

Título de la tesis: “Anisotropías Primarias y Secundarias del Fondo Cósmico de Microondas: Parámetros Cosmológicos y la Distribución de Bariones”

Autor: Ricardo Génova Santos

Fecha de lectura: 3 de noviembre de 2006

Institución: Instituto de Astrofísica de Canarias. Universidad de La Laguna

Esta tesis doctoral se encuadra en el estudio de las anisotropías primarias y secundarias del Fondo Cósmico de Microondas (FCM) en escalas angulares intermedias (entre 2° y $11'$), utilizando principalmente observaciones del interferómetro *Very Small Array* (VSA). Se estructura en cuatro capítulos de resultados claramente diferenciados, que se describen a continuación:

i) Observaciones con VSA de las anisotropías primarias del FCM

El estudio de las anisotropías primarias del FCM es en la actualidad una de las herramientas de mayor importancia desde el punto de vista de la caracterización del modelo cosmológico del Universo. Se observó con VSA una región total de 82 grad^2 de cielo, obteniéndose el espectro de potencias en un rango de escalas multipolares $\ell \sim 300 - 1500$ [1,5]. Estos resultados supusieron una de las medidas más precisas del espectro de potencias en altos multipolos en ese momento, y permitieron la primera detección del tercer pico acústico, además de confirmar las posiciones y amplitudes del primero y segundo. A partir de este espectro de potencias, en combinación con los datos de otros experimentos de FCM, se llevó a cabo un análisis de estimación de parámetros cosmológicos. Se procedió para ello de manera similar a [2,6], pero utilizando una parametrización diferente del modelo cosmológico, e introduciendo los datos de WMAP de tercer año.

En la actualidad estamos ampliando este estudio, mediante observaciones de regiones más pequeñas pero más profundas con una nueva configuración de VSA, que permitirá llegar hasta $\ell \sim 2400$ [19]. Con ello se estudiará el exceso de potencia en altos multipolos detectado por CBI.

ii) Observaciones con VSA del efecto SZ en cúmulos de galaxias

El estudio del efecto Sunyaev-Zel'dovich (SZ) en cúmulos de galaxias permite obtener información de sus propiedades físicas, así como extraer información cosmológica. Se realizaron observaciones del efecto SZ en siete cúmulos de galaxias, a partir de las cuales se obtuvieron estimaciones de sus fracciones de gas [8], así como de la densidad de materia universal y de la constante de Hubble. Los resultados están de acuerdo con otras medidas, dentro de sus barras de error.

Con la nueva configuración de VSA hemos concluido una campaña observacional similar, sobre una muestra de 20 cúmulos más lejanos, cuyos datos están siendo analizados [18].

iii) Observaciones con VSA del efecto SZ en supercúmulos de galaxias

En el Universo local, aproximadamente la mitad del contenido bariónico predicho a través de observaciones a mayor desplazamiento al rojo aún no ha sido detectada. De acuerdo con las simulaciones hidrodinámicas de formación de estructura, estos bariones podrían encontrarse en forma de estructuras de gran escala, de baja densidad y temperaturas intermedias, en torno a regiones de mayor concentración de materia, como los supercúmulos de galaxias. Un posible medio de detección de estas estructuras es el efecto SZ extendido que podría generarse en ellas. Con el incentivo de encontrar indicios de estas estructuras, realizamos observaciones sobre un área de 24 grad^2 en la dirección del supercúmulo Corona Borealis [10]. Estas observaciones revelaron la existencia de un intenso decremento sobre la temperatura promedio del FCM en una región cercana al centro del supercúmulo donde no hay cúmulos de galaxias conocidos, ni exceso significativo de emisión de rayos-X. Los análisis llevados a cabo descartaron un origen primordial para esta estructura con un nivel de confianza del 99.6%. La presencia de un cúmulo que produjera un efecto SZ de la extensión y profundidad del detectado también es poco probable. Por lo tanto, concluimos que este decremento debe tener un origen diferente, como podría ser un efecto SZ generado en una estructura de gas difuso con morfología filamentosa. La confirmación de la detección de una estructura de este tipo sería de gran importancia, puesto que explicaría dónde se encuentra gran parte de la materia bariónica en estas escalas, no detectada mediante otros métodos. Además, motivaría la búsqueda de otras estructuras del mismo tipo mediante instrumentos similares, como Planck.

Este estudio en el supercúmulo Corona Borealis fue continuado con observaciones a diferentes frecuencias de este intenso decremento con MITO [13,14], las cuales favorecen la hipótesis de un efecto SZ extendido, en combinación con una componente debida a anisotropías primarias. También la configuración extendida de VSA se ha utilizado para observar, en escalas angulares más pequeñas, la zona donde se localiza el decremento negativo. Estas observaciones han confirmado la existencia de este intenso decremento [17].

iv) Búsqueda de efecto SZ extendido en WMAP

Aplicando correlaciones entre catálogos de galaxias y los mapas de todo el cielo a distintas frecuencias derivados de las observaciones de primer año de WMAP, realizamos una búsqueda de indicios de señal de efecto SZ extendido originada en estructuras de gas difuso como las indicadas en el apartado anterior. Encontramos una señal significativa a un nivel de 4.6σ , con una dependencia espectral compatible con efecto SZ, pero principalmente asociada a cúmulos de galaxias [7].

Estudios similares utilizando los nuevos mapas de WMAP, resultado de combinar un mayor número de observaciones y por lo tanto más sensibles, o bien en el futuro los de Planck, posibilitarían la detección de estructuras de gas difuso, o bien establecer cotas superiores a la cantidad de materia bariónica que podrían contener.

- (19) *The cosmic microwave background power spectrum measured out to $\ell = 2400$ by the very small array, and cosmological parameter estimation.* R. Génova-Santos et al. En preparación
- (18) *Observations of the Sunyaev-Zel'dovich effect with the superextended VSA in intermediate-redshift galaxy clusters.* En preparación
- (17) *Observations of the extended Sunyaev-Zel'dovich effect in the Corona Borealis supercluster with the superextended VSA.* R. Génova-Santos et al. En preparación
- (16) *Kinematic Sunyaev-Zeldovich cosmic microwave background temperature anisotropies generated by gas in cosmic structures.* F. Atrio-Barandela, J.P. Mückel y R. Génova Santos. Aceptado para publicación en ApJL
- (15) *Constraints on spinning dust towards Galactic targets with the Very Small Array: a tentative detection of excess microwave emission towards 3C396.* A. Scaife et al. MNRAS 2007, 377, 69
- (14) *SZ effect from Corona Borealis supercluster.* E.S. Battistelli et al. NewAR 2007, 51, 374
- (13) *Millimeter Observation of the SZ Effect in the Corona Borealis Supercluster.* E.S. Battistelli et al. ApJ 2006, 645, 826
- (12) *Searching for non-Gaussianity in the Very Small Array data with the Smooth Goodness-of-fit tests.* J.A. Rubiño-Martín et al. MNRAS 2006, 369, 909
- (11) *Cosmic microwave background observations from the Cosmic Background Imager and Very Small Array: a comparison of coincident maps and parameter estimation methods.* N. Rajguru et al. MNRAS 2005, 363, 1125
- (10) *A Very Small Array search for the extended Sunyaev-Zel'dovich Effect in the Corona Borealis supercluster.* R. Génova-Santos et al. MNRAS 2005, 363, 79
- (9) *Source subtraction for the extended Very Small Array and 33-GHz source count estimates.* K.A. Cleary et al. MNRAS 2005, 360, 340
- (8) *Very Small Array observations of the Sunyaev-Zel'dovich effect in nearby galaxy clusters.* K. Lancaster, R. Génova-Santos et al. MNRAS 2005, 359, 16
- (7) *The Effect of Hot Gas in the First-Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) data.* C. Hernández-Monteagudo, R. Génova-Santos y F.Atrio-Barandela. ApJL 2004, 613, L89
- (6) *Cosmological parameter estimation using Very Small Array data out to $\ell=1500$.* R. Rebolo et al. MNRAS 2004, 353, 747
- (5) *High-sensitivity measurements of the cosmic microwave background power spectrum with the extended Very Small Array.* C. Dickinson et al. MNRAS 2004, 353, 732
- (4) *Estimating the bispectrum of the Very Small Array data.* S. Smith et al. MNRAS 2004, 352, 887
- (3) *Searching for non-Gaussianity in the Very Small Array data.* R. Savage et al. MNRAS 2004, 349, 973

- (2) *Cosmological parameter estimation and Bayesian model comparison using Very Small Array data.* A. Slosar et al. MNRAS 2003, 341, 29
- (1) *The cosmic microwave background power spectrum out to $\ell=1400$ measured by the Very Small Array.* K. Grainge et al. MNRAS 2003, 341, 23