

Las relaciones de la formación estelar en galaxias luminosas en el infrarrojo

Autora: María Sánchez García
(mariasg_1993@hotmail.com)

Tesis doctoral dirigida por: Santiago García Burillo y Miguel Pereira Santaella

Centro: Universidad Complutense de Madrid

Fecha de lectura: 8 de marzo de 2022

La formación estelar tiene lugar en el interior de densas y frías nubes compuestas principalmente de gas molecular, denominadas nubes moleculares gigantes (GMCs). Su estudio en galaxias es en la actualidad objeto de gran interés, pues seguimos sin comprender en detalle cuáles son los mecanismos físicos que impulsan la formación de estrellas. Profundizar en este estudio es primordial para entender cómo se forman y evolucionan las galaxias.

Con el objetivo de comprender el proceso de la formación estelar en galaxias, en esta tesis hemos obtenido observaciones a escalas comparables a los tamaños de las nubes moleculares de galaxias caracterizadas por sus altas luminosidades infrarrojas. Estas galaxias son las denominadas galaxias luminosas en el infrarrojo (LIRGs). Comenzamos estudiando la galaxia NGC1068 que es una galaxia cercana ($D \sim 14 \text{ Mpc}$), espiral y barrada clasificada como Seyfert 2, que se caracteriza por tener un núcleo activo (AGN) y brotes intensos de formación estelar dispuestos en su anillo. Después extendemos el análisis a una muestra de 16 LIRGs locales ($14 \text{ Mpc} < D < 80 \text{ Mpc}$) que engloban diferentes morfologías: desde galaxias aisladas hasta objetos formados a partir de fusiones de galaxias. Hemos realizado este trabajo a partir de observaciones interferométricas a gran resolución angular de diferentes líneas moleculares en el rango de longitud de onda milimétrica. Además, hemos complementado estas observaciones con imágenes de la emisión de la línea Pa-alpha en el infrarrojo cercano. Nuestro trabajo ha estado enfocado principalmente al estudio de la ley de formación estelar, $\Sigma \text{SFR} \propto \Sigma \text{gas}^N$, cubriendo un amplio rango de densidades del gas molecular y escalas espaciales. Para realizar este estudio hemos llevado a cabo las observaciones y el análisis necesario para obtener las cantidades físicas con las que determinar las propiedades del gas y la tasa de formación de estrellas jóvenes. A partir del estudio de las relaciones de formación estelar en NGC1068, observamos la existencia de una cierta escala espacial, $\sim 300\text{-}400 \text{ pc}$, por debajo de la cual no se encuentra una correlación entre el gas y la tasa de formación estelar. A escalas mayores, sin embargo, se recupera la correlación. En la muestra de LIRGs encontramos que existe un comportamiento dual en la relación de formación estelar a escalas de 90 pc en el 25% de los objetos de la muestra. A medida que las escalas espaciales van aumentando, $250\text{-}500 \text{ pc}$, esta dualidad desaparece.

Una prescripción alternativa de las relaciones de formación estelar es la que relaciona la eficiencia de la formación estelar con la autogravedad del gas. Esta prescripción, junto con otras basadas en cantidades físicas como la dispersión de velocidad y la fracción de gas denso, muestra la importancia del entorno dinámico del gas a la hora de formar estrellas. En el caso de NGC1068, observamos que la interfaz barra-anillo potencia la formación estelar en esa zona. A distancias cada vez mayores

de dicha región, la formación de estrellas disminuye en el anillo. En el caso de la muestra de LIRGs encontramos que las regiones centrales de las galaxias con comportamiento dual son más eficientes con el aumento de la dispersión de la velocidad y la autogravedad del gas, en comparación con las regiones más externas de estas galaxias.

A partir de estos resultados encontramos que:

- La descripción canónica de las leyes de formación estelar donde la tasa de formación de estrellas depende exclusivamente de la cantidad de gas muestra claras desviaciones de un comportamiento universal: las relaciones de formación estelar dependen críticamente del trazador de gas utilizado, de la escala espacial, de la población de galaxias elegida y, dentro de cada galaxia, del entorno dinámico.
- Hay una dependencia de la eficiencia con la autogravedad del gas. Nuestras observaciones indican que una versión más universal de ley de formación estelar requiere de la inclusión de otras variables, no solo de la densidad de gas. El estado dinámico de la nube cambia y viene dictado por la dinámica a gran escala de la galaxia.
- Además, nuestros resultados muestran por primera vez claros indicios de bimodalidad encontrada en una fracción significativa de las galaxias extremas de nuestra muestra, que está asociada a la existencia de dos entornos dinámicos muy diferentes: las regiones centrales frente a las regiones externas de los discos.
- Nuestros resultados suponen una validación clave de los modelos de la formación estelar que dan gran importancia a la influencia del entorno a la hora de formar estrellas en las galaxias. Los resultados obtenidos en esta tesis motivan a seguir trabajando en:
 - El estudio de las leyes de formación estelar en entornos dinámicos diferentes. En particular, es muy relevante averiguar la influencia que la actividad nuclear puede tener en la formación de estrellas en las galaxias.
 - Encontrar cuáles son los mecanismos que explican la dualidad encontrada en las leyes de formación estelar en una parte de las galaxias extremas de la muestra de LIRGs. Aumentar el número de objetos de la muestra a partir de la realización de observaciones a gran resolución angular de diferentes líneas moleculares que incluyan un número significativo de objetos que cubran diferentes grados de actividad nuclear, presencia o no de brazos, y diferentes grados de interacción permitirá avanzar en ello.
 - Validación y mejora de simulaciones y modelos. Este tipo de estudios proporcionan contrapartidas observacionales clave para validar las recetas implementadas en las simulaciones cosmológicas de la formación de galaxias que actualmente alcanzan resoluciones espaciales de algunas decenas de pc , comparables a escalas de las GMCs.