

# LA EVOLUCIÓN DE LAS GALAXIAS

## Pilares científicos

Hace apenas cien años aún no sabíamos de la existencia certera de las galaxias. El “Gran Debate” que Shapley y Curtis protagonizan en 1920 sobre la realidad de otras galaxias quedó finalmente zanjado por Hubble en 1924 con datos, siglo y medio más tarde de que Kant y otros propusieran la hipótesis de los ‘universos islas’, y de que Messier y Herschel observaran los primeros catálogos de nebulosas. Las galaxias están compuestas por estrellas, gas, polvo y radiación que interactúa con la materia (que llamamos materia bariónica); pero el 85% de la materia (que llamamos oscura) no interactúa con la radiación, aunque sabemos que está ahí porque medimos su gravedad.

El diagrama de Hubble, aderezado con observaciones espectroscópicas, es una herramienta para clasificar las galaxias por su apariencia y propiedades. Las elípticas son rojas, con estrellas viejas en movimiento aleatorio que les otorga su forma elipsoidal, y con más elementos químicos pesados (metalicidad); son las más masivas (aunque también las hay de baja masa), y por ello evolucionaron muy rápidamente, consumieron todo el gas y experimentaron un proceso rápido de paro total de formación de estrellas.

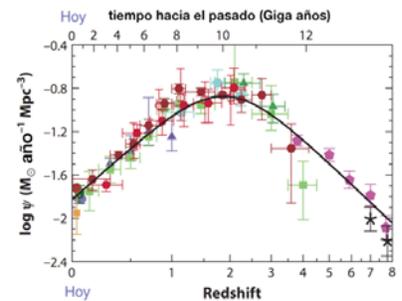


Evolución del diagrama de Hubble Fuente: NASA, ESA, M. Kornmesser

Las galaxias espirales son azules porque, además de estrellas viejas, se siguen formando muchas estrellas jóvenes que se hallan en movimiento ordenado de rotación, lo que genera su forma espiral. Hoy vemos galaxias grandes y bien formadas, pero a medida que miramos el universo en épocas pretéritas, vemos las galaxias menos estructuradas y menos masivas: las galaxias han ido creciendo en masa de estrellas y metales, y en estructura.

El universo se apaga. La figura muestra que el ritmo de formación de estrellas en el universo fue en aumento durante los primeros cuatro mil millones de años (o sea hace diez mil millones de años si contamos desde hoy), y desde entonces ha ido disminuyendo: ahora se forman estrellas a un ritmo diez veces menor que en el máximo.

Las estrellas no evolucionan de manera proporcional a su masa: las masivas ape-



Evolución del ritmo de formación estelar en el universo (Madau & Dickinson 2014).

nas viven unos pocos millones de años, mientras que las menos masivas (como el Sol) viven miles de millones de años. Esto hace que podamos hacer arqueología estelar para estudiar la evolución de las galaxias y del universo. O podemos mirar cada vez más lejos, y por tanto ver hoy cómo eran las galaxias en épocas pretéritas. Ambos métodos de estudio dan resultados consistentes, y esto nos da confianza sobre lo que estamos conociendo del universo.

## Incertidumbres

No se trata de la materia normal (bariónica) que conocemos y de la que estamos hechos. ¿Cuál es la naturaleza de la materia oscura? ¿Cuál su relación con la materia bariónica? Ambas son materia porque ejercen gravedad, pero la oscura constituye el 85% del total. ¿Cómo depende la formación y evolución de las galaxias de la distribución local relativa entre ambos tipos de materia?

¿Por qué esas diferencias entre elípticas y espirales? Vale que han evolucionado hacia una fase actual de manera muy diferente, pero ¿a qué se debe que las elípticas ya no tengan recursos gaseosos para seguir formando estrellas? ¿Por qué se apagaron ‘tan rápidamente’? Y para las espirales, ¿cuál es su fuente de gas? ¿Acaso estas siguen acumulando gas del medio intergaláctico? ¿Cuánto de

este gas queda ahí fuera? ¿Qué papel juega la diferencia en la estructura y cinemática global de ambos tipos de galaxias, la relación entre gravedad y cinemática? ¿Acaso la rotación permite la acreción eficiente de gas en las espirales pero no en las elípticas? ¿Qué papel juega el entorno en el que se encuentra una galaxia?

Dadas dos galaxias de igual masa total, una elíptica y la otra espiral, ¿por qué han evolucionado a ritmos tan diferentes? ¿Por qué la espiral sigue teniendo acceso a gas para seguir formando estrellas y las elípticas hace tiempo que evolucionan de forma pasiva (sin formar nuevas estrellas)? ¿Es la respuesta tautológica o implica unas condiciones físicas o medioambientales diferentes?

De los resultados de nuestro grupo con los datos de CALIFA (ver pág. XX) vemos cómo los gradientes radiales de

las propiedades (edad, metalicidad, etc) indican que las galaxias se han formado primero en sus zonas centrales y luego han ido creciendo hacia fuera. También han ido envejeciendo de dentro afuera. ¿Cuáles son los detalles de este crecimiento? ¿Cómo es el proceso de apagado de la formación estelar en una galaxia (que conocemos como la transición del valle verde entre la nube azul y la secuencia roja)?

Las estrellas nacen, evolucionan y mueren. Las galaxias se forman, crecen y envejecen. El universo también tuvo un principio, y ahora languidece. ¿Por qué se apaga el universo? ¿Hay menos gas del que formar estrellas o es que el que hay no está en las condiciones físicas adecuadas? Es altamente probable que las incógnitas que quedan por resolver escondan puertas de acceso hacia una perspectiva muy diferente.