

Cartografiado del cielo del hemisferio norte con QUIJOTE-MFI a 10–20 GHz: construcción y estudio de los mapas, y caracterización de la emisión de microondas del Haze

Autora: Federica Guidi

Tesis doctoral dirigida por: José Alberto Rubiño-Martín y Ricardo Génova-Santos

Centro: Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) y Universidad de La Laguna (ULL)

Fecha de lectura: 10 de septiembre 2021

Las ondas gravitacionales primordiales generadas durante la inflación deberían observarse como una huella característica en la polarización en grandes escalas angulares del Fondo de Microondas Cósmico (CMB). Esta huella se conoce como modos B del CMB y aún no ha sido observada. Con el fin de poder obtener una detección limpia de los modos B primigenios, es extremadamente importante caracterizar la emisión Galáctica polarizada de polvo y sincrotrón, y controlar con alta precisión los efectos sistemáticos de la instrumentación de microondas. Esta tesis se desarrolla en este contexto, presentando un análisis de los datos del instrumento MFI del experimento QUIJOTE, que, entre los años 2012 y 2018, midió la intensidad y la polarización lineal del cielo de microondas desde el Observatorio del Teide, en el rango de frecuencias 10–20 GHz. El objetivo de QUIJOTE-MFI es caracterizar con alta precisión la emisión Galáctica de baja frecuencia, en particular la emisión anómala de microondas (AME) y el sincrotrón polarizado, para complementar el estudio de las anisotropías de polarización del CMB.

En esta tesis se ha desarrollado el código de elaboración de mapas PICASSO (Guidi et al., 2021), el cual se utiliza para construir los mapas de intensidad y de polarización lineal del experimento QUIJOTE. PICASSO permite una reconstrucción muy precisa de las grandes escalas angulares de la señal de cielo, siendo esto fundamental para estudios relacionados con los modos B. PICASSO ha sido validado con simulaciones realistas de datos de QUIJOTE-MFI, mostrando que la señal recuperada del cielo diverge menos de un 0,001% de la señal de entrada en multipolos en el rango $20 < l < 200$. El estudio de la función de transferencia del código ha demostrado que el 100% de la señal del cielo se recupera en escalas $l > 10$, con solo un 2% de pérdida de potencia en $2 < l < 8$ para los modos E y B de la señal polarizada.

Este código ha sido aplicado para construir los mapas en intensidad y en polarización de todo el hemisferio norte Galáctico (*wide-survey*), en cuatro frecuencias en el rango 10–20 GHz y utilizando datos obtenidos durante un tiempo efectivo de observación de un año. Esta tesis presenta una caracterización detallada de estos mapas, basada principalmente en el cálculo de sus espectros de potencias. Los espectros de potencias de estos mapas en polarización (que están claramente dominados por emisión sincrotrón) fueron modelados utilizando una ley de potencias $C_l \propto l^\alpha$, con $\alpha = -3.000.16$ para el modo E y $\alpha = -3.090.41$ para el B. Asimismo, se ha medido el cociente entre la amplitud de la potencia de los modos E y B en $l=80$, obteniendo $ABB/AEE=0.340.10$. Este valor es menor que el cociente para la emisión de polvo térmico derivado de los datos de Planck ($ABB/AEE=0.5$; Planck Collaboration et al., 2018c). También se han medido los espectros TB y EB de los mapas, siendo estos compatibles con cero dentro de las incertidumbres, y se ha detectado marginalmente el espectro TE en multipolos bajos. Además, se han presentado los resultados de diferentes pruebas de validación de los datos. Estos resultados se publicarán en Rubiño-Martín et al. (en preparación), que irá acompañado por un conjunto de artículos centrados en la explotación científica de los datos del *wide-survey* de QUIJOTE-MFI. Los mapas se harán públicos una vez aceptadas las publicaciones asociadas.

Por último se analizaron nuevos datos de QUIJOTE-MFI en el Haze, una región que se extiende alrededor del centro Galáctico hasta altas latitudes ($b < 35^\circ$) y que presenta una fuerte emisión en microondas, con contrapartidas en otras longitudes de onda: las burbujas de Fermi en rayos gamma y las regiones elongadas observadas en datos de polarización en radio (a 2,3 GHz). El Haze es una emisión difusa de origen incierto que podría estar asociada con el decaimiento de partículas de materia oscura o con actividad nuclear del centro Galáctico. Utilizando datos de QUIJOTE-MFI, detectamos, con un nivel de confianza de 9, un exceso de señal difusa en intensidad, el cual podría atribuirse a la emisión del Haze, y cuyo espectro presenta una ley de potencias correspondiente a un sincrotrón con índice espectral $H = -2.790.08$ en el rango de frecuencias 11–60 GHz. Este índice corresponde a un espectro con una pendiente ligeramente mayor que la encontrada en resultados anteriores, por ejemplo en Planck Collaboration et al., (2013) donde se obtuvo $H = 2.560.05$. Sin embargo, y de acuerdo con trabajos anteriores, observamos que el espectro del Haze es más plano que el del sincrotrón total en la misma área y rango de frecuencias, el cual presenta un índice espectral $s = -3.000.03$. Además, se observó una diferencia entre el índice espectral de intensidad de las burbujas Norte y Sur del Haze, con un nivel de confianza de 6. Finalmente, se realizó un estudio específico de las estructuras y filamentos polarizados posiblemente asociados con el Haze, que determinó un cambio en el índice espectral hacia valores con una pendiente mayor en bajas frecuencias, en consonancia con lo observado por Carretti et al., (2013). Estos resultados se publicarán en Guidi et al. (en preparación).

Tesis disponible en: <https://www.educacion.gob.es/teseo/mostratRef.do?ref=2040939>

