñas que se ha tragado a lo largo de su larga vida. La Vía Láctea está digiriendo ahora, por lo menos, dos galaxias pequeñas, y puede que se haga con otras en los próximos miles de millones de años.

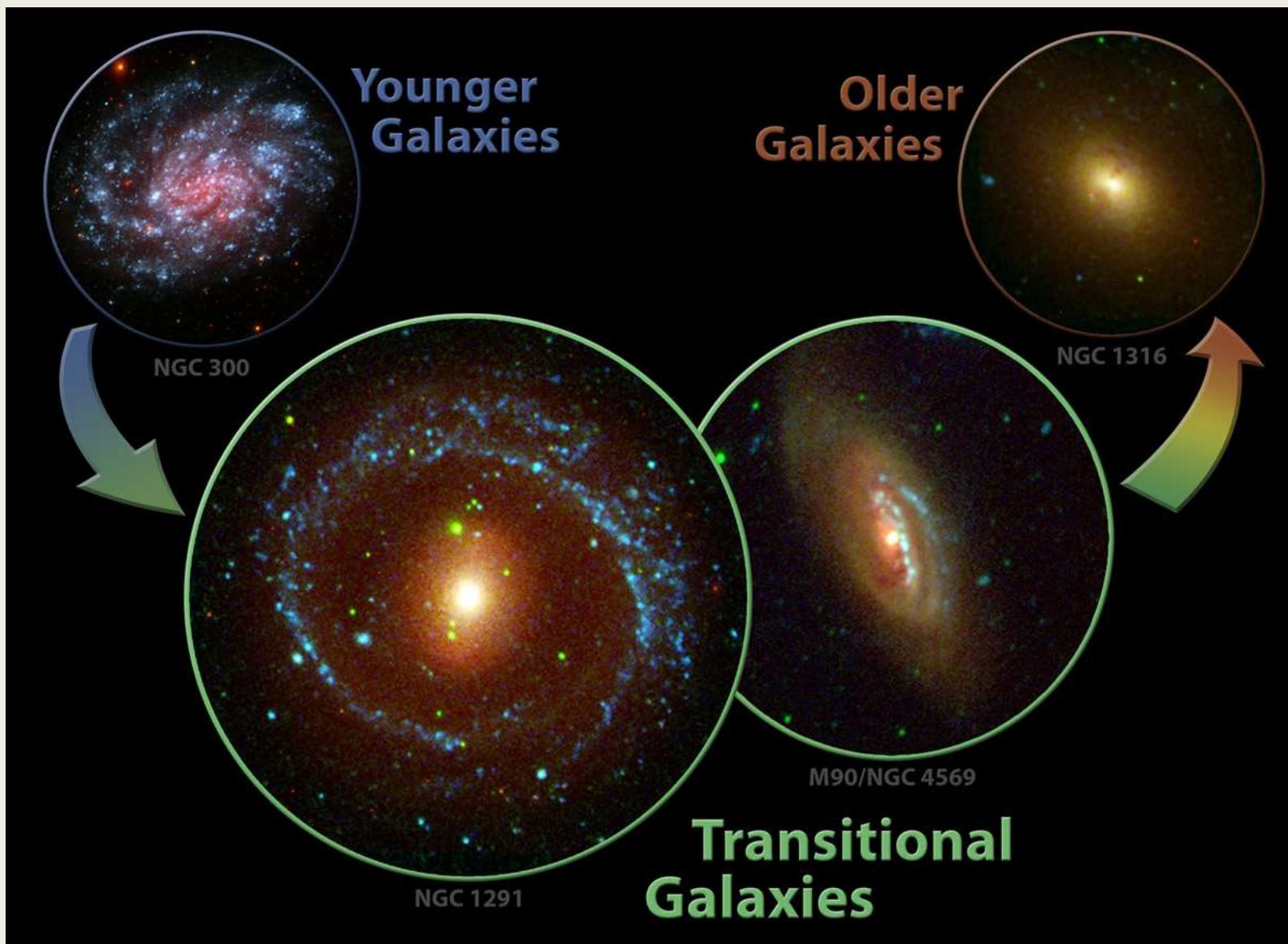
Las uniones de galaxias suceden con bastante frecuencia. Una gran parte de las galaxias brillantes que vemos hoy pueden ser el resultado de la unión de dos o más galaxias más pequeñas.

Las uniones son comunes porque el universo está muy poblado, a escala de distancias galácticas. El disco de la Vía Láctea, por ejemplo, ocupa unos 100,000 años luz. La galaxia grande más cercana, la gran espiral de Andrómeda, que es un poco más grande que la Vía Láctea, está a unos 2.5 millones de años luz, lo que significa que la distancia entre estas dos galaxias es sólo unas 25 veces mayor que los tamaños de las propias galaxias. Esto no deja demasiado "sitio" para que las galaxias se acomoden.

Las galaxias, además, son muy masivas, por lo que su gravedad es muy fuerte. Cuando las colocamos próximas, la atracción puede ser tan fuerte como para que dos galaxias se acoplen y no se vuelten. Terminarán juntándose, formando una sola ciudad gigantesca de estrellas.

Las galaxias más grandes son elípticas gigantes. Parecen huevos, o pelotas de fútbol americano. Pueden tener hasta 10 veces el tamaño de la Vía Láctea y contener más de un billón de estrellas. Galaxias así se formaron probablemente cuando dos o más espirales, como la Vía Láctea, se juntaron para formar una sola galaxia.

Una evidencia que apoya la teoría de las uniones es el gran número de elípticas en conjuntos densos de galaxias, donde las uniones pueden ser comunes. Las uniones pueden tardar en completarse desde unos cientos de millones de años a unos miles de millones. Pueden desencadenar intensas erupciones de formación de estrellas, incluso crear gigantescos agujeros negros.



Glosario:

Protoestrella: Es la evolución de una estrella desde que es una nube molecular formada de hidrógeno, helio y partículas de polvo que empiezan a contraerse hasta que la estrella alcanza la secuencia principal.

Protoplanetas: Son cuerpos celestes considerados embriones planetarios, de tamaño aproximado al de la Luna, presentes en los discos protoplanetarios.

Estrella binaria: Estrella doble o Estrella binaria, es una pareja de estrellas que se mantienen unidas por gravitación y giran en torno a su centro de masas común.

Las nubes oscuras: En el espacio son llamadas nebulosas de absorción o nebulosas oscuras. Una nebulosa de absorción es una nube de gas y polvo que bloquea la luz de las regiones del espacio atrás de la nebulosa.

Nubes moleculares: Son las cunas de estrellas. Están formadas de gas y polvo.

Referencias Bibliográficas:

<http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol//edu/ir/sform.html>

<http://www.astromia.com/universo/estrellas.htm>

<http://astronomia.net/cosmologia/formacion.htm>

<http://www.astrofiscayfisica.com/search/label/Big%20Bang>