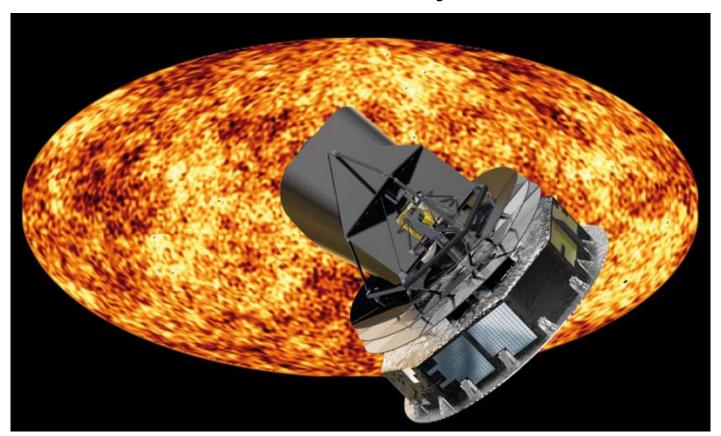
# **OBSERVATORIOS ESPACIALES HERSCHEL Y PLANK**

# Radiación infrarroja y Fondo Cósmico de Microondas (CMB)

Francisco Enrique Sánchez-Lafuente Pérez, Ingeniero Técnico de Telecomunicación



## RADIACIÓN INFRARROJA

a radiación infrarroja o radiación IR es un tipo de radiación electromagnética y térmica, de mayor longitud de onda que la luz visible, pero menor que la de Microondas . Longitud de onda comprendida entre 700 nm y 1 mm. aproximadamente.

Este rango se subdivide a su vez en 3 ó 4 intervalos: **Infrarrojo cercano** de 1 a 5 μm, **Infrarrojo medio** de 5 a 25-40 μm, **Infrarrojo lejano** de 25-40 a 200-350 μm y **Submilimétrico** de 200-350 μm a 1 mm (que algunos incluyen en el rango de las Microondas)

La radiación infrarroja es emitida por cualquier cuerpo cuya temperatura sea mayor que 0 Kelvin, es decir, -273,15 grados Celsius (cero absoluto) ( $^{\circ}$ C = K -273,15).

Fue descubierta en 1800 por el astrónomo alemán-británico William Herschel que descubrió también el planeta Urano y muchos más objetos celestes. Hizo pasar un haz de luz por un prisma de cristal y comprobó seguidamente su espectro. Midió con sensores adecuados la temperatura de cada color en relación con una muestra externa y en la escala del violeta al rojo. Comprobó que cada uno de ellos tenía una temperatura más elevada que el anterior obteniendo el máximo



«La radiación infrarroja fue descubierta en 1800 por el astrónomo William Herschel, que descubrió también el planeta Urano»



por debajo del rojo donde ya no existía ninguna luz visible.

El CO2, el vapor de agua y las pequeñas gotas de agua que forman las nubes absorben con mucha intensidad las radiaciones infrarrojas, razones por las que se precisa se sitúan fuera de la atmosfera los observatorios espaciales entre ellos el Herschel que nos ocupa.

Los IR se producen en cuerpos calientes y se deben a cambios en los estados de energía de electrones orbitales en los átomos o en los estados vibracionales y rotacionales de los enlaces moleculares.

Los infrarrojos son importantes en Astronomia y Astrofisica por las siguientes razones entre otras:

Las estrellas se forman dentro de una inmensa región de polvo y gas, que no permite ver su interior mediante telescopios ópticos, la luz lo que hace que no nos alcance su luminosidad pero que sin embargo resulta transparente al cercano infrarrojo al ser reenviada por el polvo que la había absorbido. Su radiación infrarroja constituye pues la mayor parte de su luminosidad. Igualmente ocurre en núcleos galácticos activos y en muchas galaxias enteras donde como se ha dicho esa radiación que se recibe es lo que constituye la mayor parte de su luminosidad.

Señalar que en el Universo las galaxias se están alejando continuamente de la nuestra y a su vez entre ellas sucediendo que por efecto Doppler (desplazamiento Doppler), y en su alejamiento la longitud de onda de la luz (fotones), aumenta aproximándose las longitudes de onda desde el espectro visible al infrarrojo siendo este corrimiento proporcional a la distancia al objeto lo que se denomina corrimiento al rojo. De esta forma los objetos con un gran corrimiento al rojo se observan en épocas pasadas del Universo temprano. Esta desviación puede medirse utilizando espectrómetros, aunque si el objeto emisor se moviera a fracciones significativas podrían ser apreciables de forma directa las variaciones de esa longitud de onda.

Aporta información de galaxias jóvenes de las que la recepción de esta radiación se corresponde en estas galaxias con un corrimiento del visible o ultravioleta al infrarrojo, pues una gran parte de la radiación óptica y ultravioleta emitida por las estrellas, las galaxias y los quásares desde el principio de los tiempos, ahora se encuentran en el infrarrojo.

## Efecto Dopler

Descubierto por el austriaco Christian Andreas Doppler. Salzburgo, 29 de noviembre de 1803 - Venecia, 17 de marzo de 1853. Matemático y físico austríaco.

Se define como el aparente cambio de frecuencia de una onda producida por el movimiento relativo de la fuente respecto a su observador. Se trata pues del efecto que produce la variación de la frecuencia de una onda a causa del movimiento relativo entre fuente y observador.

Doppler propuso este efecto en 1842 en su tratado Über das farbige Licht der Doppelsterne und einige andere Gestirne des Himmels (Sobre el color de la luz en estrellas binarias y otros astros).

# FONDO CÓSMICO DE MICROONDAS (CMB)

En Cosmología, la radiación de fondo de microondas (Cosmic Microwave Background o CMB) es una forma de radiación electromagnética descubierta en 1965 que llena el Universo por completo. También se denomina Radiación Cósmica de Microondas o Radiación del Fondo Cósmico. Su frecuencia pertenece al rango de las microondas con una frecuencia de 160,2 GHz, correspondiéndose con una longitud de onda de 1,9 mm.

En 1965, Penzias y Wilson observaron una señal radioelelectrica de fondo que se extendía por todo el firmamento. Se trataba de la radiación Cósmica de microondas, cuya predicción teórica fue realizada por el físico ruso George Gamow y dos colegas suyos Robert C. Herman y Ralph A. Alpher en 1946.

El universo se ha visto hasta Plank que es isótropo y homogéneo. Al inicio un fenómeno (proceso), llamado inflación (inflation) en una fracción muy pequeña de tiempo causó una expansión exponencial del espacio. Es por eso que puntos similares en temperatura y densidad que inicialmente estaban muy próximos se fueron alejando dando lugar en otras regiones del espacio a galaxias de aspecto muy similar.

Inicialmente se había formado un plasma de partículas fundamentales muy caliente, denso y en rápida expansión lo que hizo se fuera enfriando progresivamente generando las condiciones precisas para formar una sopa con todos los componentes de la materia quartz y electrones. Unos 300.000 años más tarde se formaron los primeros átomos de Hidrogeno y Helio, inicialmente ionizados. Los electrones libres dispersaban constantemente fotones haciéndoles circular en "zig-zag" quedando atrapados en la materia, en el Plasma.

Fue cuando dentro de ese proceso siguió bajando la temperatura y en ese estado los electrones capturaron electrones libres pudiendo estos además enlazarse entre si. Es entonces cuando el Universo se hizo transparente pudiendo los fotones liberados propagarse libremente, no interaccionaban con los electrones porque ya no estaban y podían propagarse en todas las direcciones. Desde entonces esta luz generada en un plasma a 3000K que incluso podría verse se ha desplazado hasta la banda de las microondas por el corrimiento al rojo cosmológico. Es por eso por lo que se hizo preciso utilizar un radiotelescopio para detectar esta radiación que puede verse a una temperatura de 270 °C bajo cero y que contiene información de aquellas épocas tempranas del universo. Esa radiación la conocemos como Radiación Cósmica de Microondas.

Cuanto más lejos observamos en el universo, más nos alejamos en el pasado y consecuentemente nos acercamos a la observación de galaxias cada vez más jóvenes.

El Universo es muy grande. Lo más lejano que puedo observar es la Radiación de Fondo. Se generó en el Universo hace unos 14.000 millones de años aproximadamente. Desde entonces el espacio se ha expandido y esa radiación de fondo proviene de una zona del Universo que ahora está mucho más lejos, a unos 46.000 millones de años luz de distancia.

Herschel y Plank son dos satélites lanzados conjuntamente sobre un cohete Ariane 5 el 14/Mayo/2009 para entrar en órbita en el segundo punto de Lagrange (L2) del sistema Sol-Tierra, situado a unos 1,5 millones de kilómetros de la Tierra.

Una vez en órbita, Herschel utilizó unos pequeños motores cohete, conocidos como thrusters, impulsados por hidracina líquida para realizar las maniobras que se precisen.

El segundo se lanzó para estudiar las anisotropías del Fondo Cósmico de Microondas (CMB), esto es, sus pequeñas diferencias de temperatura que habían sido puestas de manifiesto anteriormente

«La radiación de fondo de microondas, también conocida como radiación cósmica de microondas. fue descubierta en 1965»

«El observatorio Herschel mide aproximadamente cuatro metros de diámetro, lo máximo que permite el cohete Ariane 5 que lo lanzó al espacio»

(detectadas) por el satélite de la NASA COBE (Cosmic Background Explorer) y sucesivamente por el WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe).

#### HERSCHEL

Herschel mide aproximadamente 4 m de diámetro, lo máximo que permite el lanzador Ariane 5, y 7.5 m de longitud. Su peso es de 3 170 kg, incluyendo los 2.160 litros (346 kg) de helio líquido superfluido destinado a la refrigeración de los instrumentos. Su vida útil se estimó en 3,5 años y viene determinada por la duración del elemento refrigerador.

Herschel equipa el telescopio de infrarrojo más potente jamás lanzado al espacio cubriendo completamente el infrarrojo lejano y longitudes de onda submilimétricas, importante en la observación de cuerpos muy fríos de solo unos grados por encima del cero absoluto necesario para el estudio de las propiedades del polvo y los gases fríos.

Para protegerlo del calentamiento producido por el sol equipa una gran pantalla protectora que ayuda a que la temperatura sea lo más baja posible especialmente en el telescopio y criostato.

Con objeto de ahorrar combustible, cada instrumento se enfría por separado y según necesidades.

El telescopio está construido con un material ligero, carburo de silicio (SiC) recubierto de aluminio reflectante y una fina capa protectora de óxido de silicio.

El SiC es un material de propiedades térmicas y mecánicas que permiten fabricar instrumentos ultraligeros y consecuentemente poder alcanzar grandes dimensiones con un peso muy inferior al de otros materiales.

#### **OBJETIVOS**

Es un observatorio especialmente diseñado para el estudio del universo frío, cubriendo toda la banda que va desde el infrarrojo al submilimétrico, posibilitando el estudio de regiones frías de gas y polvo que antes no eran visibles. Permite pues captar la radiación infrarroja de objetos celestes, frecuencias que absorbe en gran parte la atmósfera terrestre y que, por tanto, resulta invisible a los telescopios situados en la superficie de la Tierra.

Sus objetivos son entre otros:

Estudiar la formación de galaxias en el universo primitivo (protogalaxias) y su evolución especialmente en los núcleos de las mismas.

Proporcionar nuevos conocimientos sobre el origen y evolución de estrellas y galaxias sus sistemas planetarios y su interacción con el medio interestelar.

Estudiar los astros más fríos del sis-

Observar la composición química de la atmósfera y la superficie de cometas, planetas y satélites.

Examinar la química molecular del universo, en nuestra galaxia y en otras.

Herschel no se limita a la vía Láctea, sino que ha captado la radiación infrarroja emitida por miles de galaxias en una región del Universo de varios miles de millones de años-luz. Los datos aportados por el telescopio europeo indican que las galaxias han evolucionado mucho más rápido de lo que se creía.

## **CARACTERISTICAS** TÉCNICAS

Como se sabe la banda de frecuencias de la radiación infrarroja está comprendida entre la luz visible y las microondas y es emitida por cualquier cuerpo cuya temperatura sea mayor que 0 Kelvin (-273,15 C).

El telescopio que equipa es del tipo Cassegrain. Este tipo de telescopios se adapta bien a los espacios reducidos.

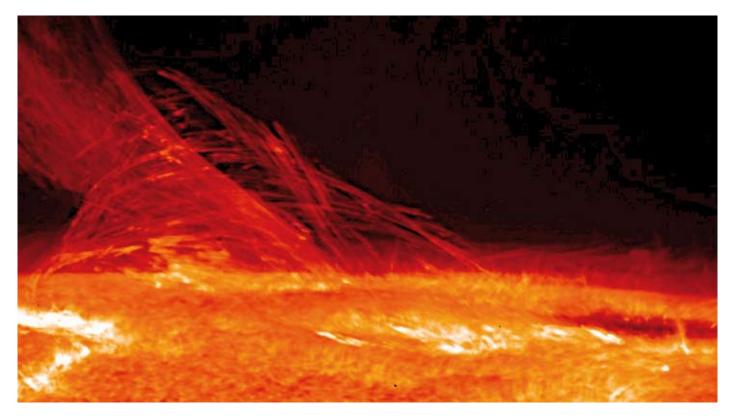
Incorpora igualmente los instrumentos siguientes:

Photodetector Array Camera and Spectrometer (PACS)

En realidad este instrumento está a su vez compuesto por otros dos que son independientes entre si: cámara y espectrómetro de campo integral. Ambos son de resolución media y cubren las longitudes de onda más cortas.

Se aplican en el estudio de la historia de la formación estelar y la actividad nuclear en las galaxias, el estudio de envolturas circunestelares y su influencia en la química interestelar, y el nacimiento de las estrellas.

Las dos cámaras bolométricas de 32 x 16 y 64 x 32 píxeles operan en tres bandas anchas (llamadas también "colo-



res"), de 65–85, 85–130 y 130–210 μm, pudiendo esta última observarse simultáneamente con una de las otras dos. La cámara cubre en el cielo un campo de  $1.75 \times 3.5$  minutos de arco.

PACS también puede usarse como cámara espectrométrica de resolución media, midiéndose 16 valores espectrales contiguos en cada una de las 5 x 5 posiciones del cielo que observa simultáneamente. La resolución espectral ve desde unos 75 a unos 300 km/s con una cobertura de unos 1500 km/s.

Ambos funcionan en la banda de 55 a 210 µm. Solo se puede usar uno de los dos instrumentos al mismo tiempo.

También dispone de dos sensores, bolómetros en este caso, que permiten observar en dos bandas simultáneamente.

## Spectral and Photometric Imaging REceiver (SPIRE)

Los objetivos principales de este instrumento son la investigación de la formación de galaxias, en el universo temprano así como el estudio de las primeras etapas del nacimiento de las estrellas, cuando la protoestrella está aún sumergida en el medio interestelar donde se formó.

De constitución similar al anterior, dispone de cámara y espectrómetro realizando las mismas funciones pero en longitudes de onda mayores.

La cámara puede observar en tres frecuencias simultaneas, centradas en 250, 350 y 500 µm.

Las tres cubren un mismo campo de 4 x 8 minutos de arco (minuto sexagesimal) en el cielo, aunque con píxeles de distinto tamaño.

El sensor centrado en 500 µm dispone de 43 detectores, el centrado en 350 µm de 88 y el centrado en 250 µm de 139. El campo de visión es de 4 x 8 minutos de arco.

El espectrómetro puede observar en dos bandas, 194-324 μm y 316-672 μm con 37 y 19 detectores respectivamente. La resolución espectral se puede ajustar a valores entre 300 y 24000 km/s con una cobertura que puede ir de unos 2500 a 200.000 km/s dependiendo del sensor, la frecuencia y la configuración.

Es un elemento complementario tanto de HIFI como de PACS.

## (Heterodyne Instrument for the Far-Infrared) (HIFI)

HIFI es un espectrómetro de muy alta resolución que se puede obtener información acerca de la química la composición, la cinemática y el ambiente físico de las fuentes de infrarrojos. Permitirá medir miles de líneas espectrales de átomos,

«Herschel es el primer telescopio espacial capaz de detectar luz de infrarrojo lejano y ondas que emiten los objetos más fríos del cosmos»



moléculas e iones del medio interestelar y de envolturas de estrellas.

Consta de un espectrómetro de muy alta resolución que puede obtener información de las fuentes de infrarrojos en el rango de 157 a 625 μm (480 a 1910 GHz), mediante 14 receptores heterodinos que cubren siete bandas en dos polarizaciones independientes (cinco cubren de manera continua el margen de 480 a 1250 Ghz) y son mezcladores SIS (Superconductor Isolator Superconductor). Los dos restantes de 1410 a 1910 Ghz (157 a 213 µm) son mezcladores HEB (Hot Electron Bolometer).

Están enfriados a temperaturas de unos 270 grados centígrados bajo cero y pueden analizar la radiación infrarroja con una muy alta resolución espectral.

Se han realizado inventarios de moléculas en muy diversos entornos (regiones de formación estelar, nebulosas difusas, discos protoplanetarios, galaxias cercanas, etc), y permite analizar muchas transiciones de una de las moléculas más interesantes del universo, la del agua. Con ello se pretende avanzar en el conocimiento de la interacción cíclica entre las estrellas y la materia interestelar en las galaxias.

## RESULTADOS DE LA MISIÓN HERCHSEL

Herschel es el primer telescopio capaz de detectar luz de infrarrojo lejano y ondas

submilimétricas, el tipo de radiación que emiten los objetos muy polvorientos del cosmos y también los más fríos.

Entre otros, Herschel realizó entre muchos otros los siguientes descubrimientos:

La primera imagen de su misión de cuatro años de duración en septiembre de 2009, una vista de la M51, la "Galaxia Remolino", tomada por su cámara PACS.

Ha detectado por primera vez moléculas de oxígeno en el espacio, descubrimiento realizado mientras estudiaba la radiación del polvo frío en la Gran Nube de Magallanes, una pequeña galaxia próxima a la Vía Láctea.

Ha detectado moléculas de agua en el cometa Garrad cuando se encontraba a gran distancia del Sol.

En la Vía Láctea, pero ya fuera del Sistema Solar ha logrado observar una región donde se creaban estrellas. En concreto, ha visto unas 700 estrellas de nueva formación en unos filamentos de polvo y gas de la constelación del Águila.

En total ha identificado más de 160 especies moleculares en el espacio. Desde compuestos de carbono complejos a silicatos cristalinos.

Herschel ha cosechado resultados de gran relevancia en áreas tan dispares como el estudio de los objetos más lejanos del sistema solar, los procesos de formación de estrellas, la evolución de las galaxias o

la química del medio interestelar importantes para los objetivos de su misión o como complemento de otras.

La misión Gaia, que la Agencia Espacial Europea pondrá en órbita este otoño, será capaz de averiguar características físicas de decenas de miles de las estrellas ultrafrías de la Vía Láctea. Medirá la posición de las estrellas. Detectará muchos de los diferentes tipos de objetos que componen la Vía Láctea, como planetas alrededor de otras estrellas, asteroides de nuestro sistema solar o incluso otras galaxias o cuásares. Las posiciones que proporcionará serán más precisas que las facilitadas por cualquier otra misión espacial u observatorio en la Tierra.

El lanzamiento del JWST (James Webb Space Telescope), un telescopio que puede ser considerado en muchos aspectos como el sucesor del Hubble, está previsto hacia el año 2015. Incorpora un espejo de unos seis metros de diámetro y se situará a un millón y medio de kilómetros de la Tierra. Tendrá unas prestaciones extraordinarias en el infrarrojo próximo y medio.

#### **PLANK**

Este observatorio lleva el nombre del físico alemán Max Planck (1858 - 1947). Premio Nobel de física en 1918 por la creación de la Mecánica Cuántica.

Enunció la hipótesis de que la radiación electromagnética es absorbida y emitida por la materia en forma de "cuantos" de luz o **fotones** de energía mediante una constante estadística, que se denominó constante de Planck.

Consta de un módulo octogonal de 4,2 metros de altura y 4,2 metros de ancho. Va equipado con un espejo de 1,5 metros de diámetro cuya misión es la recogida de fotones que captada, será reenviada a los correspondientes detectores que equipa.

En el momento del lanzamiento tenia una masa de unos 1.950 kg. El conjunto gira sobre si mismo una vez por minuto y se mantiene a una temperatura de unas décimas de grado por encima del cero absoluto (-273°C) gracias al sistema de refrigeración que incorpora.

El telescopio Planck y los instrumentos están montados, como se ha dicho en la parte superior de un módulo de servicio

octogonal. Un deflector rodea el telescopio y los instrumentos para evitar reflejos que desde el Sol y la Luna pudieran modificar los valores obtenidos en la detección de la radiación de microondas. El deflector también se utiliza para irradiar al espacio frío el calor generado por las unidades de plano focal de la carga útil científica, y para proporcionar al instrumento enfriadores de un ambiente frío y fondo estable de alrededor de -233 ° C (o 40K).

En la base del módulo de servicio se encuentra un panel plano, redondo, solar para generar electricidad a partir de luz solar para alimentar la nave espacial, y para proteger a la nave entera de la radiación solar directa.

La refrigeración se lleva a cabo mediante un sistema de refrigeración pasivo que reduce su temperatura hasta unos -230°C radiando calor al espacio. Tres refrigeradores activos reducen aún más la temperatura: un refrigerador de 20K (diseñado en el Jet Propulsion Laboratory, California, Estados Unidos), otro de 4 K (diseñado por el Rutherford Appleton Laboratory en Didcot, y Astrium, ambos en el Reino Unido) y el último de 0,1 K (diseñado por el Centre de Recherches des Très Basses Températures, en Grenoble, Francia y el Institut d'Astrophysique Spatiale, en Orsay, Francia, así como DTA Air Liquide, también en Grenoble, Francia). Este último refrigerador activo está basado en una dilución de <sup>3</sup>He y <sup>4</sup>He (dos isótopos del helio con el mismo número de protones pero diferente número de neutrones); en concreto, el <sup>3</sup>He está disuelto en 4He para lograr la refrigeración.

El Instrumento de Alta Frecuencia (HFI), uno de los sensores a bordo de sonda espacial se quedó sin refrigerante en Enero de 2012.

#### **OBJETIVOS**

La misión Planck primer observatorio espacial europeo, se centra en el estudio del 'Fondo Cósmico de Microondas' (CMB). Con sus detectores busca variaciones de temperatura del orden de millonesima de grado.

Representa la tercera generación de este tipo de satélites y está diseñado para detectar las pequeñas alteraciones

«Este ingenio espacial ha detectado moléculas de agua en el cometa Garrad cuando se encontraba a gran distancia del Sol»

en el fondo cósmico de microondas en todo el cielo, con una resolución y sensibilidad sin precedentes.

Con el fin de lograr estos objetivos científicos, los detectores de Planck deben operar a temperaturas muy bajas y estables. Este telescopio espacial incorpora con un sistema de refrigeración a niveles cercanos al cero absoluto (-273,15 °C). Van desde alrededor de -253 °C a sólo unas pocas décimas de grado por encima del cero absoluto.

### PARTES DE QUE CONSTA

El espejo primario es de 1,5 m y está acompañado por dos instrumentos: el Instrumento de Baja Frecuencia (LFI), que opera entre 30 y 70 GHz, y el Instrumento de Alta Frecuencia (HFI), que opera entre 100 y 857 Ghz.

El telescopio será usado para captar radiaciones en dos bandas de frecuencia, una alta y otra baja, con los siguientes instrumentos:

Low Frequency Instrument (LFI) es un instrumento que consiste en 22 receptores que funcionan a -253 °C. Estos receptores deberán trabajar agrupados en cuatro canales de frecuencias que cubren el rango espectral entre los 30 y 100 Ghz. Permite cartografiar el cielo a tres frecuencias diferentes: 30, 44 y 70 GHz. Se basan en dispositivos "HEMTs ' (High Electron Mobility Transistor) que amplifican la señal recogida por el telescopio, la convierten en un valor de tensión y la almacenan para su posterior análisis.



High Frequency Instrument (HFI) es un instrumento compuesto de 52 detectores, que operan mediante la conversión de radiación en calor. La cantidad de calor es medida por un pequeño termómetro eléctrico y convertida en un dato de ordenador. Este instrumento trabaja a -272,9 °C (una décima parte de grado por encima del cero absoluto). Los detectores HFI trabajará en seis canales de frecuencia centradas entre 100 y 857 GHz.

#### **FUNCIONAMIENTO**

Planck envió la primera información el 13 de agosto de 2009, que fue utilizada para verificar la estabilidad de los instrumentos y poner a prueba la estabilidad de los detectores.

Este telescopio espacial cuenta con un conjunto de nueve canales de frecuencia que cubren todo el rango espectral desde 30 a 857 GHz.

Lanzado el 14 de mayo de 2009 para estudiar la luz más antigua del cosmos, Fondo Cósmico de Microondas (CMB), el telescopio espacial cuenta con un conjunto de nueve canales de frecuencia que cubren todo el rango espectral desde 30 a 857 GHz, lo que le convierte en un excelente captador de cúmulos de galaxias.

Para alcanzar ese objetivo precisa enfriar sus detectores a temperaturas muy cercanas al cero absoluto. En caso de no ser así su propia emisión de calor desvirtua las mediciones efectuadas.

Los canales fueron seleccionados cuidadosamente por el equipo de Planck para el estudio del efecto SZ (Sunyáev-Zeldóvich) que es el resultado de la interacción de la radiación de fondo, con electrones libres a una temperatura mayor a la de su entorno que se da en las grandes estructuras del universo como los supercúmulos cúmulos galácticos. Teniendo como resultado neto un corrimiento al azul en el espectro del CMB.

La densidad electrónica  $N_e$  en un cúmulo galáctico a una temperatura entre 10<sup>7</sup>K y 10<sup>9</sup>K producen una dispersión en la radiación de fondo. El efecto neto de esta dispersión es, por un lado, la disminución de intensidad en el CMB antes de los 220GHz y un aumento en la intensidad registrada después de los 220GHz. Este efecto hace ver en algunos casos regiones del CMB más frías (150GHz), regiones homo-

géneas (220GHz) y regiones más calientes (275GHz). Si por ejemplo, hacemos un censo a 275GHz de la radiación de fondo, observaremos regiones mucho más calientes que el promedio, descubriendo así las estructuras de los cúmulos galácticos, estas variaciones no tienen nada que ver con las fluctuaciones de densidad del CMB.

#### **RESULTADOS**

Como era de esperar el instrumento HFI (High Frequency Instrument) de Planck se quedó sin refrigerante en Enero de 2012 no siendo posible a partir de esa fecha de detectar la débil radiación para la que había sido diseñado.

Planck ha cubierto un rango de longitud de ondas más amplio del abarcado por otras misiones predecesoras caracterizándose por su gran capacidad de distinguir detalles.

Lanzado en mayo de 2009, Planck debía completar dos mediciones completas de todo el cielo. Sin embargo han sido cinco las realizadas gracias a sus dos instrumentos que han funcionado correctamente por un periodo de 30 meses, casi doble del previsto originalmente.

Ha detectado cúmulos no detectados anteriormente y entre ellos algunos supercúmulos formados probablemente por la fusión de varios cúmulos. Este hallazgo ha sido posible gracias al efecto Sunyaev-Zeldovich, un fenómeno de interacción de alta energía de la radiación de microondas con los electrones libres del medio interno del cúmulo.

Otro de los resultados iniciales fue la mejor medida jamás obtenida de la radiación de fondo infrarroja presente en todo el cielo, emitida por las estrellas que estaban formándose en la época de infancia del universo.

Esta observación mostró cómo las primeras galaxias producían cada año mil veces más estrellas de las que se forman hoy en nuestra galaxia.

Se han identificado nuevas fuentes de emisión de microondas en la Vía Lactea, así como en otras galaxias.

Con Plank se ha confirmado la forma del Universo, que tiene geometría plana.

Se ha fijado su edad en  $13.798 \pm 37$ millones de años, algo mayor de lo que se había creído hasta ahora.

También nos ha revelado que la cantidad de energía oscura es un poco menor y que 'solamente' constituye el 68,3% de la masa del Universo, en vez del 72,8% como creíamos. En cambio, la cantidad de materia bariónica -materia 'normal'y materia oscura es un poco mayor (4,9% y 26,8%, respectivamente).

Después de trabajar con los datos obtenidos por Planck durante 15,5 meses, los científicos de la misión han sido capaces de obtener el mapa más detallado que tenemos del Fondo Cósmico de Microondas tras de eliminar la 'contaminación' proveniente del material interestelar de nuestra Galaxia y de otras fuentes extragalácticas. El mapa de Planck se corresponde muy bien con el modelo estándar a pequeñas y medias escalas, no siendo así a grandes escalas.

Se evidencian la presencia de pequeños granos de polvo rotando muy rápidamente tanto en nuestra galaxia como en la vecina pequeña Nube de Magallanes, así como del llamado "gas oscuro" no detectado anteriormente y asociado a nubes de hidrógeno molecular con ausencia de monóxido de carbono.

Ha encontrado evidencia de una población de galaxias envueltas en polvo hace miles de millones de años en el pasado y que formaban estrellas a velocidades de 10 hasta 1.000 veces mayor de las que vemos en nuestra propia Galaxia en la actualidad.

Ha establecido el primer mapa del cielo en términos de longitud de onda. Con una frecuencia de cerca de 100GHz, que corresponden en longitud de onda a tan solo unos milímetros, hasta la misma frecuencia por diez.

Nos ha dado la mejor fotografía lograda hasta ahora de la Radiación de Fondo. Con esa imagen se está cuestionando incluso la teoría inflacionaria.

Es igualmente el primer instrumento en cartografiar todo el cielo en alta reso-

A pequeña escala, los datos encajan en el modelo teórico perfectamente, pero a mayor escala la señal procedente de la radiación de fondo de microondas es mucho más débil de lo que se esperaba.

La información extraída del nuevo mapa de Planck proporciona una excelente confirmación del modelo estándar de la cosmología con una precisión sin precedentes.

### Algunas páginas web consultadas

http://es.wikipedia.org/wiki/Herschel\_(Observatorio\_Espacial)

http://esamultimedia.esa.int/docs/herschel/ Herschel-Factsheet.pdf

http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/ ED912E0C-945C-4503-874B-8D25135 7A2CC/39951/perejavi2008.pdf

http://francisthemulenews.wordpress. com/2011/08/23/objetivo-cumplido-el-satelite-planck-logra-cuatro-mapas-completosdel-fondo-cosmico-de-microondas/

http://es.wikipedia.org/wiki/Efecto\_Sunyaev-Zel'dovich

http://www.esa.int/esl/ESA\_in\_your\_country/ Spain/El\_instrumento\_HFI\_de\_la\_mision\_ Planck\_completa\_sus\_medidas\_sobre\_el\_ universo\_temprano

http://es.euronews.com/2013/03/21/planck-cartografia-las-primeras-luces-del-origen-deluniverso/

http://es.wikipedia.org/wiki/Radiación\_infra-

http://es.wikipedia.org/wiki/Astronom%C3 %ADa\_infrarroja#Las\_observaciones\_Infrarrojas\_revelan\_los\_estados\_fr.C3. ADos\_de\_la\_materia

http://elcaminoacasa.com/el-universo-segun-

http://www.youtube.com/watch?v=HyMR\_ QoYOEY&feature=player\_embedded#!

http://www.astroerrante.com/superior-contenidos/superior-articulos/principal-articulodivulgacion/1165-gaia-ya-esta-lista-paradesvelar-los-secretos-de-las-estrellas-masfrias-de-la-galaxia.htm