

Técnicas experimentales para el estudio de galaxias distantes con instrumentación puntera de GTC

Autora: Cristina Cabello González
(criscabe@ucm.es)

Tesis doctoral dirigida por: Jesús Gallego Maestro y Nicolás Cardiel López

Centro: Universidad Complutense de Madrid

Fecha de lectura: 25 de mayo de 2023

Durante las últimas décadas, la astronomía observacional ha experimentado una revolución debido tanto a la construcción de telescopios cada vez más grandes que nos permiten observar objetos más lejanos y débiles, como a los avances tecnológicos que han permitido diseñar instrumentos muy precisos y potentes. El Gran Telescopio Canarias (GTC) es actualmente el mayor telescopio óptico-infrarrojo del mundo y está equipado con instrumentos científicos de última generación que, en conjunto, ofrecen una amplia variedad de modos de observación. Esta combinación de gran área colectora e instrumentación avanzada es clave para abordar los retos astronómicos actuales.

En esta tesis exploramos las capacidades y prestaciones de los principales instrumentos de GTC empleando diferentes modos de observación (fotometría de banda estrecha en el infrarrojo cercano, espectroscopía de rendija larga en el infrarrojo cercano y en el óptico, espectroscopía multiobjeto en el infrarrojo cercano y espectroscopía de campo integral en el óptico) para proporcionar información sobre la población de galaxias a alto desplazamiento al rojo (z).

Es importante destacar que los instrumentos modernos generan una enorme cantidad de datos que los astrónomos tienen que procesar antes del análisis científico. Además, debido a la complejidad de los nuevos modos de observación, el proceso

de reducción no es trivial y se requiere un gran esfuerzo para calibrar los datos con precisión, lo que suele aumentar el tiempo transcurrido entre las observaciones y la publicación científica de los resultados. Conscientes de este importante hecho, desarrollamos, y posteriormente pusimos a disposición de la comunidad astronómica en GitHub, los códigos de *Python* y los cuadernos de *Jupyter* empleados para la calibración precisa de diferentes conjuntos de datos de los instrumentos CIRCE, EMIR, OSIRIS y MEGARA del GTC.

Los principales objetivos de esta tesis son: (1) la identificación de varios casos científicos relacionados con fuentes lejanas para explorar tanto el potencial como las posibles limitaciones de los diferentes modos de observación de cada instrumento del GTC, (2) el desarrollo de técnicas y métodos experimentales para el tratamiento de cada conjunto de datos específico, y (3) la implementación de la política de ciencia abierta, proporcionando no solo la metodología sino también los códigos necesarios para que nuestro trabajo sea accesible y fácilmente reproducible.

En particular, los casos científicos presentados en esta tesis abordan proyectos desafiantes que van desde la búsqueda de emisores Lyman- α (LAEs, de sus siglas en inglés) a $z = 9,3$, al estudio de grandes muestras de galaxias de baja masa con formación estelar en torno a $z \sim 1$, la caracterización de un particular blazar a $z \sim 3,6$, y finalmente el estudio espacialmente resuelto de una galaxia local clasificada como potencial emisora de fotones del continuo de Lyman (LyC, de sus siglas en inglés) y análoga a las galaxias de la época de la reionización.

Estos proyectos condujeron a (1) la derivación de restricciones observacionales en la función de luminosidad Ly α a $z \sim 9$ utilizando la técnica de filtro estrecho y la cámara infrarroja CIRCE; (2) la caracterización del modo multiobjeto del espectrógrafo infrarrojo EMIR y la identificación de los graves problemas de sensibilidad del detector actual; (3) el descubrimiento del primer emisor en rayos gamma de tipo BL Lacertae a $z > 3$ utilizando la combinación de los modos de rendija larga de EMIR (en el infrarrojo cercano) y OSIRIS (en el óptico); (4) la identificación de variaciones espaciales en las propiedades físicas y la estructura ionizante de una galaxia análoga a las primeras galaxias utilizando datos ópticos de la unidad de campo integral de MEGARA. Además, también desarrollamos un script en Python para complementar la pipeline de reducción de datos de MEGARA y proporcionar, por primera vez, una estimación de las incertidumbres aleatorias de cualquier parámetro que pueda derivarse utilizando datos de MEGARA.

Los principales resultados de estos proyectos pueden encontrarse en Cabello et al. (2022), Paliya, Domínguez, Cabello et al. (2020), y Cabello et al. 2023 *en preparación*. Además, los hallazgos de esta tesis refuerzan el caso técnico y científico presentado en Salvador-Solé et al. (2022) y Garzón et al. (2022).

En conclusión, esta tesis explora y proporciona los métodos y técnicas para realizar un cuidadoso procesamiento y análisis de los datos tomados con diferentes instrumentos del GTC en sus múltiples modos de observación. Siguiendo la política de acceso abierto, las rutinas y los códigos *Python* desarrollados en este trabajo se han puesto a disposición pública para el uso de la comunidad astronómica. Esto asegura una reproducibilidad justa de los resultados de la investigación y promueve una ciencia más eficiente. Además, la metodología puede transferirse fácilmente a cualquier instalación en el infrarrojo cercano y óptica, lo que convierte a este documento en un marco de referencia para los futuros instrumentos que se montarán en los telescopios de próxima generación, los telescopios gigantes.

Representación artística de la cúpula e interior del Gran Telescopio Canarias (GTC).

