

## PRESENTACION ORAL

### Efectos de mareas en cúmulos globulares

F. Ramos<sup>1,2</sup>, V. Coenda<sup>1,2</sup>, H. Muriel<sup>1,2</sup>, M. Abadi<sup>1,2</sup>

(1) *Instituto de Astronomía Teórica y Experimental(IATE), CONICET*

(2) *Observatorio Astronómico, Universidad Nacional de Córdoba*

**Abstract.** Using an N-body numerical simulation in the framework of the  $\Lambda$ CDM cosmological model we study the globular cluster population in a simulated galaxy cluster. We select particles that trace the bimodal (red and blue) globular cluster system of each individual dark matter halo prior to their incorporation to the cluster virial radius. We found that the blue population is more prone to be removed from the halo than the red one. This result suggests that globular clusters are tidally disrupted, being the blue (more extended) population easily removed.

**Resumen.** Hemos utilizado una simulación cosmológica de N-cuerpos, en el marco del modelo cosmológico  $\Lambda$ CDM, para estudiar la población de cúmulos globulares (CGs) en un cúmulo de galaxias. Hemos seleccionado partículas trazadoras de los sistemas de CG de cada halo de materia oscura en el momento previo a entrar al radio virial del cúmulo, teniendo en cuenta la distribución bimodal de la población de CGs. Encontramos que la población de CGs azul es más fácilmente removida del halo que la población roja. Este resultado sugiere que los CGs son afectados por interacciones de marea, siendo la población más extendida (la azul) mayormente afectada.

## 1. Introducción

En los cúmulos de galaxias existen varios mecanismos físicos que actúan sobre la población de galaxias, las cuales pueden sufrir alteraciones en sus propiedades. Tales mecanismos afectan tanto a sus subsistemas como también al gas y a la población de estrellas. En particular, las interacciones debidas al potencial del cúmulo como también los encuentros rápidos entre galaxias pueden afectar la evolución de las mismas. Una manera de analizar este tipo de interacciones de marea es a través de la población de cúmulos globulares (CGs).

Muzzio (1986), Muzzio et al. (1987), y Bekki et al. (2003), a través de simulaciones dinámicas no colisionales, muestran que a consecuencia de interacciones de marea las galaxias en los cúmulos pueden perder una fracción importante de su población de CGs. Bekki et al. (2003) encuentra que el perfil de densidad de la población de CGs tiene mayor pendiente después de que los CGs han sido afectados por fuerzas de marea. Por otro lado, como las interacciones tidales y el efecto gravitacional del potencial del cúmulo se incrementan hacia las regio-

nes internas, es posible encontrar una correlación entre las propiedades de la población de los CGs y la distancia al centro de los cúmulos.

Coenda et al. (2009) han estudiado posibles efectos de marea en la población de CGs pobres (azules) y ricos (rojos) en metales en las galaxias elípticas del cúmulo de Virgo (ACS Virgo Cluster Survey, Côté et al. 2004). Estos autores encuentran que la frecuencia específica de CGs en galaxias elípticas se incrementa cuando aumenta la distancia al centro del cúmulo, sugiriendo que los efectos de marea serían los responsables de este efecto. Además, la distribución espacial de la población de CGs azules es más extendida que la de los CGs rojos, indicando que es la más propicia a ser afectada por los efectos de marea. Sin embargo, se necesitan más estudios tanto a nivel observacional como teórico, debido a la escasa información disponible dada la dificultad de identificar CGs en otras galaxias distantes.

En el presente trabajo se estudió la población de CGs identificados en halos de materia oscura de una simulación cosmológica de N-cuerpos (Ludlow 2009). Se adoptó un universo plano, con los siguientes parámetros cosmológicos:  $\Omega_m = 0.25$ ,  $\Omega_\Lambda = 0.75$  y  $H_0 = 100 h \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$  con  $h = 0.73$ .

## 2. La muestra de Cúmulos Globulares

Hemos utilizado una simulación numérica cosmológica de N-cuerpos realizada en el marco del modelo cosmológico de materia oscura fría con constante cosmológica en escala de cúmulos de galaxias (Ludlow et al 2009). Esta simulación sigue la evolución temporal, desde un corrimiento al rojo inicial  $z = 20$  hasta el presente, de  $1.4 \times 10^7$  partículas de materia oscura en la zona de alta resolución en una caja cuadrada de  $100h^{-1}\text{Mpc}$  de lado. La identificación de los halos de materia oscura se ha realizado a través de *subfind* (Springel et al. 2005). Se determinaron las propiedades globales del cúmulo de galaxias, tales como el radio y la masa virial en función del tiempo. Con el fin de analizar si las interacciones de marea causadas por el potencial del cúmulo han afectado a los halos, hemos seleccionado aquellos halos que ingresaron al radio virial del cúmulo cuando la edad del universo era menor a 10Gyr. Por resolución numérica, halos con menos de 200 partículas en  $z = 0$  han sido descartados, haciendo que la muestra final consista en 40 halos aproximadamente.

Uno de los más mayores descubrimientos en el campo de los CGs es que los mismos presentan una distribución bimodal de los colores, indicando dos poblaciones de CGs. Diferentes estudios sugieren que esta bimodalidad se debe principalmente a diferencias en la metalicidad entre las dos poblaciones (Strader et al. 2006, Peng et al. 2006). Los estudios de CGs realizados en simulaciones numéricas previos no contemplan estas dos poblaciones de CGs. En el presente trabajo, hemos seleccionado partículas trazadoras de CGs teniendo en cuenta la población roja y azul. En el momento previo a que el halo ingresa al radio virial del cúmulo, se seleccionan los CGs azules y rojos utilizando el método descrito por Bullock & Johnston (2005), que consiste en reproducir las propiedades dinámicas de los perfiles de densidad. Para ello, hemos ajustado un perfil de NFW (Navarro et al. 1995) a los halos de materia oscura, y asumido un perfil de Hernquist (Hernquist 1990) para cada población de CGs. Variando los parámetros del perfil de Hernquist, es posible obtener una distribución espacial inicial

mas extendida para los CGs azules y mas concentrada hacia el centro para los CGs rojos. Este procedimiento reproduce los perfiles de densidad proyectados observados de ambas poblaciones de CGs en las galaxias en  $z = 0$  (Bassino et al. 2006, Coenda et al. 2009).

La Figura 1 muestra los perfiles de densidad proyectados en  $z = 0$  para uno de los halos de materia oscura. La distribución radial de los CGs es ajustada por una ley de potencias. Observacionalmente se encuentra que la pendiente de la ley de potencias vale entre  $\sim -2$  y  $-2.5$  para la población roja y  $\sim -1.5$  para la población azul. En particular para el halo que se muestra en la Figura encontramos  $(-1.15 \pm 0.08)$  para los CGs azules y  $(-1.6 \pm -0.2)$  para los CGs rojos.

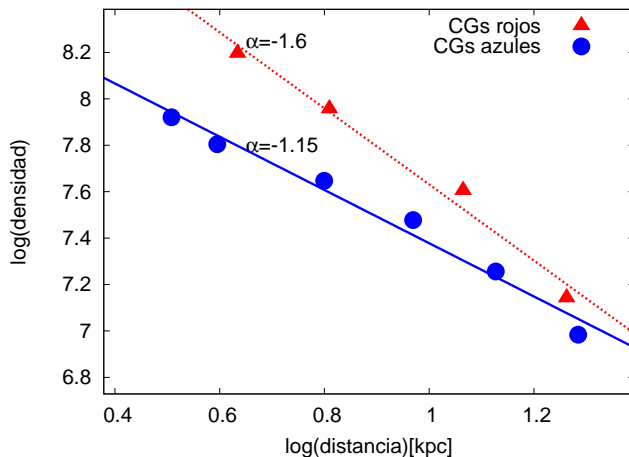


Figura 1. Perfil de densidad proyectado de un halo de materia oscura para la población azul (círculos) y roja (cruces) de CGs. Las líneas corresponden al ajuste de una ley de potencia.

### 3. Resultados

Una vez que los CGs fueron seleccionados, determinamos la evolución temporal de los CGs que permanecen en cada halo. En particular, la Figura 2 muestra la fracción de cúmulos globulares que permanecen en el halo en  $z = 0$  como función de la distancia mínima al centro del cúmulo. Nuestro resultado sugiere que aquellos halos que pasan más cerca del centro del cúmulo de galaxias pierden una mayor cantidad de CGs. Además, este efecto sería mayor para la población azul de CGs, la cual es más extendida, y por lo tanto, más probablemente afectada por interacciones de marea.

### 4. Conclusiones

Hemos analizado la evolución temporal de una muestra de 40 halos de materia oscura de una simulación numérica cosmológica de N-cuerpos realizada en el marco del modelo cosmológico de materia oscura fría con constante cosmológica

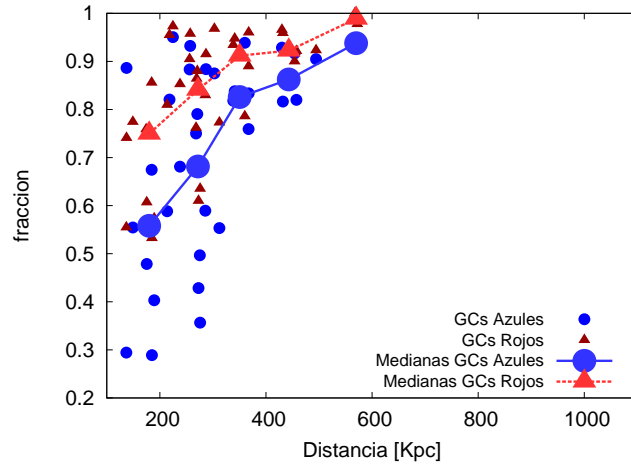


Figura 2. Fracción de CGs azules y rojos que permanecen en su galaxia hasta  $z = 0$  como función de la mínima distancia pericéntrica de su halo huésped. Los símbolos son similares a los utilizados en la Figura 1.

en escala de cúmulos de galaxias. Hemos seleccionado cúmulos globulares (CGs) dentro de cada halo siguiendo el método desarrollado por Bullock & Johnston (2005). Hemos determinado los perfiles de densidad radial de las poblaciones de CGs pobre y rica en metales en  $z = 0$ , obteniendo resultados comparables a los encontrados en las galaxias por diferentes autores. Cabe destacar, que se trata del primer trabajo que tiene en cuenta la distribución bimodal de los CGs.

Nuestros resultados sugieren una correlación entre la fracción de CGs que permanece en el halo y la distancia pericéntrica del mismo en el sentido de que los efectos de marea, estarían afectados a ambas poblaciones de CGs, pero más a la población azul. Esto puede deberse a la distribución espacial más extendida de la población de CGs azules respecto a la población de CGs rojos. Nuestros resultados sugieren que el principal causante de la remoción de cúmulos globulares sería el potencial del cúmulo, más que la interacción de galaxias individuales.

## Referencias

- Bassino L. P., et al., 2006, *A&A*, 451, 789  
 Bekki K., et al., 2003, *MNRAS*, 344, 1334  
 Bullock J. S., Johnston K. V., 2005, *ApJ*, 635, 931  
 Coenda V., Muriel H., Donzelli C., 2009, *ApJ*, 700, 1382  
 Côté P., et al., 2004, *ApJS*, 153, 223  
 Hernquist L., 1990, *ApJ*, 356, 359  
 Ludlow A. D., 2009, PhD thesis, University of Victoria, Canada  
 Muzzio J. C., 1986, *ApJ*, 301, 23  
 Muzzio J. C., Dessaunet V. H., Vergne M. M., 1987, *ApJ*, 313, 112  
 Navarro J. F., Frenk C. S., White S. D. M., 1995, *MNRAS*, 275, 720  
 Peng E. W., et al., 2006, *ApJ*, 639, 95  
 Springel V., et al., 2005, *Nat*, 435, 629  
 Strader J., et al., 2006, *AJ*, 132, 2333