Asociación Argentina de Astronomía
BAAA, Vol. 55, 2012
A.C. Rovero, G.E. Romero, L. Pellizza & M. Lares, eds.

PRESENTACIÓN ORAL

Las Galaxias Enanas y la Red Cósmica

A. Benítez Llambay[1], M. G. Abadi[1,2]

(1) Instituto de Astronomía Teórica y Experimental (CONICET-UNC)
(2) Observatorio Astronómico, Universidad Nacional de Córdoba

Abstract. Using a cosmological numerical simulation of the Local Group formation, we identify a mechanism able to remove gas from low-mass halos, affecting dramatically their star formation histories. As the Local Group forms, matter bound to it develops an intrincate network of filaments and pancakes, which sweeps a large volume, overtaking and removing the gas of several halos, leaving their dark matter component unaffected. The gas loss is particulary pronunced for low-mass halos, which may help to explain the scarcity of dwarf galaxies observed when compared to the large number of low-mass halos expected in the ΛCDM cosmological model.

Resumen. Utilizando una simulación numérica cosmológica de la formación del Grupo Local, identificamos un mecanismo capaz de remover gas de halos de baja masa, afectando dramáticamente sus historias de formación estelar. A medida que el Grupo Local se forma, la materia ligada a él forma una intrincada red de filamentos y panqueques, los cuales barren un gran volumen atravesando y removiendo el gas de muchos halos, dejando su componente de materia oscura intacta. La pérdida del gas es especialmente pronunciada para halos de baja masa, lo que ayudaría a explicar la escacez de galaxias enanas observadas comparada con la gran cantidad de halos de baja masa predichas en el modelo cosmológico ΛCDM.

1. Introducción

Uno de los problemas más importantes a ser resueltos dentro del paradigma actual de formación de galaxias ΛCDM lo constituye, sin lugar a dudas, el de la abundancia de galaxias enanas. Existe una diferencia marcada entre el escaso número de galaxias enanas observadas y la cantidad de los halos de materia oscura de baja masa que, en principio, deberían contenerlas. Esta aparente tensión entre las predicciones teóricas y las observaciones es usualmente aliviada apelando a procesos bariónicos que reducen la eficiencia de formación de galaxias en halos de baja masa, como ser la fotoionización debida al fondo de radiación cósmica UV (ej., Bullock et al. 2000) e inyecciones de energía al gas del medio interestelar debido a la evolución propia de las estrellas (ej., Benson

et al. 2003). En este trabajo hemos estudiado una muestra de galaxias enanas[1] simuladas y hemos identificado un mecanismo capáz de remover sus bariones a medida que se forman sin apelar al "feedback".

2. Simulación

Hemos utilizado una simulación de la formación del Grupo Local del projecto CLUES (http://www.clues-project.org Gottloeber et al. 2010). La misma sigue la evolución de tres halos de materia oscura cuya distribución espacial reproduce la de las tres galaxias principales del Grupo Local: La Vía Láctea (MW), Andrómeda (M31) y el Triángulo (M33). Este Grupo Local simulado consiste en una resimulación de una región aproximadamente esférica de $\sim 2{,}74$ Mpc de radio en *redshift* $z = 0$, la que se encuentra adentro de una caja de ~ 88 Mpc de lado. Esta región esférica fue resimulada utilizando ~ 53 millones de partículas de materia oscura de masa $3{,}48 \times 10^5$ $M_\odot$ e igual número de partículas de gas de masa $6{,}05 \times 10^4$ $M_\odot$. Las estrellas se modelaron como partículas no colisionales de masa $3{,}03 \times 10^4$ $M_\odot$, creadas por las partículas de gas según prescripciones de Springel & Hernquist (2003). La simulación adopta parámetros cosmológicos consistentes con WMAP-3 (Spergel et al. 2007) y fue evolucionada con el código GADGET-2 (Springel 2005). La simulación, además de recetas para la formación estelar, incluye un fondo de radiación UV que evoluciona (Haardt & Madau 1996), *feedback* por supernovas y vientos galácticos isotrópcios de acuerdo a (Springel & Hernquist 2003). Referimos al lector interesado a (Gottloeber et al. 2010) para más detalles sobre la simulación.

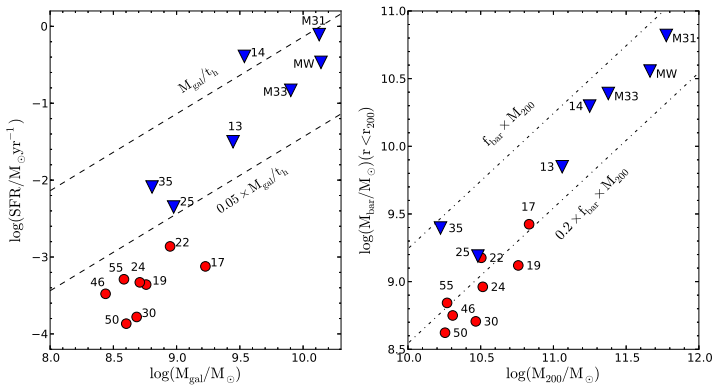


Figura 1. Tasa de formación estelar actual en función de la masa virial para las galaxias seleccionadas en este trabajo (panel izquierdo). Se distinguen dos grupos: (1) galaxias que han dejado de formar estrellas (círculos rojos) y (2) galaxias que continúan formando estrellas (triángulos azules). Ninguna de las galaxias que ha detenido su formación estelar ha retenido más del 20 % de sus bariones dentro del radio virial (panel derecho).

[1] En general llamamos galaxias enanas a todas aquellas galaxias cuya masa estelar es menor que $10^{9,5}$ $M_\odot$.

3. Resultados

En el panel izquierdo de la Fig. 1 se muestra la tasa de formación estelar actual de las galaxias simuladas seleccionadas en este trabajo en función de su masa estelar. Todas aquellas galaxias que hubieran formado, en promedio, durante toda la edad del universo t_h entre 0.05 y 1.0 masa solar por año, deberían situarse entre las dos curvas a trazos mostradas. Hay dos conjuntos de galaxias distintos. Por un lado hay galaxias enanas, con masas estelares menores que 10^9 $M_\odot$ y que, en promedio, han formado muy pocas estrellas a lo largo de sus vidas (círculos rojos). Por otro lado, hay galaxias con masas estelares mayores que 10^9 $M_\odot$ que continúan formando estrellas (triángulos azules). Ninguna de las galaxias que han detenido su formación estelar ha sido capaz de retener más del 20 % de sus bariones (panel derecho). Con ésto uno estaría tentado de pensar que la pérdida de bariones observada en estas galaxias de baja masa es debida al *feedback* de supernovas y vientos galácticos. Sin embargo, hay galaxias, como la galaxia 35, de masa virial[2] similar a la masa virial de las galaxias que han dejado de formar estrellas pero cuya tasa de formación estelar es $\sim$ 50 veces mayor. Además, a pesar de tener su masa virial comparable a otras enanas que han perdido la mayoría de sus bariones, la galaxia 35 posee prácticamente todos sus bariones intactos. ¿Cuál es la razón por la que se observa ésto?.

A medida que el Grupo Local se forma, la materia ligada a él colapsa hacia estructuras altamente no esféricas tales como filamentos y panqueques. Estas estructuras barren un gran volumen del espacio, llevándose por delante en su camino muchas galaxias. La velocidad relativa entre las galaxias y esta red cósmica ($\sim$ 350 km s^{-1}) produce un escenario propicio para que la presión de barrido[3] que ejercen las estructuras de la red cósmica sobre las galaxias que son atravesadas por ella sea efectiva[4]. Las galaxias de baja masa, que no tienen un potencial suficiente para resistir esta interacción, quedan despojadas de su gas y eventualmente detienen su formación estelar. En nuestra simulación, el contenido bariónico de muchas galaxias ha sido significativamente afectado debido a la interacción de la red cósmica. En la Fig. 2 se muestra justo el momento posterior al pasaje de las galaxias 17, 22, 24, 30, 46 y 50 por un panqueque de la red cósmica. Es evidente la corriente de gas perdido por cada galaxia que queda a su paso, en dirección opuesta a su movimiento, lo que es una característica de la presión de barrido. Todas estas galaxias presentan como características comunes la baja tasa de formación estelar y la deficiencia de bariones. Galaxias enanas, como ser la galaxia 35, no interactuaron con la red cósmica a lo largo de sus vidas. Esta es la razón por la que, a pesar de tener la misma masa virial que otras galaxias que han cesado su formación estelar, aún posee suficiente gas para continuar formando estrellas en la actualidad. Un análisis más detallado de esta interacción puede verse en (Benitez-Llambay et al. 2012).

---

[2]Definimos la masa virial como la masa encerrada en una esfera cuya densidad es 200 veces la densidad crítica del universo.

[3]Con el término "presión de barrido"nos estamos refiriendo al término en inglés *ram pressure*.

[4]En realidad también es importante la densidad relativa entre los medios gaseosos.

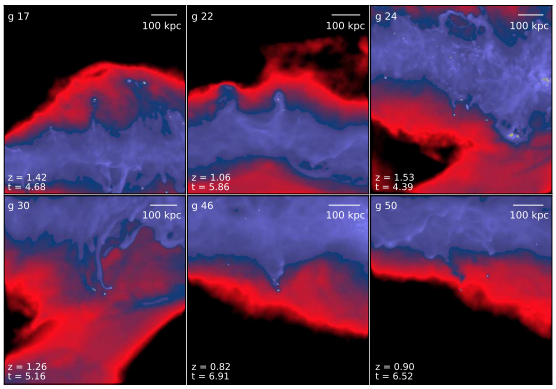


Figura 2. En los distintos paneles se muestra la distribución de gas en las cercanías de cada galaxia justo despues de la interacción con la red cósmica. En la parte superior derecha de cada panel se muestra una barra cuya longitud corresponde a 100 Kpc comóviles. Las regiones más densas se muestran con tonos violetas en tanto que las regiones de menor densidad se muestan con tonos rojos.

4. Discusión

La remoción de gas debido a interacciones con la red cósmica en gran escala es el resultado del colapso, casi simultáneo, de estructuras de distintas escalas. En otras palabras, a medida que las galaxias enanas se forman, el colapso del Grupo Local ya ha comenzado, formando filamentos y panqueques. Esto produce un escenario propicio para que las interacciones hidrodinámicas entre los bariones de estas estructuras de escalas diferentes sean importantes. Las velocidades relativas y los contrastes de densidad típicos observados en la simulación que hemos analizado en este trabajo nos permiten asegurar que la presión de barrido que sufren las galaxias enanas es realmente efectiva. A pesar de que aún no podemos responder cuál es la importancia real que tendría este efecto fuera de un sistema tipo Grupo Local, creemos de que la remoción de gas debido a las interacciones con la red cósmica en gran escala es un ingrediente crucial en las historias de formación estelar de las galaxias enanas y que, hasta ahora, no se ha tenido en cuenta en los modelos de formación de las galaxias enanas.

Referencias

Benitez-Llambay A., et al., 2012, ArXiv e-prints
Benson A. J., et al., 2003, ApJ, 599, 38
Bullock J. S., Kravtsov A. V., Weinberg D. H., 2000, ApJ, 539, 517
Gottloeber S., Hoffman Y., Yepes G., 2010, ArXiv e-prints
Spergel D. N., et al., 2007, ApJS, 170, 377
Springel V., 2005, MNRAS, 364, 1105
Springel V., Hernquist L., 2003, MNRAS, 339, 289