

EL OBSERVATORIO ESPACIAL HERSCHEL

Desde hace algo más de dos años, la comunidad astronómica cuenta con un nuevo telescopio espacial, el Observatorio Espacial Herschel de la Agencia Espacial Europea, que opera en el rango infrarrojo y sub-milimétrico y es el mayor telescopio espacial en funcionamiento. Herschel está contribuyendo a un avance espectacular en nuestro conocimiento del Universo a esas frecuencias. En este artículo se describen las prestaciones de Herschel y algunos de los resultados científicos.



Ismael Pérez
Astrónomo del Instituto de
Astrofísica de Canarias .
ipf@iac.es

Observaciones en el infrarrojo lejano

Las observaciones astronómicas en el rango espectral del infrarrojo lejano y de ondas sub-milimétricas (submm) son imposibles o muy difíciles desde tierra debido a la absorción de la atmósfera y a un fondo muy alto en las pocas bandas en las que hay una cierta transmisión de la atmósfera.

En la práctica, las observaciones están limitadas al rango submm desde sitios muy concretos de muy bajo contenido de vapor de agua en la atmósfera, como el desierto de Atacama o el Polo Sur. Las observaciones con telescopios espaciales en el infrarrojo lejano permiten observar todo el rango espectral sin interrupción y con niveles de fondo muy bajos y estables. Pero los instrumentos y detectores han de ser enfriados a temperaturas cercanas al cero absoluto y también el telescopio, todo lo que sea posible.

El Observatorio Espacial Herschel

Herschel es el mayor telescopio astronómico lanzado al espacio. Su espejo primario es de 3.5m de diámetro y está enfriado pasivamente a unos 70 K. Opera en el rango infrarrojo y sub-milimétrico del espectro electromagnético, desde 55 hasta 672 micras, una parte del espectro apenas explorada por otros telescopios anteriormente. El coste total de Herschel es de unos 1100 millones de euros, que incluye el satélite, telescopio e instrumentos así como el lanzamiento y los gastos de operaciones.

Los tres instrumentos científicos de Herschel (PACS, SPIRE y HIFI) permiten obtener imágenes y espectroscopía de baja resolución (PACS y SPIRE) así como espectroscopía de muy alta resolución con el instrumento heterodino HIFI. Los tres instrumentos están contenidos en un criostato enfriado con helio super fluido. Herschel fue lanzado al espacio por un cohete Ariane 5 ECA conjuntamente con el satélite Planck el 14 de mayo de 2009 desde la Guayana francesa. Orbita alrededor del punto L2 del sistema Tierra-Sol, a 1.5 millones de km de la Tierra.

Las operaciones científicas de Herschel se llevan a cabo en el Centro Científico de Herschel en el European Space Astronomy Centre (ESAC, Villafranca del Castillo, Madrid). El tiempo de vida de Herschel está limitado a la duración del helio que enfría los instrumentos. Las últimas estimaciones predicen que el helio se acabará en febrero-marzo de 2013.

Ejemplos de la ciencia de Herschel: observaciones de galaxias infrarrojas

Herschel permite llevar a cabo una gran variedad de estudios observacionales en el infrarrojo lejano y submm, incluyendo discos circum-estelares, procesos de formación estelar en nuestra galaxia, estudios espectroscópicos del medio interestelar en la Vía Láctea y en otras galaxias, evolución cosmológica de galaxias, estructura a gran escala del Universo y descubrimiento y estudio detallado de las galaxias más lejanas.

Como ejemplo de los proyectos científicos que se están realizando con Herschel se describen algunos de los resultados de los cartografiados extragalácticos de gran área. Herschel es ideal para obtener mapas del cielo con gran rapidez,

sobre todo con la cámara SPIRE, que opera a las longitudes de onda más largas y observa simultáneamente la misma zona de cielo en tres bandas, a 250, 350 y 500 micras. A pesar de que el campo de visión de las cámaras de Herschel es pequeño, se pueden obtener imágenes de zonas grandes del cielo moviendo el telescopio. Los dos mayores proyectos de Herschel en número de horas de observación, HerMES (<http://hermes.sussex.ac.uk/>) y Herschel-ATLAS (<http://www.h-atlas.org/>), han obtenido imágenes con los instrumentos SPIRE y PACS de cientos de grados cuadrados permitiendo una gran variedad de estudios sobre la formación y evolución de galaxias y su distribución espacial desde el Universo local hasta desplazamientos al rojo muy altos.

Figura 1: Primeras observaciones de fuentes Herschel muy brillantes en las bandas de SPIRE que demuestran que estos objetos son galaxias distantes cuya emisión infrarroja es amplificada por lentes gravitatorias en la línea de visión a la galaxia infrarroja (Negrello et al., 2010, Science, 330, 800N). (NASA/ESA/Caltech-JPL/Keck/SMA).

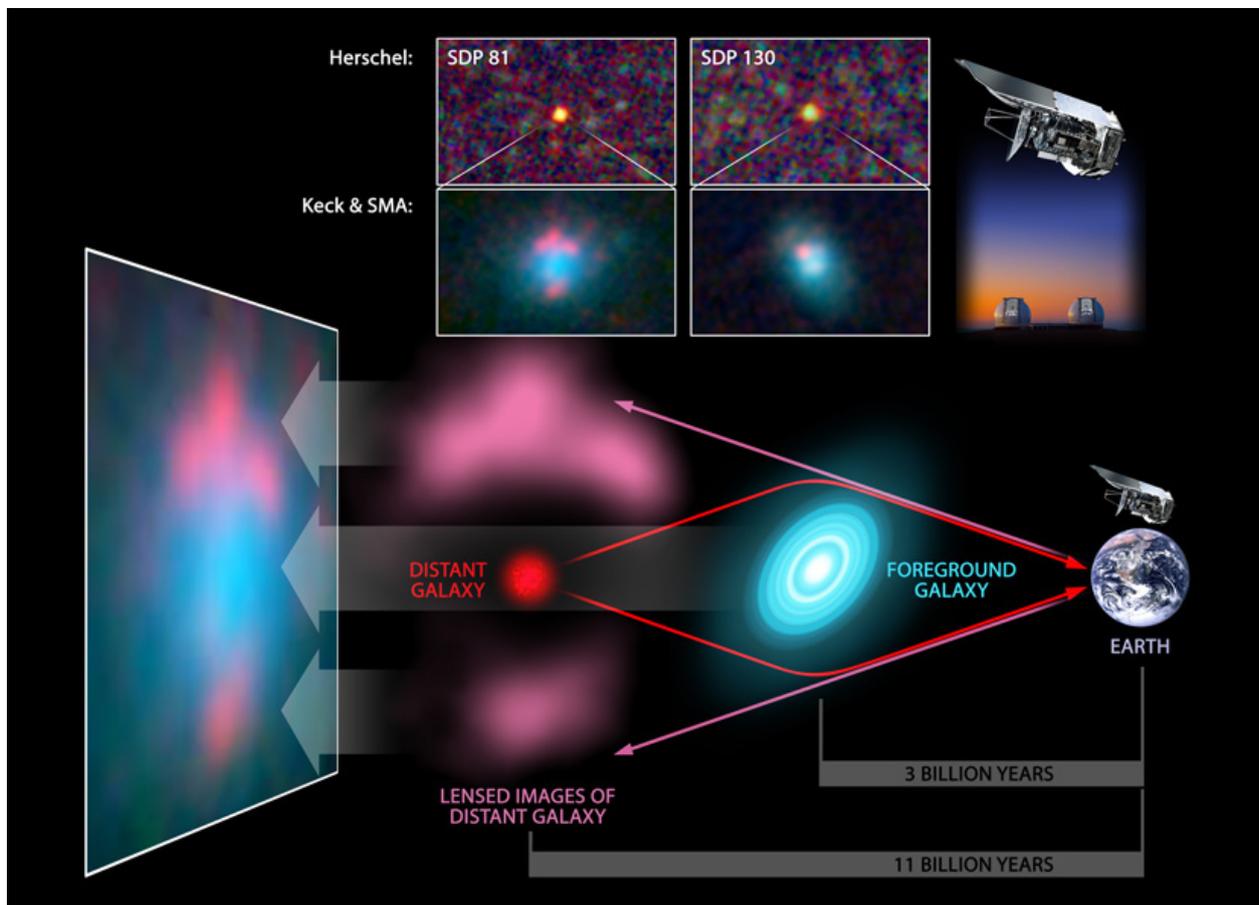
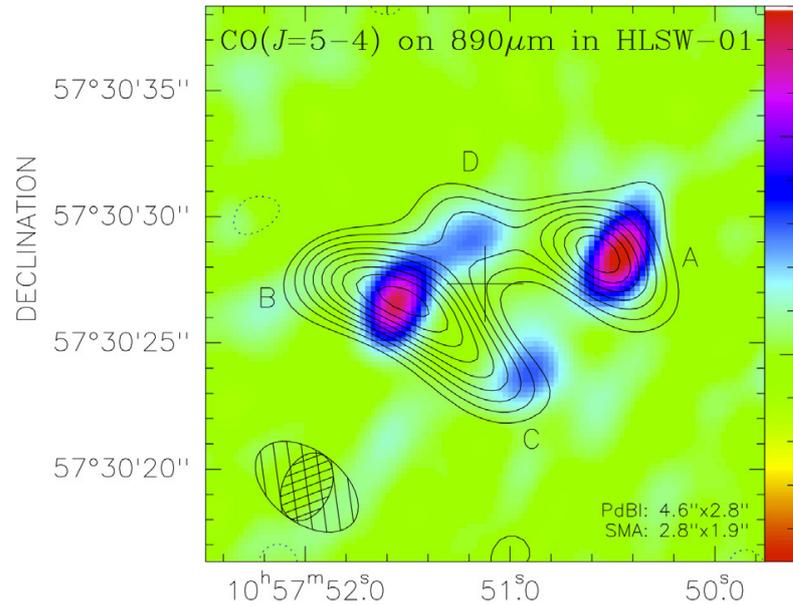


Figura 2: Distribución del gas molecular en la transición 5-4 de CO (contornos) y de la emisión del polvo a 890 micras (imagen en color) en la dirección de la galaxia HerMES amplificada por efecto lente gravitatoria HLSW-01 a $z = 2.95$ (Riechers et al. 2011, ApJ, 733, L12). Las observaciones de CO fueron obtenidas con el interferómetro de Plateau de Bure (IRAM) y las del continuo a 890 micras con el SubMillimeter Array (SMA) en Hawai. Se aprecian cuatro imágenes del objeto de fondo con una separación máxima de 9".



En casi todos los rangos espectrales, el flujo aparente de cualquier objeto astronómico en una banda de observación disminuye con la distancia haciendo, por ejemplo, muy difícil o imposible la detección de galaxias en las primeras fases de su formación en el Universo primitivo. Sin embargo, debido a la forma espectral en el infrarrojo lejano y submm, el flujo aparente de galaxias de la misma luminosidad integrada a diferentes desplazamientos al rojo es prácticamente constante en un rango amplio de desplazamientos al rojo. Esta "corrección K negativa" permite detectar con Herschel galaxias infrarrojas (con una tasa de formación estelar muy alta) a desplazamientos al rojo muy altos.

A este efecto se añade la ayuda que prestan las concentraciones de materia en la línea de visión a galaxias lejanas, como galaxias masivas y grupos o cúmulos de galaxias. Antes del lanzamiento de Herschel se predijo que los objetos aparentemente más brillantes a las longitudes de onda más largas (particularmente a 500 micras) están en realidad amplificados por efecto lente gravitatoria. Las primeras observaciones de los proyectos Herschel-ATLAS y HerMES confirmaron la validez de esta predicción. Muchos de los objetos extragalácticos más brillantes de estos proyectos han sido estudiados en detalle

con diversos telescopios en tierra y con el telescopio espacial Hubble permitiendo determinar el desplazamiento al rojo de las diferentes imágenes del objeto de fondo y realizar un modelado de la lente y determinar sus propiedades. Las figuras 1 y 2 muestran algunos ejemplos.

Herschel tiene también sus limitaciones. A pesar de su gran tamaño, al operar a longitudes de onda largas, el límite de difracción no es muy bueno. La resolución angular del instrumento SPIRE es de 18, 25 y 36 segundos de arco en sus tres bandas. Además, a las longitudes de onda más largas se llega rápidamente al límite de confusión. En muchos casos, es necesario realizar observaciones desde tierra con interferómetros para poder resolver espacialmente la emisión detectada con Herschel. Por suerte, contamos con instalaciones cada vez mejores para este tipo de observaciones tanto en ondas mm (IRAM Plateau de Bure, CARMA, etc.) como submm (SMA y ALMA). Por otro lado, el desarrollo de receptores de anchos de banda muy grandes ("redshift machines") hace viable la determinación de desplazamientos al rojo observando líneas de la molécula CO y el estudio físico y químico utilizando una gran variedad de líneas atómicas y moleculares en estas galaxias distantes.

El legado científico de Herschel

Como es tradicional en otras misiones espaciales y de la Agencia Espacial Europea, todos los datos que está obteniendo Herschel son ya públicos, o lo serán cuando acabe la misión, y estarán accesibles en el archivo de datos que mantiene la ESA. Además, todos los "Key Projects" aportarán datos reducidos de alta calidad así como herramientas de análisis adicionales a las proporcionadas por la ESA. La explotación científica de los datos de Herschel se extenderá varias décadas.

Futuras misiones espaciales en el infrarrojo lejano

Herschel ha sido capaz de aportar en muy poco tiempo los datos necesarios para los principales proyectos científicos en el rango del infrarrojo lejano y submm. Sin embargo, su tiempo de vida tan corto hace que algunas de las observaciones aprobadas y muchos otros proyectos no se puedan llevar a cabo. Por ello, la comunidad astronómica lleva trabajando casi una década en las futuras misiones espaciales en el infrarrojo lejano y submm, desde telescopios simila-

res a Herschel enfriados a temperaturas más bajas a interferómetros de dos o más telescopios. El proyecto más avanzado es el telescopio espacial infrarrojo japonés SPICA, en el que colaboran también la Agencia Espacial Europea y los centros de investigación europeos que han contribuido a la instrumentación de Herschel, con una participación importante española liderada por el Centro de Astrobiología.

Participación española en Herschel y sus instrumentos

La participación de la comunidad científica y de empresas españolas en Herschel ha sido relevante. Varios grupos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), del Observatorio Astronómico Nacional (OAN) y del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) han participado en los consorcios de centros de investigación europeos que han construido los tres instrumentos de Herschel. Además, uno de los cinco Científicos de Misión de Herschel, José Cernicharo (del Centro de Astrobiología), es español. Los grupos científicos han contado con financiación del Plan Nacional del Ministerio de Ciencia e Innovación.

Representación artística del observatorio espacial Herschel

