

Detailed stellar population analysis of Early-Type Galaxies with redshift to constrain their evolution

Anna Ferré-Mateu, La Laguna, 31 Mayo 2013

Una de las cuestiones básicas de la Astronomía moderna es cómo las galaxias de las diferentes familias han evolucionado desde su formación. Una de estas familias, las galaxias de tipos tempranos (ETGs, del inglés Early-Type Galaxy), formadas por galaxias elípticas y lenticulares y que contienen la mayor parte de la materia luminosa del Universo, ha sido profundamente estudiada durante décadas. Se han propuesto varios escenarios de formación y evolución para estas galaxias, pero por el momento, ninguno de ellos es definitivo. En el Universo local, las ETGs siguen unas relaciones muy ajustadas en sus propiedades globales, indicadoras de una evolución lenta desde su formación. Pero las épocas más tempranas del Universo aún tienen que ser desentrañadas, y siguen sumando más incógnitas a la ecuación. Una pieza clave de este rompecabezas son las galaxias masivas. Recientemente se ha descubierto que éstas eran mucho más compactas a desplazamientos al rojo altos ($z \sim 2$) que las galaxias masivas que vemos hoy en día. No obstante, los mecanismos que regulan dicha evolución del tamaño no están aún del todo claros, ya que no coinciden con las predicciones de los escenarios que explican su evolución.

En esta tesis nos hemos centrado en intentar esclarecer este tema, analizando las poblaciones estelares de las ETGs masivas a través del tiempo cósmico desde diferentes puntos de vista. Para tal fin, explotamos nuevas herramientas y métodos de última generación, como el ajuste completo del espectro (*full-spectral-fitting*) combinado con el análisis de los índices espectrales mediante los diagramas índice-índice. La novedad de este trabajo está en el estudio detallado de las poblaciones estelares, llevado a cabo galaxia por galaxia incluso a desplazamientos al rojo altos. Este conjunto de observaciones y métodos utilizados permite acotar los diferentes escenarios propuestos para la formación y evolución de las ETGs.

La mayoría de los mecanismos propuestos para explicar la evolución de las ETGs masivas predice la presencia (aunque escasa) de fósiles vivos de galaxias compactas masivas en el Universo local. En la primera parte de esta tesis se presenta una caracterización completa de una muestra única de estas galaxias. Queremos responder la pregunta de si son los descendientes de las galaxias masivas a alto desplazamiento al rojo. No obstante, nuestros resultados sugieren que las galaxias compactas masivas locales son prácticamente una copia exacta de las del Universo temprano, en vez de sus descendientes. La proximidad de estos objetos hace que sean un laboratorio ideal para explorar los mecanismos responsables de la formación de sus análogos a desplazamientos al rojo altos.

Otra manera de acotar la evolución de las galaxias masivas es a través del estudio detallado de las poblaciones estelares de ETGs en cúmulos a diferentes desplazamientos al rojo. Un estudio detallado de este calibre solo es posible a $z \sim 0.8$, es decir, aproximadamente a la mitad de la edad del Universo. Obtener espectros de calidad suficiente a dicho desplazamiento al rojo es posible llevando al límite la capacidad de los telescopios actuales. Con ellos, hemos derivado edades, metalicidades, patrones de abundancia relativa y las historias de formación estelar (SFHs, del inglés Star Formation History) de forma individual. Los resultados se han comparado con los que se obtienen para galaxias

análogas en cúmulos cercanos de propiedades similares para discriminar entre los posibles escenarios de evolución. Nuestros resultados indican que la relación entre la posición dentro del cúmulo, la dispersión de velocidades y la SFH puede ayudar a entender mejor la evolución de las galaxias del cúmulo. Encontramos que las galaxias más masivas evolucionan de forma pasiva, mientras que las de menor masa, generalmente localizadas en la periferia, experimentan una SFH más extendida en el tiempo.

No obstante, estos estudios se hacen bajo la suposición de una Función Inicial de Masas (IMF) universal. El debate acerca de las posibles variaciones de la IMF para explicar varios aspectos de la evolución de las ETGs, como su enriquecimiento químico o su patrón de abundancias, suele reaparecer casi cada década. Las contribuciones más recientes apuntan hacia una IMF de mayor pendiente para las galaxias más masivas. Presentamos un análisis de los sesgos en los resultados que se pueden obtener al adoptar una IMF estándar y universal. Hemos cuantificado el impacto de variar la forma y la pendiente de la IMF sobre varias propiedades de las galaxias. Para tal fin, usamos dos muestras: una con ETGs de varias masas y otra que contiene las galaxias compactas masivas locales. Encontramos que las galaxias rejuvenecen y se vuelven más masivas a medida que aumentamos la pendiente de una IMF tipo Salpeter (una única exponencial). Sin embargo, esta tendencia es más suave si se consideran IMFs tipo Kroupa (una exponencial segmentada), donde el peso de las estrellas de muy baja masa es menor. Además, encontramos que al escoger la pendiente de la IMF según la dispersión de velocidades de la galaxia, tal y como se ha indicado recientemente, las SFHs que se derivan tienden a asemejarse (aún manteniendo sus diferencias). Dichas SFHs muestran una cantidad variable de formación estelar reciente.