

Pares de galaxias y distribución anisotrópica de materia.

Leandro Peñaloza¹, Diego García Lambas², Dante Paz²,
Elizabeth Gonzalez², M. Rosa Muñoz Jofré², Andrés N. Ruiz²

¹ Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA - CONICET-Mendoza)

² Instituto de Astronomía Teórica y Experimental. (IATE - CONICET)

Introducción

La idea del presente trabajo, y del futuro, es estudiar la distribución de materia alrededor de pares de galaxias. Estos sistemas constituyen uno de los principales escenarios de transformación morfológica. Por lo tanto, es necesario conocer la naturaleza de la distribución espacial y la dinámica de estas regiones desde el punto de vista de la estructura en gran escala, que propician este tipo de encuentros. Para esto utilizamos los datos obtenidos por la simulación numérica Millennium (Springel et al. 2005 (MS), Peter Thomas (MS-W7)) y por un modelo semi-analítico de formación de galaxias (Guo et al 2013). Hasta el momento, hemos analizado el entorno en el que se encuentran dichos pares y la forma que poseen los elipsoides centrados en el centro geométrico del par. Pero planeamos encontrar cual es la distribución angular de las galaxias vecinas alrededor del par, y ver si existe alguna correlación.

Simulación y Datos

En este trabajo utilizamos un catalogo de galaxias virtuales, obtenido a partir del modelo semi analítico (SAM) de formación de galaxias descrito en Guo et al. (2011), que sigue los procesos bariónicos dentro de los árboles de halos de materia oscura (DMH, por sus siglas en inglés). El cual se ejecutó utilizando la simulación cosmológica Millennium-WMAP7 (MR7, Peter Thomas), la cual utiliza los datos de la WMAP7 (los detalles de la simulación se describen en Guo et al. 2013). Contrario a la simulación Millennium (MR) de Springel et al. (2005) que utiliza los datos de WMAP1. En la Tabla 1 mostramos los valores de los parámetros más relevantes, y en la Tabla 2, los parámetros de las simulaciones MR y MR7.

Código	Nombre	$\Omega_m = \Omega_{dm} + \Omega_b$	Ω_b	Ω_Λ	h	σ_8	M_p (M_{sun}/h)	L (Mpc/h)
MR	Millennium	0,25	0,045	0,75	0,73	0,9	$8,61 \times 10^8$	500
MR7	Mill-WMAP7	0,272	0,0455	0,728	0,704	0,81	$9,31 \times 10^8$	500

Tabla 1. Parámetros de las simulaciones Millennium y Millennium-WMAP7.

Utilizamos estas simulaciones para investigar el comportamiento dinámico, en un contexto cosmológico, de las pares de galaxias. A partir de esta simulación, nuestra muestra principal de pares fueron seleccionadas tal que tuvieran una separación máxima de 300 Kpc/h y una mínima 10 Kpc/h. La elección de la distancia de separación es arbitraria, como se pueden ver en varios trabajos, tanto observacional como teórico (Deng et al. 2006, Moreno et al. 2013) y tomamos una separación mínima para no encontrarnos con pares de galaxias muy cercanos y/o que se estén fusionando. Para evitar problemas numéricos asociados a la resolución, restringimos nuestra muestra a aquellos halos que alcancen una masa correspondiente a por lo menos 100 partículas, la cual es equivalente a $M_v \sim 9,31 \times 10^{10} M_{sun}$. Esto resultó en aproximadamente 90000 pares.

Luego, nos quedamos solo con aquellos pares que: sus DMH posean más de 100 partículas ($=M_v \sim 9,31 \times 10^{10} M_{sun}$) y menos de 3500 ($=M_v \sim 3,3 \times 10^{12} M_{sun}$), que una de las componentes del par tenga por lo menos una magnitud absoluta en $R < -20$ y que ambos objetos no difieran en más de 2 magnitudes, y que no fueran galaxias huérfanas (i. e. aquellas que han perdido su halo de materia oscura), entre otros.

Por otro lado, para tomar sistemas lo más aislados posibles utilizamos un criterio arbitrario de aislamiento. El cual consiste en que no debemos encontrar una tercer galaxia con una diferencia de un orden de magnitud mayor a la componente más débil, dentro de un radio de 600 Kpc. De esta manera, nuestra muestra queda en más de 40000 sistemas pares.

Parámetros	WMAP1	WMAP7
Ω_m	0,25	0,272
Ω_Λ	0,75	0,728
Ω_b	0,0425	0,045
h	0,73	0,704
n	1	0,961
σ_8	0,9	0,807
redshift	0,28	0

Tabla 2. Síntesis de los parámetros adoptados en las cosmologías WMAP1 y WMAP7.

Entorno de las pares

Para conocer, en primera aproximación, donde se ubican, es decir, el entorno en el que se encuentran las pares de galaxias, calculamos la sobredensidad en la que se localizan. Para esto utilizamos una esfera de radio 10 Mpc centrada en el centro del par y calculamos las respectivas sobredensidades. Si utilizamos la siguiente clasificación para el entorno: muy bajo denso ($-1 < \delta < -0,7$), bajo denso ($-0,7 < \delta < 0$), denso ($0 < \delta < 1$) y muy denso ($\delta > 1$), en la Figura 2 vemos que nuestra muestra se encuentra en regiones con baja densidad.

Análisis tridimensional

Por otro lado, analizamos la forma de estas estructuras, las cuales están formadas por las galaxias vecinas a cada par. Es decir, para cada sistema obtenemos una distribución espacial, la cual cuantificamos a partir del cálculo del tensor de forma. Esta puede escribirse como una matriz simétrica:

$$\left(\frac{1}{N}\right) \sum_{\alpha=1}^N X_{\alpha i} X_{\alpha j}$$

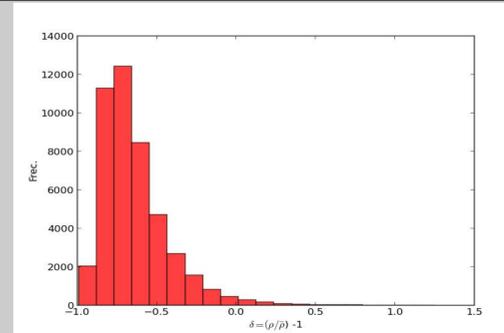


Figura 1. Distribución de las sobredensidades de los entornos en las que se encuentran las galaxias pares.

donde N es el número de vecinas dentro de una esfera de 10 Mpc de radio, y son las componentes "i" del vector separación que une el centro del par con la posición de la galaxia vecina "alpha", y lo mismo para j. A partir de la matriz obtenemos los autovectores y autovalores (a, b y c, donde $a > b > c$), del elipsoide característico que mejor describe la distribución espacial de todos los miembros. Utilizamos las razones entre los semi-ejes b/a y c/b , ya que nos permite analizar la forma del elipsoide, y nos permite discernir entre elipsoide oblado o prolado (Paz et al. 2006). Por ejemplo, $b/a = 1$ con valores arbitrarios de c/b , corresponde a un elipsoide oblado, y por otro lado, para sistemas con $c/b = 1$ fijo, son elipsoides prolados. Un sistema con $b/a < c/b$ está asociado con un elipsoide triaxial con una tendencia prolada, el caso contrario, $b/a > c/b$, corresponde a un elipsoide predominantemente oblado. Encontramos que las estructuras son triaxiales en general y sus formas están distribuidas uniformemente entre los extremos, y en la Figura 2 y 3 vemos la distribución y ubicación de estas razones de autovalores.

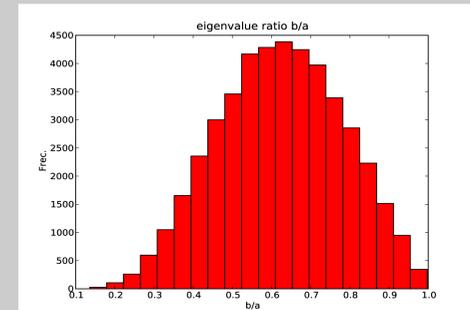
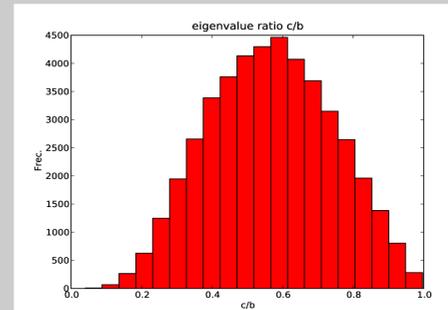
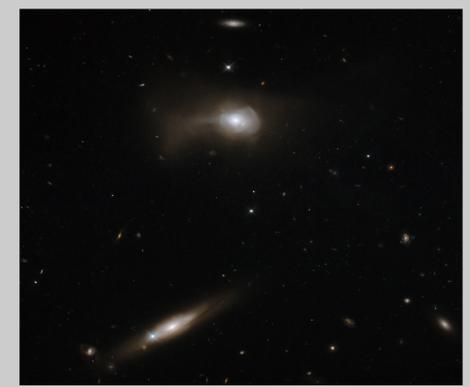
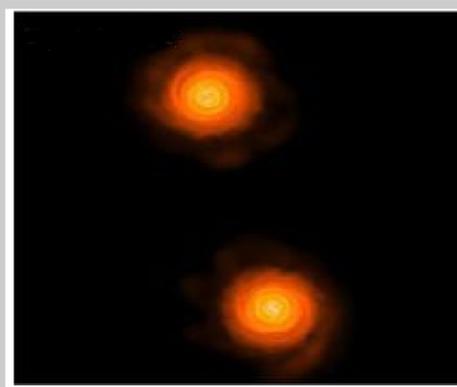


Figura 2 y 3. (Izquierda) Distribución de c/b y (derecha) distribución de la razón b/a . Los valores más frecuentes son 0,58 y 0,64, respectivamente.



Trabajos Futuros

En trabajos futuros, planeamos realizar un análisis más detallado de la distribución de la materia alrededor de los sistemas de pares de galaxias, tanto bariónica como no bariónica, que nos permitan obtener mayores resultados. Para esto, analizaremos como están distribuidas las galaxias vecinas relativas al eje que forma el par. Para finalmente, poder contrastar los resultados con los datos observacionales.

Bibliografía

Springel, V. et al. 2005, Nature 435, 629
Guo et al. 2011, MNRAS 413, 101
Guo et al. 2013, MNRAS 428, 1351
Moreno et al. 2013, MNRAS 436, 1765
Deng et al. 2006, ChJAA 6, 411
Paz et al. 2006, MNRAS 366, 1503