

Estudio de las propiedades galácticas y su evolución

Autor: Violeta González Pérez

Tesis doctoral dirigida por: Francisco J. Castander

Centro: Universitat de Barcelona;
ICE (IEEC-CSIC)

Fecha de lectura: 28 de septiembre de 2009

En las últimas dos décadas el enorme esfuerzo realizado para restringir los parámetros cosmológicos nos ha permitido entrar en lo que se podría denominar como una era de cosmología de precisión. Esto unido a la gran cantidad de información estadística proveniente de amplios cartografiados del cielo y del elevado poder computacional que se tiene hoy en día, nos permite centrarnos en el estudio de los procesos físicos que dominan la evolución galáctica dentro de un contexto cosmológico. En este sentido, los estudios extra-galácticos están experimentando un momento de intensa agitación, pues parece plausible el aprender en dos direcciones: desde el interior galáctico hasta las estructuras a grandes escalas, conectándolas con los parámetros cosmológicos, y desde ahí, de la distribución de la materia oscura a la naturaleza galáctica.

El modelo más ampliamente aceptado para la formación y evolución de estructuras es el llamado modelo jerárquico basado en una cosmología con materia oscura fría (e.g. Baugh et al. 2006). Modelos jerárquicos incluyendo tanto el efecto de la gravedad como los procesos físicos que afectan a la evolución del gas han demostrado ser capaces de reproducir muchas observaciones, como por ejemplo, la función de luminosidad o los colores y tamaños discoidales de galaxias en el Universo local (Cole et al. 2000). Sin embargo, algunas de las propiedades galácticas observadas, especialmente a altos desplazamientos al rojo, suponen un reto para estos modelos. Por otro lado, la resolución de estos modelos no permite realizar predicciones sobre la estructura interna de las galaxias.

Esta tesis engloba dos proyectos, uno observacional en el que se estudian las propiedades internas de las galaxias, ya que estas pueden ayudarnos a entender los procesos físicos que han determinado la evolución recientemente experimentada por una galaxia, y un proyecto más teórico sobre la formación de galaxias masivas en el marco de los modelos jerárquicos.

En la primera parte de la tesis se estudia la variación interna de color en galaxias observadas por el SDSS (York et al. 2000). Comenzamos nuestro estudio centrándonos en las galaxias de tipo temprano ($C \geq 2.63$ y $\text{fracDev} \geq 0.83$) extraídas del SDSS DR2, ya que constituyen un grupo con propiedades muy homogéneas. Encontramos que el gradiente de color es una cuantificación robusta de la variación interna de color. Como primera aproximación a este

parámetro, estudiamos su posible correlación con diversos parámetros globales de las galaxias tales como la masa estelar, la tasa de formación estelar, etc, encontrando que dichos parámetros no determinan el gradiente de color. Encontramos un 5% de galaxias de tipo temprano con una variación interna de color anómala, es decir, con un núcleo más azul que sus partes externas. Dichas galaxias están caracterizadas por ser menos masivas y tener una mayor presencia de estrellas jóvenes. Menanteau et al. (2001) encontraron un 30% de galaxias de tipo temprano con variaciones internas de color anómalas a $z \sim 0.6$. La comparación de nuestro resultado con este implica una evolución en la población estelar de las galaxias de tipo temprano.

Con una muestra más amplia de galaxias seleccionadas a partir del SDSS DR7, estudiamos la distribución de los gradientes de color en varias muestras aproximadamente limitadas en volumen, dentro del rango de desplazamiento al rojo $0.001 < z < 0.15$. Solo hemos incluido galaxias con buenas medidas tanto fotométricas como espectroscópicas. Los gradientes de color han sido calculados a partir de las medidas promediadas del brillo superficial que el SDSS proporciona para anillos concéntricos en torno al núcleo galáctico. Las magnitudes obtenidas a partir de dichas medidas han sido corregidas con la corrección (K+e) global de cada galaxia. Encontramos que las galaxias tienden a presentar núcleos más rojos que sus partes externas independientemente de su morfología (ver Figura 1) y que los gradientes de color no dependen de las propiedades globales galácticas. Además, el número de galaxias con variaciones internas de color pronunciadas no pueden explicarse solo con la distribución de errores de la muestra.

La segunda parte de esta tesis estudia la presencia de galaxias masivas en un contexto jerárquico. En los modelos jerárquicos, la estructura subyacente de materia oscura crece de forma jerárquica, i.e., los halos más masivos se forman los últimos. Sin embargo, esto no implica necesariamente que las galaxias más masivas se formen las últimas. Si la formación galáctica siguiese la de los halos de materia oscura, entonces supondría un problema reconciliar la presencia de galaxias masivas observadas a $z \geq 1$ con los modelos jerárquicos. Abordamos este problema comparando las predicciones de dos modelos semi-analíticos con observaciones de objetos extremadamente rojos, EROs, es decir, galaxias rojas y masivas observadas a $z \geq 1$. Un de los modelos utilizados invoca "supervientos" para regular la formación estelar en halos masivos (Baugh et al. 2005) y el otro suprime el enfriamiento del gas en halos a través de la retroalimentación en "modo radio" de núcleos galácticos activos (AGN, Bower et al. 2006).

Tal como se puede apreciar en la Figura 2, el modelo con los "supervientos" subestima la abundancia de EROs en al menos un orden de magnitud, mientras que el modelo con la retroalimentación por AGN se ajusta muy bien a las observaciones. Nuestro análisis indica pues, la necesidad de tener en cuenta la retroalimentación por AGN para poder entender la formación y evolución de las galaxias masivas.

Este último modelo predice que los EROs son mayoritariamente galaxias viejas, evolucionando pasivamente. Sin embargo, las observaciones favorecen un porcentaje igual de EROs viejos y jóvenes (galaxias con formación estelar inmersas en polvo). Al mismo tiempo, la distribución del desplazamiento al rojo predicha es mas extensa que la observada. La función de correlación a dos puntos predicha por el modelo invocando la retroalimentación por AGN para los EROs sigue una ley de potencias hasta separaciones pequeñas entre galaxias, sin embargo, la longitud de correlación predicha es menor que la observada. Estas comparaciones sugieren que el modelo con la retroalimentación por AGN suprime con demasiada eficacia la formación estelar en galaxias masivas. También hemos analizado la correlación de aquellas galaxias a $z=0$ que tienen al menos un ERO entre sus progenitores. Encontramos que tanto la longitud de correlación como las propiedades globales (color, masa estelar, etc) son características de galaxias de tipo temprano. La fracción de galaxias tempranas a $z=0$ que han pasado por una fase previa de ERO depende enormemente de como se definan ambos tipos de galaxias. Sin embargo, si podemos afirmar que aproximadamente un 70% de las galaxias mas masivas a $z=0$ tienen como progenitor una galaxia roja y masiva, evolucionando pasivamente a $z=1.5$. Por ultimo, hemos comparado las predicciones para galaxias a $z \geq 1$ seleccionadas utilizando diversos cortes de color: EROs, seleccionados en base a su color (R-K) (Elston et al. 1988); DRGs,

seleccionadas con (J-K) (Franx et al. 2003); y BzKs, galaxias seleccionadas según su situación en el diagrama color-color (B-z) vs. (z-K) (Daddi et al. 2004). El solapamiento entre EROs, DRGs y los BzKs evolucionando pasivamente es muy alto, lo que sugiere que se trata de la misma población galáctica vista a distintos desplazamientos al rojo.

Los dos estudios desarrollados en esta tesis se complementan, puesto que ambos exploran propiedades observacionales que pueden ayudar a ampliar la comprensión de los procesos físicos que ocurren tanto en el límite de la resolución de los modelos actuales, como aquellos que determinan la evolución galáctica cuando el Universo tenía la mitad de su edad actual.

Referencias:

Baugh C.~M., 2006, Reports of Progress in Physics, 69, 3101
 Baugh C.~M. et~al., 2005, MNRAS, 356, 1191
 Bower R.~G. et~al., 2006, MNRAS, 370, 645
 Cole S. et~al., 2000, MNRAS, 319, 168
 Daddi E. et~al., 2004, APJ, 617, 746
 Elston R., Rieke G.~H., Rieke M.~J., 1988, APJL, 331, L77
 Franx M. et~al., 2003, APJL, 587, L79
 Gonzalez-Perez V. et~al., 2009, MNRAS, 398, 497

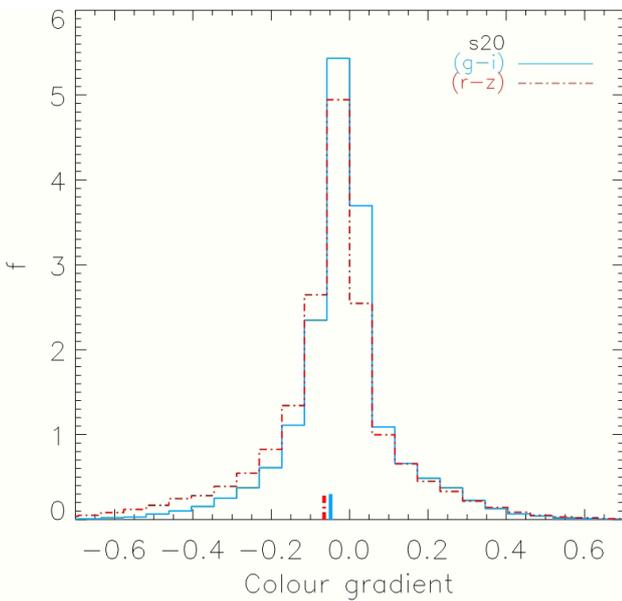


Figura 1: Distribución de los gradientes de color para (g-i) y (r-z). Los valores medianos están indicados con las líneas cortas en el mismo tono que las distribuciones. El área de los histogramas está normalizada.

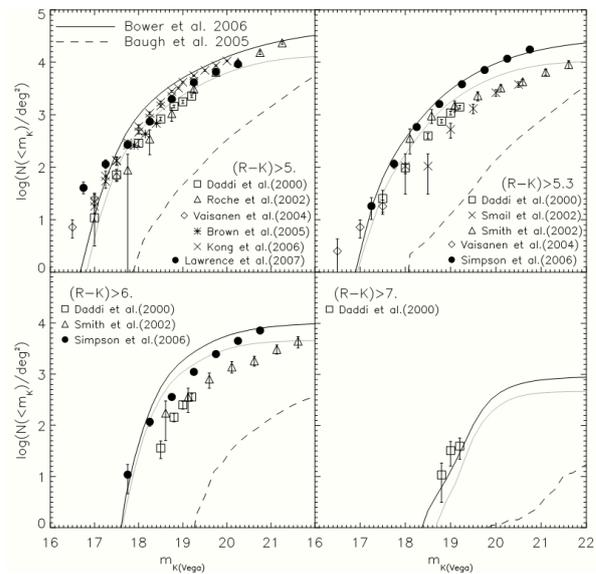


Figura 2: Número cumulativo de EROs definidos según su color (R-K): (R-K) > 5 -- panel arriba a la izquierda, (R-K) > 5.3 -- panel arriba a la derecha, (R-K) > 6 -- panel abajo a la izquierda y (R-K) > 7 en el panel abajo a la derecha. La línea sólida negra presenta la predicción de Bower et al. (2006), la línea discontinua la de Baugh et al. (2005). En gris aparece la predicción de Bower et al. (2006) sólo para EROs centrales en los halos de materia oscura. Los distintos símbolos presentan los resultados observacionales que se detallan en las distintas leyendas. Ver Gonzalez-Perez et al. (2009) para más información.