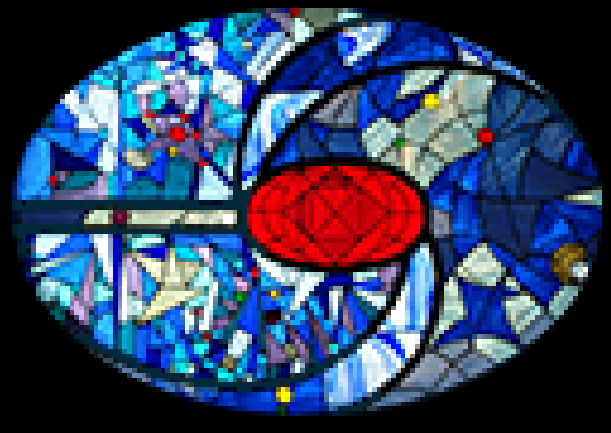


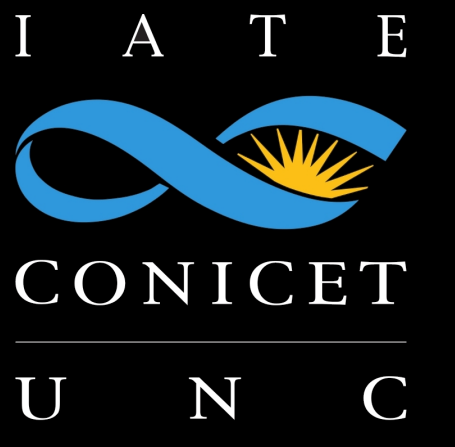


Determinación de la Distribución de Ocupación de Halos

Rodriguez Facundo, Manuel Merchán & Mario A. Sgró

Instituto de Astronomía Teórica y Experimental (UNC-CONICET), Observatorio Astronómico de Córdoba
Laprida 854, Córdoba, X500BGR, Argentina

facundo@oac.uncor.edu



Resumen

En este trabajo proponemos un método de descuento de galaxias de fondo para calcular la Distribución de Ocupación de Halos (DOH). Éste nos posibilita combinar información espectroscópica de los catálogos de grupos con información fotométrica de catálogos de galaxias. Para evaluar el procedimiento, utilizamos catálogos sintéticos contruidos a partir de modelos semianalíticos de formación de galaxias aplicados a la Simulación Millennium. Por último, presentamos la implementación del método en el Sloan Digital Sky Survey DR7 y comparamos los resultados con los obtenidos por otros autores.

1. Introducción

El paradigma actual supone que las galaxias se forman dentro de los halos de materia oscura. Sin embargo, la diversidad de mecanismos astrofísicos implicados en la formación de éstas no permite determinar cuántas galaxias se encuentran en un halo de una masa dada. En este contexto, la DOH da la probabilidad de que un halo de masa M_h contenga N galaxias y permite asociar, de manera estadística, la cantidad de galaxias que residen en un halo. Se pueden tomar las galaxias y los grupos de galaxias como una representación de los halos y estimar la DOH con las masas y el número de miembros en un rango determinado de magnitud absoluta de dichos grupos. En el trabajo de Zheng et al.(2005) [4], se estudió la DOH a partir de dos modelos teóricos y se propuso que el número medio de galaxias en halos de una determinada masa ($\langle N_{gal}|M_h \rangle$) puede escribirse como la suma del número medio de galaxias centrales ($\langle N_{cen}|M_h \rangle$) y satélites ($\langle N_{sat}|M_h \rangle$) para esa masa:

$$\langle N_{gal}|M_h \rangle = \langle N_{cen}|M_h \rangle + \langle N_{sat}|M_h \rangle \quad (1)$$

donde $\langle N_{cen}|M_h \rangle$ es una función del tipo error de Gauss y $\langle N_{sat}|M_h \rangle$ una ley de potencias. De tal manera que la función de DOH queda representada por los parámetros de estas dos funciones.

Yang et al.(2008) [2] se basaron en esta parametrización tomando:

$$\langle N_{sat}|M_h \rangle = \left(\frac{M_h}{M_0} \right)^\alpha \quad (2)$$

donde M_0 es la masa característica a partir de la cual hay una media de, al menos, una galaxia satélite y α es el índice de la ley de potencia. Identificaron grupos en el SDSS DR4, determinaron las masas de los halos en los que residen y tabularon los parámetros M_0 y α obtenidos para el número medio de galaxias satélites, hasta diferentes magnitudes absolutas límites (M_{lim}).

Sin embargo, la principal limitación de los resultados de Yang et al.(2008) [2] es que los grupos deben ser completos en el rango de magnitud absoluta, y esto restringe, tanto la magnitud absoluta límite, como el número de grupos de cada muestra.

2. Método de descuento de galaxias de fondo

En este trabajo proponemos e implementamos un nuevo método para determinar la DOH. Este método se basa en que la distribución de galaxias a gran escala es aproximadamente homogénea, mientras que los grupos son sobredensidades locales. Consiste en descontar galaxias que se encuentran delante o detrás del grupo (galaxias de fondo), pero que, por efectos de proyección, parecen pertenecer a éste. De esta manera, se pueden combinar grupos extraídos de un catálogo espectroscópico con galaxias de un catálogo fotométrico, lo cual permite ampliar el rango de magnitudes absolutas y hacer estadística con un mayor número de grupos.

Procedimiento:

Para el método propuesto se necesitan dos catálogos: uno de galaxias, con posiciones y magnitudes aparentes, y otro de grupos, con masas, redshifts y radios característicos.

Inicialmente, definimos n_d como el número de galaxias que tienen una magnitud absoluta $M \leq M_{lim}$ dentro de un círculo centrado en cada grupo con un radio determinado por el radio característico proyectado en el cielo (ver panel 2 de la figura 1). M_{lim} establece el límite superior del rango de magnitud absoluta en la que será estimada la DOH. Dado que sólo disponemos de información fotométrica, la magnitud absoluta M se calcula asumiendo el redshift del grupo z_{gr} para todas las galaxias:

$$M = m - 25 - 5 \log(d_L(z_{gr})) \quad (3)$$

donde $d_L(z_{gr})$ es la distancia en luminosidad a z_{gr} .

Como n_i no puede distinguir entre las galaxias del grupo y las de fondo, necesitamos conocer de alguna forma el número local de galaxias de fondo con el objetivo de descontárselas, entonces es necesario un método estadístico. Escogimos, en particular, estimar esta contribución contando galaxias que cumplen con nuestro criterio de selección ($M \leq M_{lim}$) en un anillo alrededor de cada grupo de galaxias, n_f (Ver panel 3 de la figura 1). El número resultante de galaxias N puede ser estimado sustrayendo la densidad local de fondo multiplicada por el área proyectada para cada grupo (Ver panel 3 de la figura 1):

$$N = n_d - \frac{n_f}{A_f} A_d \quad (4)$$

donde A_d y A_f son las áreas proyectadas del círculo centrado en el grupo y el anillo correspondiente.

Usamos un modelo semianalítico para determinar una relación entre la masa y el radio característico. Para nuestros propósitos, definimos el radio característico como la distancia del centro de masa del grupo a la galaxia más distante. Para establecer dicha relación, propusimos la siguiente expresión:

$$r_c = C_1 M_h^{\frac{1}{3}} - C_2 \quad (5)$$

donde r_c es el radio característico y M_h la masa del halo. Los parámetros C_1 y C_2 los determinamos ajustando mediante cuadrados mínimos en el catálogo semianalítico, obteniendo $C_1 = 4.31e-5$ y $C_2 = -0.33$.

Finalmente, bineamos los grupos en intervalos de masa para obtener la DOH promediando N , $\langle N|M_h \rangle$.

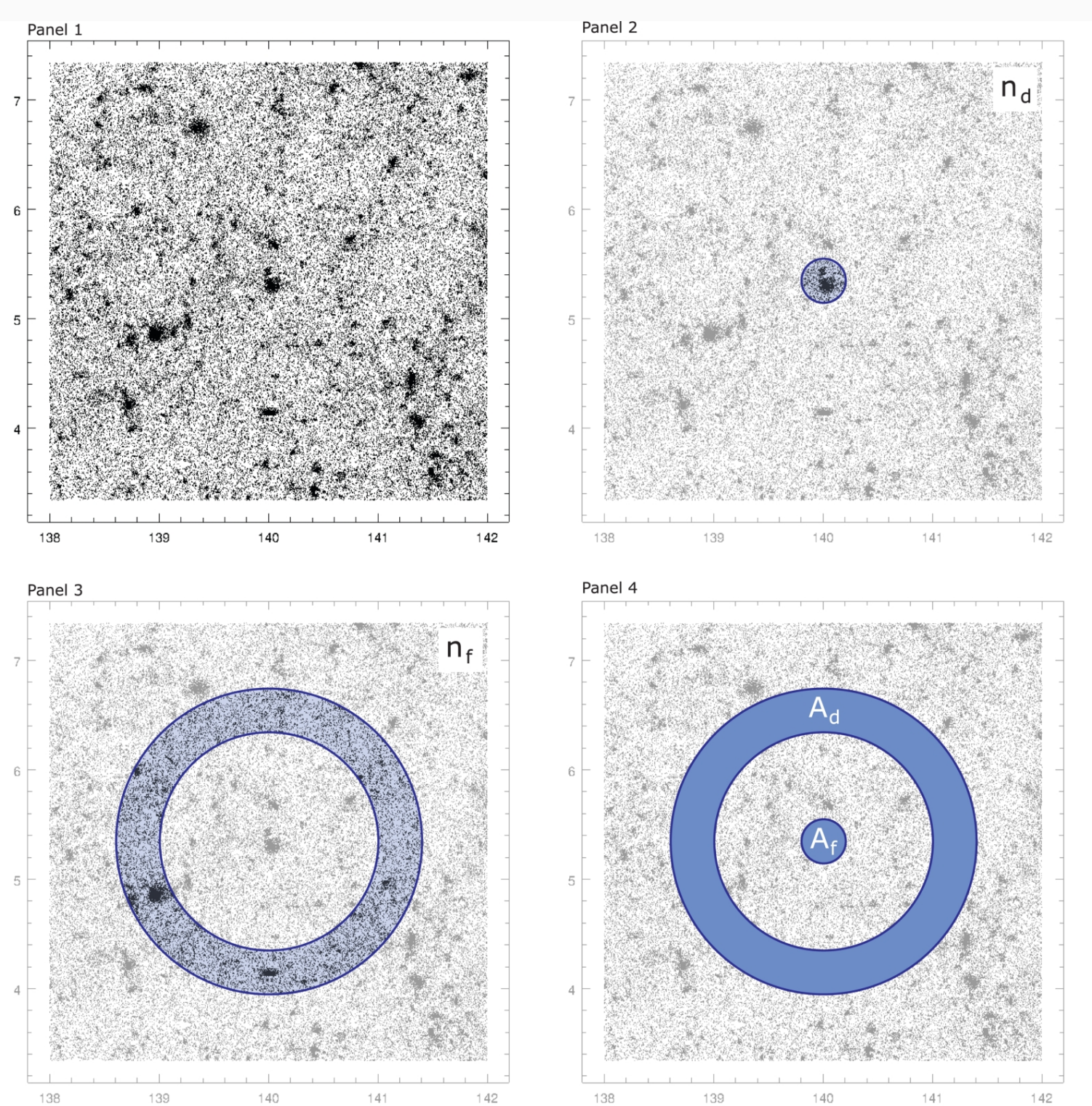


Figura 1: Método de descuentos de galaxias de fondo.

3. Evaluación del método

Para corroborar el correcto funcionamiento del método y su implementación, lo evaluamos mediante un catálogo sintético construido usando galaxias extraídas del modelo semianalítico de formación de galaxias aplicado a la simulación Millennium I desarrollado por Guo et al.[1]. Para cada límite de magnitud absoluta aplicamos nuestro método y comparamos con la HOD obtenida simplemente contando el número de galaxias en la correspondiente muestra limitada en volumen. En la figura 2 se presenta el resultado para diferentes magnitudes absolutas límites desde $M_{lim} = -16.5$ a $M_{lim} = -21.5$.

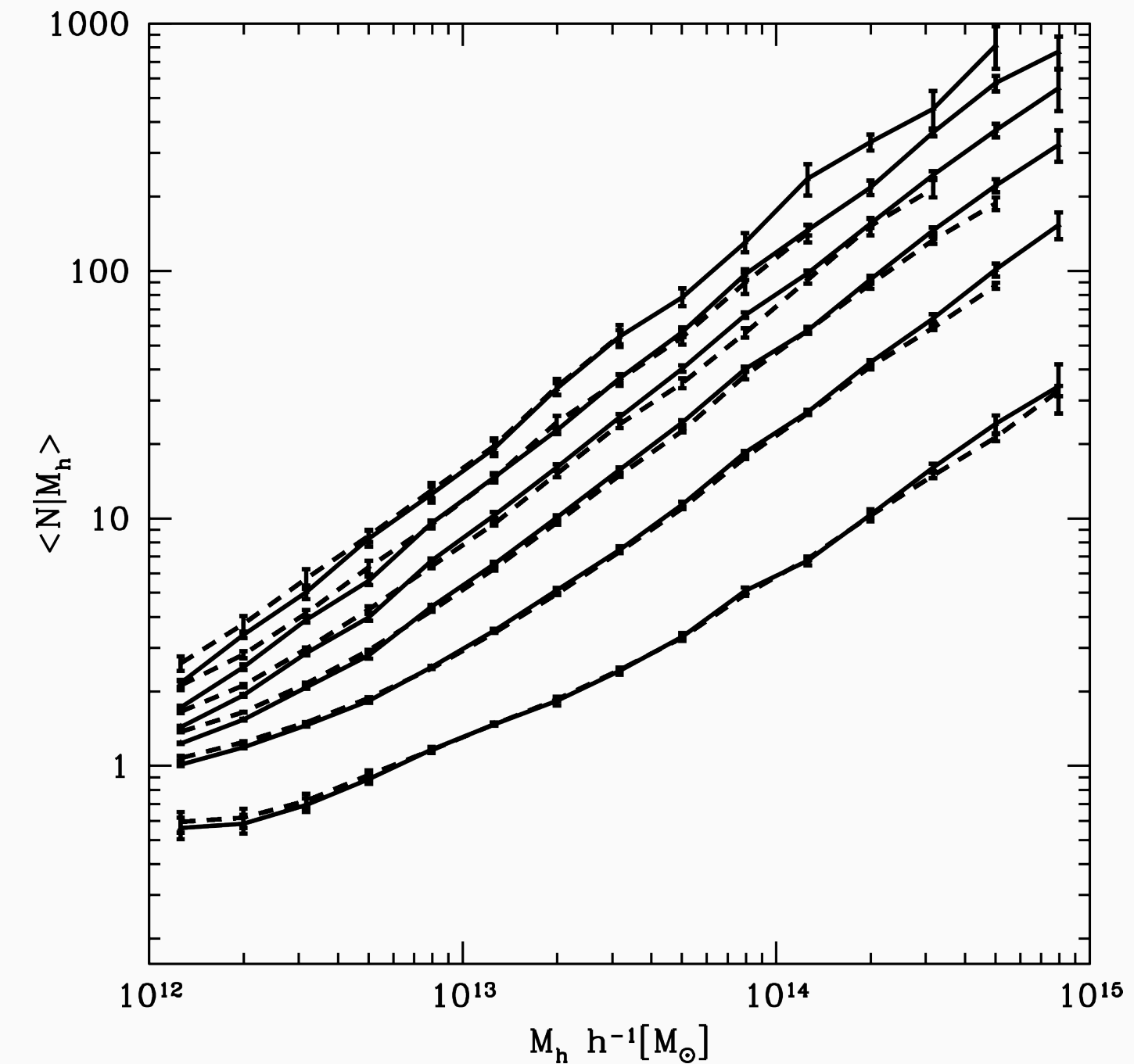


Figura 2: Comparación de la DOH medida directamente y mediante el método de descuentos. La medición directa se expresa en líneas de trazos y la obtenida con nuestro método en línea continua. De arriba hacia abajo se muestran los resultados para $M_{lim} = -16.5, -17.5, -18.5, -19.5, -20.5$ y -21.5 .

Como se puede observar, hay un excelente acuerdo entre los resultados obtenidos directamente como Yang et al.(2008) [2] y con nuestro método.

4. Aplicación del método al SDSS DR7

Se utilizó el catálogo de grupos del SDSS DR7 realizado por Yang et al.(2012)[3], en el cual se identificaron los grupos con el mismo método con el que se realizó el catálogo de grupos del SDSS DR4, utilizado para determinar la DOH en Yang et al.(2008) [2]. La DOH de las galaxias satélites obtenida mediante el descuento de galaxias de fondo se utilizó para obtener los parámetros M_0 y α , que fueron comparados con los resultados de Yang et al.(2008) [2]. En la tabla 1, se presenta esta comparación.

Es importante destacar que, con el método propuesto, se logró estimar los parámetros de la DOH para $M_{lim} = -16.0, -16.5, M_{lim} = -17.0$ y -17.5 , que no habían sido determinados anteriormente. Y, en los demás rangos de magnitud absoluta, los resultados se corresponden con los de Yang et al.(2008) [2].

M_{lim}	Yang et al.(2008) [2]		Método de descuentos	
	M_0	α	M_0	α
-16.0	-----	-----	11.9 ± 0.6	0.96 ± 0.03
-16.5	-----	-----	12.0 ± 0.4	0.99 ± 0.02
-17.0	-----	-----	12.1 ± 0.2	0.99 ± 0.01
-17.5	-----	-----	12.2 ± 0.5	1.00 ± 0.01
-18.0	12.48 ± 0.04	1.01 ± 0.06	12.3 ± 0.5	1.00 ± 0.03
-18.5	12.62 ± 0.02	1.05 ± 0.04	12.5 ± 0.6	1.00 ± 0.03
-19.0	12.77 ± 0.02	1.06 ± 0.03	12.7 ± 0.7	1.06 ± 0.04
-19.5	12.93 ± 0.01	1.07 ± 0.02	12.9 ± 0.5	1.04 ± 0.03
-20.0	13.15 ± 0.01	1.09 ± 0.02	13.1 ± 0.5	1.07 ± 0.04
-20.5	13.44 ± 0.01	1.10 ± 0.02	13.4 ± 0.5	1.08 ± 0.03
-21.0	13.82 ± 0.01	1.13 ± 0.02	13.8 ± 0.9	1.17 ± 0.05
-21.5	14.34 ± 0.01	1.33 ± 0.07	14.2 ± 0.8	1.33 ± 0.06

Tabla 1: Comparación entre los resultados obtenidos por Yang et al.(2008) [2] y el método de descuentos.

5. Discusión

En este trabajo, implementamos un nuevo método para estimar la DOH basado en el descuento de galaxias de fondo. Lo evaluó mediante el uso de catálogos sintéticos y logramos recuperar los mismos resultados que en las mediciones directas. Utilizando catálogos de grupos y de galaxias obtenidos a partir del SDSS DR7, determinamos la DOH en diferentes rangos de magnitud absoluta y los resultados fueron coincidentes con los publicados anteriormente para el mismo relevamiento. Además, pudimos estimar la DOH en rangos de magnitud absoluta que no habían sido determinados anteriormente.

Referencias

- [1] GUO, Q., WHITE, S., LI, C., AND BOYLAN-KOLCHIN, M. How do galaxies populate dark matter haloes? *MNRAS* 404 (may 2010), 1111–1120.
- [2] YANG, X., MO, H. J., AND VAN DEN BOSCH, F. C. Galaxy Groups in the SDSS DR4. II. Halo Occupation Statistics. *Apj* 676 (mar. 2008), 248–261.
- [3] YANG, X., MO, H. J., VAN DEN BOSCH, F. C., ZHANG, Y., AND HAN, J. Evolution of the Galaxy-Dark Matter Connection and the Assembly of Galaxies in Dark Matter Halos. *Apj* 752 (jun. 2012), 41.
- [4] ZHENG, Z., BERLIND, A. A., WEINBERG, D. H., BENSON, A. J., BAUGH, C. M., COLE, S., DAVÉ, R., FRENK, C. S., KATZ, N., AND LACEY, C. G. Theoretical Models of the Halo Occupation Distribution: Separating Central and Satellite Galaxies. *Apj* 633 (nov. 2005), 791–809.