

OBSERVACION DE LA GALAXIA CON EL RADIO TELESCOPIO GEM ¹

Andres Umaña^a y Sergio Torres^{a,b}

^a*Universidad de los Andes, y*

^b*Centro Internacional de Física, Bogotá, Colombia*

Resumen. La elaboración de mapas de la galaxia a longitudes de onda larga es necesaria para estudiar la materia en el disco galáctico, la dinámica de la galaxia, y el campo magnético en el medio interestelar. La existencia de modelos precisos de la emisión galáctica es también necesaria para sustraer la contaminación galáctica en mapas de radiación cósmica de fondo. Se describe la instrumentación y la estrategia para la medición de la radiación difusa de la galaxia usando el radio telescopio GEM.

INTRODUCCION

El proyecto GEM (Galactic Emission Maps) consiste en la elaboración de mapas de la radiación difusa emitida por la galaxia a longitudes de onda larga (408 - 5000 MHz). Además de la utilidad de los mapas para estudios relacionados con la física de la galaxia,

¹*De la Astronomía a la Cosmología: estudios y resultados recientes*, Primera Escuela Nacional de Astrofísica, Ed. S. Torres, Bogotá, Nov 28 -1 Dic. 1994

estos datos permitirán extraer la componente galáctica de los mapas de radiación cósmica de fondo (RCF) obtenidos por experimentos como COBE-DMR. La componente galáctica es la mayor fuente de contaminación en los mapas del COBE y por lo tanto la disponibilidad de un modelo galáctico preciso permitirá aplicar las correcciones adecuadas a esos datos. Por ser la RCF la señal más remota del universo, una mejora de los datos de RCF existentes tendrá importantes consecuencias en cosmología. El experimento DMR (Smoot et al. 1992) produce mapas totales de la temperatura del firmamento a frecuencias de 31.5, 53 y 90 GHz (9.52, 5.66 y 3.33 mm de longitud de onda), y en ellos aparecen superpuestas diferentes componentes provenientes de muy diversas fuentes como la temperatura del sistema, la componente dipolar de la RCF inducida por el movimiento relativo del observador con respecto a la RCF, los objetos del sistema solar, la galaxia, etc.

El proyecto es iniciativa de una colaboración internacional formada por el laboratorio Lawrence Berkeley (Estados Unidos), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Brasil), Centro Internacional de Física (Colombia) y Consiglio Nazionale di Ricerca (Italia) (De Amici et al. 1994).

LA SEÑAL GALÁCTICA

La emisión difusa de radio de la galaxia es una fuente de contaminación para los datos de RCF que es necesario eliminar antes de poder hacer el análisis de las consecuencias cosmológicas de la RCF. A falta de un modelo preciso de la galaxia a las frecuencias de interés, se hace un corte galáctico ($|b| < 20^\circ$) que elimina gran parte de la galaxia. Sin embargo se sabe que la galaxia aún tiene una contribución importante a latitudes altas, lo cual presenta un efecto sistemático no despreciable para la determinación del momento cuadripolar cosmológico.

Las contribuciones más importantes de emisión galáctica a las frecuencias de interés para experimentos de RCF son la componente

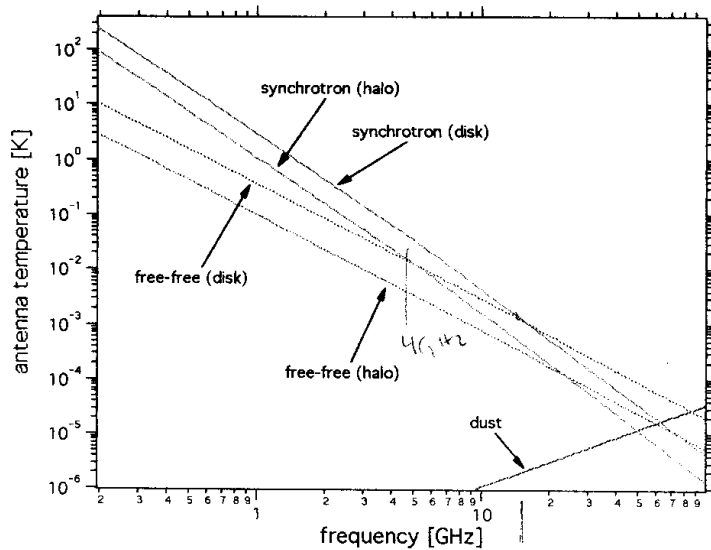


Figure 1: Temperatura de antena para las componentes de emisión galáctica a longitudes de onda larga

de sincrotrón, causada por electrones relativistas acelerados por el campo magnético galáctico, la emisión producida por hidrógeno ionizado en el espacio interestelar ('free-free'), y la emisión de tipo térmico debido a nubes de polvo interestelar. El brillo observado de estas tres componentes presenta un espectro que sigue una ley de potencias y por lo tanto se puede escribir como $T(\nu) \propto \nu^\alpha$. Los índices espectrales para la radiación sincrotrón, la emisión 'free-free' y la emisión térmica son respectivamente: $\alpha = -2.75$, -2.1 y 1.5 .

Hasta el presente existe sólo un mapa con cobertura celeste completa a 408 MHz (Haslam et al. 1982). También existen mediciones parciales a frecuencias menores que 5 GHz. Una hecha por Reich et al (1986) a 1420 MHz que incluye únicamente el hemisferio norte celeste a partir de -19° en declinación. Existen otros mapas con coberturas similares a 38, 178 y 820 MHz. La utilidad de estos datos para mejorar los modelos de emisión galáctica es gravemente

limitada no solo por la cobertura parcial sino también por errores sistemáticos en la calibración, no homogeneidad de la cobertura, y diferencias en las características geométricas y eléctricas de las antenas y receptores. Todos estos factores justifican la necesidad de un nuevo programa de observación de la galaxia que corrija los problemas mencionados.

EL RADIO TELESCOPIO GEM

La motivación principal para emprender el proyecto GEM fue la de mejorar el conocimiento de la galaxia y más exactamente de los procesos físicos que dan origen a la radiación de longitud de onda larga. Para ello es necesario realizar mediciones a diferentes frecuencias. Ningún instrumento sobre la tierra puede observar todo el cielo desde un solo punto del planeta. Tampoco se pueden hacer mediciones en direcciones muy alejadas del cenit debido al aumento de la columna de aire que la señal tiene que atravesar para llegar desde el espacio hasta el radiotelescopio. Las observaciones se limitan a la región permitida por un ángulo de inclinación con respecto al cenit a 30° , limitando no solamente el espesor de la atmósfera sino también la contaminación debido a la tierra. Estas restricciones hacen necesaria la combinación de varios sitios para poder lograr un máximo cubrimiento de la esfera celeste. Es necesario tener en cuenta que se deben sobrelapar las zonas de cobertura de los diferentes sitios para poder hacer calibraciones y además que el instrumento debe ser el mismo o una replica en todos los sitios, para minimizar las correcciones a los datos.

El diseño del radio telescopio GEM se hizo bajo los siguientes criterios básicos: a) La resolución angular debe ser constante para todas las frecuencias. b) La calibración absoluta del nivel cero del mapa debe ser mejor que $(\nu/408) - 2.75$ K donde ν es la frecuencia observada en MHz. c) Cobertura total de la esfera celeste. d) Errores en el nivel de ganancia no mayores al 3% de la señal total.

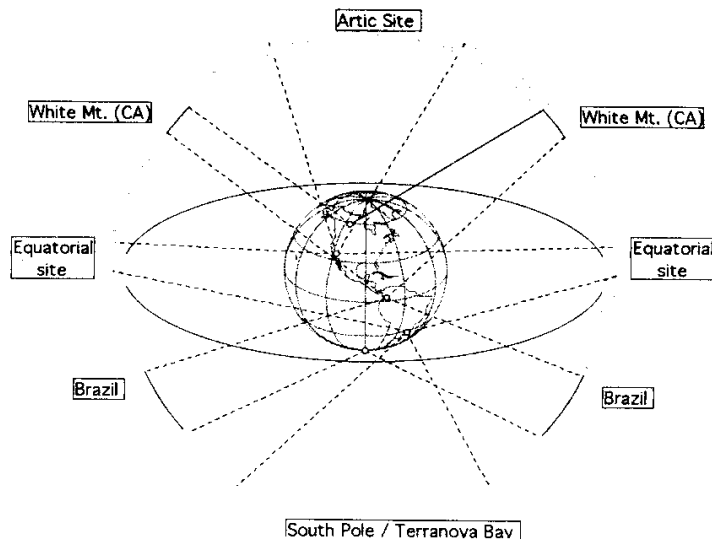


Figure 2: Coverage of the celestial sphere by GEM from the chosen sites

Figure 2: Cobertura de la esfera celeste por GEM desde los sitios escogidos

- e) Resolución angular de 5° o menor. f) Sensibilidad a la señal galáctica circularmente polarizada.

El sistema consiste en un reflector parabólico de aluminio de 5.5 metros de diámetro, montado sobre una base giratoria ‘alt-azimut’, El reflector está formado por dos partes principales, los pétalos internos y el halo exterior. Los pétalos forman la superficie reflectora principal y el halo actúa como un escudo que aísla, en parte, los lóbulos laterales de la emisión terrestre. La superficie reflectora está unida en su centro por un barril de aluminio montado sobre un pedestal. La unión entre el pedestal y el barril es una articulación de tipo bisagra que permite el cambio del ángulo con respecto al cenit. El pedestal se une al piso mediante un plato giratorio. El ajuste del ángulo de elevación se hace por medio de una brazo de extensión mecánico que permite inclinar el reflector hasta un ángulo de 45° con respecto al cenit. El brazo es accionado por un motor ‘steper’

que se puede programar al tiempo con el motor que hace girar el pedestal para seguir una trayectoria o un patrón en el cielo.

En el foco del reflector se encuentra la antena alimentadora. Se eligió una antena helicoidal de tipo “backfire”, que tiene como ventajas el ser circularmente polarizada, de fácil fabricación y tener un lóbulo principal casi gaussiano. sus mayores desventajas son los grandes lóbulos traseros y un ancho de haz principal no muy bien definido a frecuencias altas. La polarización circular es muy deseable porque no es necesario tener en cuenta cambios de dirección de polarización al modificar la posición del instrumento.

En esta como en cualquier antena la geometría dicta la frecuencia a la que se va a recibir. En este caso los parámetros geométricos son el diámetro de la hélice, la circunferencia, el espaciamiento entre vueltas, la longitud de la vuelta y el ángulo de paso. Por esta razón es necesario cambiar la antena cuando se cambie de frecuencia de detección. La antena está conectada al receptor por un cable coaxial de baja pérdida que sirve de guía a la señal.

En el receptor la señal es procesada y convertida en un voltaje proporcional a la intensidad de la señal de entrada. El sistema es similar para todas las frecuencias. Para proveer una señal constante de calibración se inyecta un pulso a la antena parabólica mediante una pequeña antena montada externamente. Antes de pasar a la primera etapa de amplificación, la señal se filtra de tal forma que solo pase a las siguientes etapas una señal dentro del ancho de banda del receptor. La señal se detecta y se convierte a análogo después de pasar por un segundo filtro que define el ancho de banda y una etapa de amplificación D.C.

El sistema de adquisición de datos consiste de un computador Macintosh que recibe por la interfase serial un ‘frame’ de datos cada 0.56 segundos. En cada ‘frame’ se almacena la temperatura de antena, los voltajes de los sensores de azimut y elevación, el voltaje de los pulsos de calibración y los sensores y reguladores de temperatura.

PLANES FUTUROS

En 1993 se acabó de ensamblar el radiotelescopio y en Noviembre se hicieron las primeras pruebas en Owens Valley, California. A comienzos de 1994 se hicieron las primeras mediciones sobre el hemisferio norte y en lo que va corrido del año se han tomado gran cantidad de datos, las últimas corridas se hicieron en octubre de este año antes de empacar todo el sistema y prepararlo para el viaje a Sur América. Dentro del itinerario que se ha planeado para el proyecto, se espera que en 1995 el radio telescopio sea instalado en Colombia. Para esto se ha trabajado en la escogencia de un sitio idóneo con las condiciones climatológicas, de radio-interferencia, y logísticas necesarias. Con la colaboración del ITEC (TELECOM) se han hecho mediciones de radio-interferencia en la zona de Villa de Leyva, con buenos resultados (Hoeneissen et al. 1992; Torres et al. 1993).

Agradecimientos. La realización del proyecto GEM en Colombia ha sido posible gracias al apoyo de COLCIENCIAS (proyecto No. 2228-05-007-92).

REFERENCIAS

- De Amici, G., et al. 1994, *Astrophys. Space Science*, 214, 151
Haslam, C.G.T, Salter C.J, Stoffel H., and Wilson W. E. *Astr. Astroph. Suppl. Ser.*, 47,1 1982.
Hoeneissen, B., Torres S., Violini G. 1992, *Nuclear Physics. B.* (proc suppl.) 28B, 191
Reich, P. et al. 1986, *Astron. Astrophys. Suppl.*, 63, 205
Smoot, G. F., et al. 1992, *ApJ*, 396, L1
Torres, et al. 1993, *Revista Col. de Física*, 25, 23