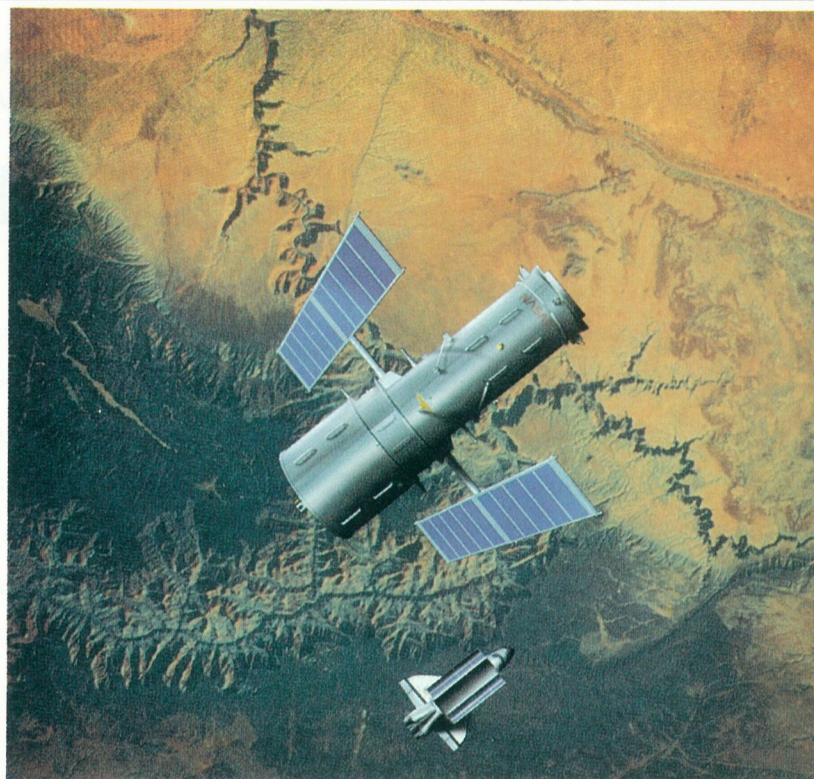


Ciencia y Tecnología

El Telescopio Espacial Hubble ya está en órbita y enviando imágenes astronómicas hacia la Tierra. Los medios de comunicación se han hecho eco de este hito importante en la historia de la Astronomía. Puede decirse que ningún otro proyecto astronómico ha supuesto tanto esfuerzo en tiempo (casi 20 años) y costo (unos 170.000 millones de ptas.), ni ha necesitado superar tantos retos tecnológicos como el Telescopio Espacial Hubble.

EL HUBBLE, NUEVA VISION DEL UNIVERSO

Por José Miguel Rodríguez Espinosa



Bautizado con el nombre del insigne astrónomo Edwin Hubble, quien en los años 20 descubrió que el universo se encuentra en expansión, este telescopio representa la primera oportunidad de mirar al cielo con una visión nítida y no obstruida por la siempre cambiante atmósfera terrestre.

Un poco de historia

La idea de un observatorio espacial no es nueva. Por ejemplo Oberth, en 1923, identifica algunas ventajas de un futuro observatorio espacial. Esta idea fue, sin embargo, casi olvidada hasta que poco después de la fundación de la Agencia Espacial Norteamericana (NASA), la construcción de un observatorio espacial fue señalado como uno de los proyectos lógicos en los que NASA debería embarcarse tarde o temprano. Hoy el Telescopio Espacial Hubble es ya realidad.

Puede decirse que el Telescopio Espacial Hubble es uno

de los proyectos más ambiciosos en la historia de la astronomía. El éxito de este proyecto se debe en gran medida a la comunidad científica, quien unió fuerzas en los años 70 para convencer a la NASA y al Congreso norteamericano de la conveniencia y de las grandes posibilidades de un telescopio en órbita fuera de la atmósfera terrestre. El proyecto siempre se desarrolló de modo muy abierto, con la NASA favoreciendo la participación de la comunidad científica y de la industria interesada en el desarrollo tecnológico que se preveía. Cada paso adelante estuvo abierto a la competición de ideas, competición para proponer tipos de instrumentos, para diseño y construcción del telescopio, para identificar prioridades científicas, etc.

El proyecto sufrió diversos cambios a lo largo de su historia, siendo quizá el más significativo el debido al cambio en la estrategia de lanzamiento de satélites de la NASA, que en los años 70 decidió desarrollar un sistema de vuelos frecuentes y de bajo costo (el actual

transbordador espacial). Consecuencia de este cambio fue, por ejemplo, la reducción del tamaño del espejo del telescopio desde los 3 metros originalmente propuestos a los 2,4 metros finales, tamaño máximo del espejo que podía albergarse en la bodega de carga del transbordador.

La historia más reciente del telescopio espacial, ha estado plagada de problemas técnicos y de cortes presupuestarios, que provocaron una serie de retrasos desde la fecha originalmente prevista para su lanzamiento, noviembre 1982, hasta 1986. El desastre del transbordador *Challenger* y la posterior cancelación cautelar de vuelos decretada por la NASA, tuvo como consecuencia que hasta abril de este año no se pusiera el Telescopio Espacial finalmente en órbita.

Las primeras imágenes captadas por el Telescopio Espacial Hubble ya se están recibiendo (ver figura). Tras unos días de ansiedad ante diversos problemas encontrados durante las primeras órbitas del satélite, la confianza ha vuelto al Instituto

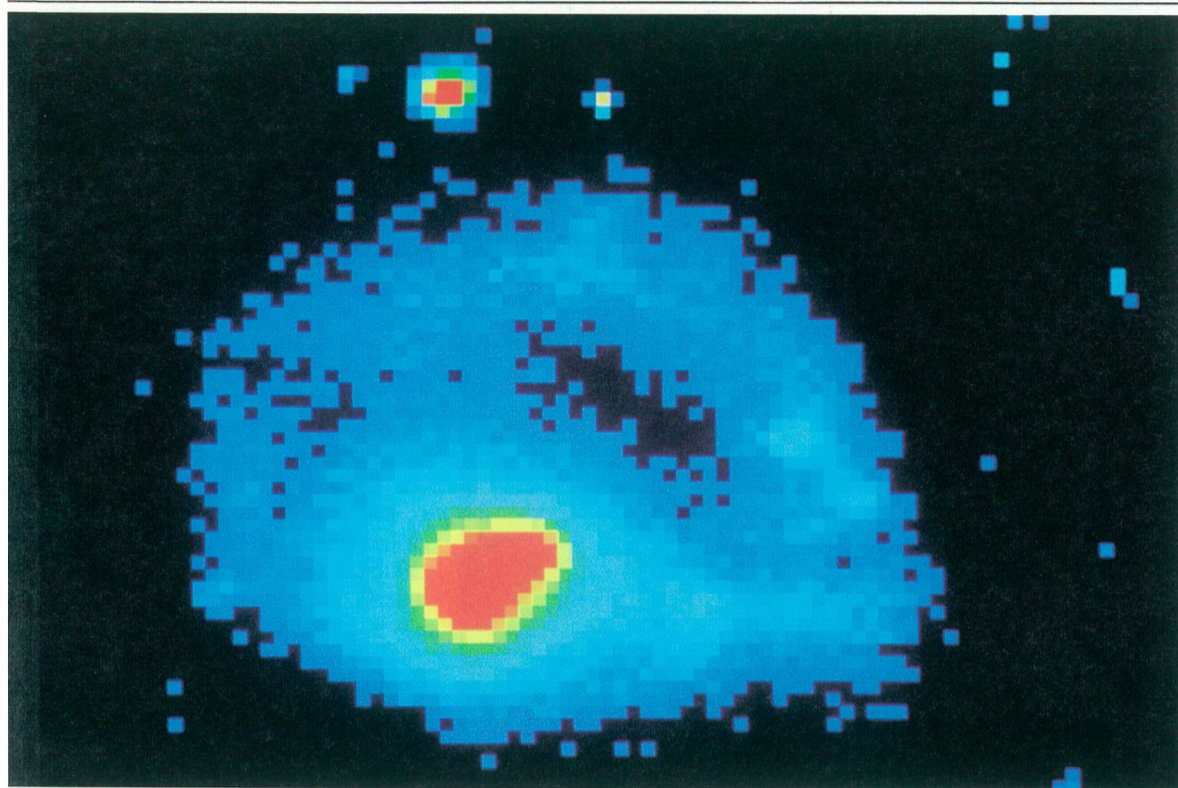
Científico del Telescopio Espacial, con sede en Baltimore (USA), centro desde el que se monitorizan y planifican las observaciones científicas a realizar por el Telescopio Espacial. De hecho, las primeras imágenes distribuidas son ya de una calidad considerable, aun cuando el telescopio todavía no está funcionando al límite de su capacidad.

¿Un observatorio espacial?

Los astrónomos siempre han soñado con la posibilidad de observar el universo sin el efecto, perjudicial para la observación astronómica, de la atmósfera terrestre sobre la luz (radiación electromagnética) que nos llega de los diversos objetos astronómicos.

Todo cuanto se sabe sobre las diversas fuentes astronómicas (estrellas, galaxias, etc.) está basado en el estudio de la radiación electromagnética (luz) procedente de ellos y que se hace llegar a los diversos instrumentos de medida colocados en un observatorio.

La gran mayoría de las fuen-



tes astronómicas emiten lo que llamamos un amplio espectro de radiación electromagnética, aunque cada objeto particular emite la mayor parte de su energía en torno a una determinada longitud de onda. Dicha longitud de onda depende de la temperatura de la fuente de emisión. Por ejemplo, una estrella muy caliente ($\sim 40.000^\circ$) emite principalmente luz ultravioleta (longitud de onda muy corta), mientras que una estrella como nuestro sol ($\sim 5.500^\circ$) emite principalmente luz visible, y una estrella fría (2.000°) emitirá principalmente luz infrarroja (longitud de onda larga). Otros objetos astronómicos, como las galaxias, las nubes moleculares en las que se originan las estrellas o los planetas y asteroides, tienen temperaturas en general más bajas. Este amplio margen de temperaturas que nos presenta la naturaleza se traduce, por tanto, en un amplio rango de longitudes de ondas en los que los diversos astros emiten principalmente su energía.

La atmósfera terrestre sólo es capaz de transmitir la radia-

ción visible (nuestra visión se ha adaptado a ella y, por consiguiente, nuestros ojos sólo ven este tipo de radiación), mientras que la radiación infrarroja es absorbida casi en su totalidad por el vapor de agua y otras moléculas de la atmósfera. La naturaleza es, sin embargo, más rica de lo que nuestra atmósfera nos deja ver, siendo, en ocasiones extremadamente difícil para la astronomía de tierra el estudio de aquellos objetos que, por ser muy calientes, o muy fríos emiten principalmente en los rangos ultravioleta o infrarrojo.

La atmósfera terrestre es también responsable de una degradación en la calidad de la imagen que un telescopio puede formar de un objeto astronómico. Lo que a un observador casual de las estrellas puede parecer un hermoso centelleo, para un astrónomo es una insalvable confusión o difuminación de la luz. En efecto, la luz procedente de una estrella o galaxia pasa por diversas capas de la atmósfera antes de llegar al telescopio que forma su imagen. Normalmente, estas capas

atmosféricas, sobre todo las más bajas, están en constante turbulencia debido a cambios de temperatura y presión. Esta turbulencia atmosférica hace que la imagen obtenida por el telescopio aparezca borrosa y que, por ejemplo, fuentes puntuales (estrellas) muy próximas entre sí, como es el caso de estrellas dobles o múltiples, se vean confundidas y sea imposible su separación en componentes individuales.

Vemos, pues, el interés de la comunidad astronómica por situar un telescopio en órbita, fuera de la atmósfera terrestre, que no sólo posibilitaría la observación en otros rangos espectrales, como ultravioleta o infrarrojo, inaccesibles desde tierra, sino que también añadiría una clara ganancia en la calidad y nitidez de la imagen, sólo condicionada en el espacio por la calidad óptica del mismo telescopio.

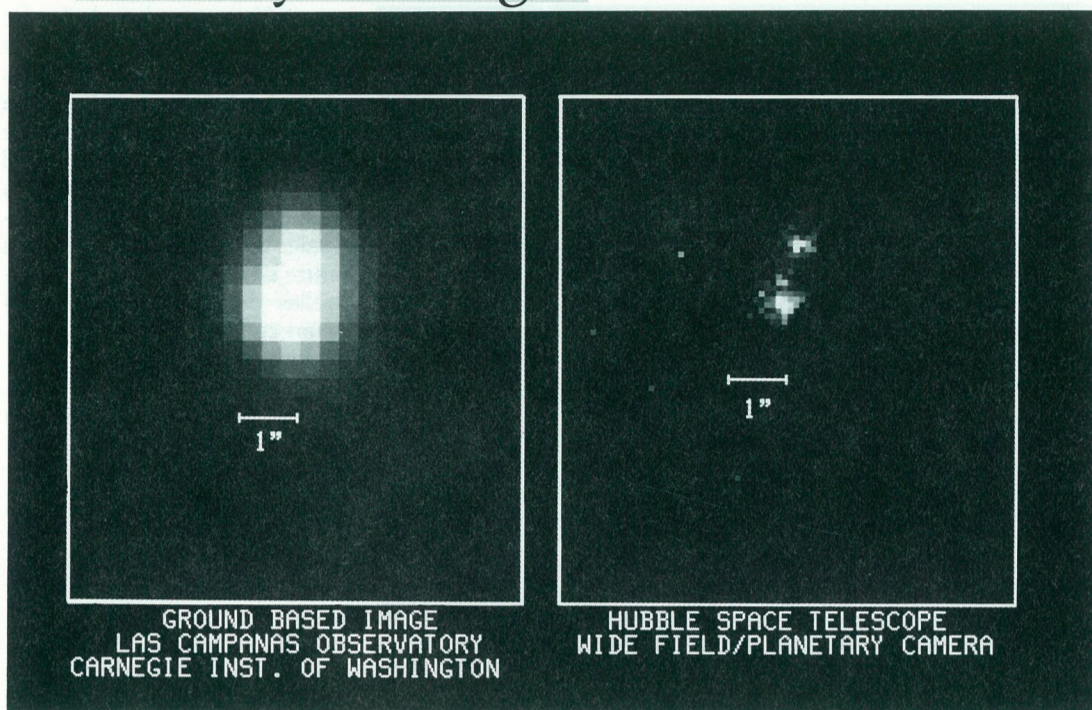
Logros tecnológicos

El telescopio puesto en órbita lleva un espejo primario de 2,4 metros de diámetro. Un tamaño considerado como grande cuando se iniciaron los estudios del proyecto que hoy en día no resulta demasiado llamativo ya que telescopios ópticos de 4 metros son habituales en la actualidad. Además, en estos momentos se está contruyendo o diseñando una nueva generación de telescopios ópticos con diámetros de 10 y hasta 16 metros. La gran innovación del Telescopio Espacial Hubble es, sin embargo, que opera desde fuera de nuestra atmósfera.

La construcción del Telescopio Espacial Hubble ha constituido toda una cadena de logros tecnológicos. La primera meta propuesta era clara: diseñar y fabricar un espejo de un tamaño apreciable con una precisión óptica hasta entonces inalcanzada. Recordemos que el límite a la nitidez de las imágenes en el caso del Telescopio Espacial Hubble está dado por

Imagen de la galaxia NGC 985 obtenida con una cámara en el telescopio Isaac Newton del observatorio del Roque de los Muchachos en la Palma. Puede notarse cómo el núcleo de esta galaxia es asimétrico pero imposible de resolver con un telescopio de tierra. El Telescopio Espacial Hubble podría, sin embargo, distinguir si se trata de un doble núcleo procedente de una colisión entre dos galaxias.

Ciencia y Tecnología



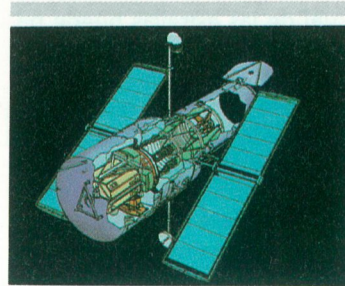
la calidad de sus superficies ópticas. Se trataba pues, de construir un telescopio capaz de funcionar en lo que se llama el límite de difracción. El límite de difracción de un instrumento óptico es un concepto teórico que nos dice el poder de resolución máximo alcanzable por dicho instrumento. Los telescopios de tierra nunca se habían acercado a este valor, ya que era inútil hacer un instrumento perfecto si después la atmósfera impone su propio límite que es, en el mejor de los casos, un par de órdenes de magnitud peor que el límite teórico de difracción. Por el contrario, en ausencia de la atmósfera sí que vale la pena apostar por llegar a este límite teórico. Con esta idea en mente, el espejo fue fabricado usando nuevas tecnologías de pulido controladas por ordenador. (Diré que simultáneamente se construyó un espejo de repuesto mediante métodos tradicionales, para el caso de que algo fuera mal.) La perfección alcanzada en las superficies ópticas del Telescopio Espacial Hubble es tal, que si lo escalásemos hasta las dimensiones de la Tierra, no se verían en él picos o valles mayores de

unos pocos centímetros. La estructura del telescopio a su vez es de grafito y resina, que le confieren la rigidez y el poco peso necesarios para el proyecto.

El observatorio espacial se completa con una serie de instrumentos científicos, que son los encargados de manipular las imágenes producidas por el telescopio y de tratar la luz recibida de modo que sea útil para el astrónomo. Este complemento instrumental consta, en el caso del Telescopio Espacial Hubble, de cinco instrumentos, desarrollados por diversas instituciones y centros de investigación. Dichos instrumentos capacitan al telescopio espacial para obtener imágenes digitales de objetos astronómicos, así como para realizar espectroscopía y fotometría de los mismos. Es decir, toda la versatilidad de las técnicas de observación usadas en un observatorio terrestre convencional. Por otra parte, en la actualidad se desarrolla una nueva generación de instrumentos que serán instalados en el telescopio espacial en el futuro, llevados hasta él por el transbordador espacial (*Space Shuttle*).

La imagen de la derecha es una parte de la primera foto tomada por la Cámara de Amplio Campo del Telescopio Espacial Hubble. A su izquierda, una imagen del mismo campo obtenida con el telescopio de 4 metros del observatorio de las Campanas, Chile. Puede verse como el Telescopio Espacial Hubble es capaz de resolver las 2 estrellas individuales que desde tierra producen una única mancha de luz.

(Foto ESA).



Dichos instrumentos científicos son dos cámaras, dos espectrómetros y un fotómetro. Cada uno de estos instrumentos está diseñado con una capacidad especial. La **Cámara Planetaria y de Amplio Campo**, desarrollada en el Instituto Tecnológico de California (Pasadena), es sin lugar a dudas el instrumento que más se usará durante la vida útil (15 años) del Telescopio Espacial Hubble. Esta cámara se usará en su modo Planetario para el estudio del sistema solar, incluyendo planetas y sus satélites, cometas, asteroides, etc. Y lo que es más, será capaz de detectar cambios en las superficies de los planetas debidos por ejemplo a actividad volcánica o actividad atmosférica en general. En su modo de Amplio Campo, se usará para hacer imágenes de grandes extensiones de cielo en búsqueda de nuevos objetos o para hacer mapas de grandes galaxias... Dicha cámara será capaz de observar estrellas o galaxias 40 veces más débiles que las que se pueden observar con los telescopios existentes hoy en día.

La otra cámara a bordo del Telescopio Espacial Hubble es la llamada Cámara de Objetos Débiles, desarrollada por la Agencia Espacial Europea en su centro tecnológico de Noordwijk (ESTEC), en Holanda. Su misión es obtener imágenes de los objetos más débiles, proporcionando información sobre los objetos más lejanos del universo. Esta cámara, sin embargo, tiene un campo de visión reducido, pero posee mayor resolución espacial que la Cámara de Amplio Campo, lo que significa que será capaz, por ejemplo, de distinguir los detalles más insignificantes en núcleos de galaxias distantes u observar galaxias en formación en los albores del universo.

Los dos espectrógrafos a bordo del Telescopio Espacial Hubble son, al igual que las dos cámaras descritas más arriba, mutuamente complementarios. Uno, el llamado **Espectrógra-**

Ciencia y Tecnología

fo de Objetos Débiles, desarrollado en la Universidad de California en San Diego, es capaz de obtener espectros en el rango óptico y ultravioleta de objetos muy distantes y muy poco luminosos. Un problema que se presenta a menudo y que imposibilita la observación de objetos muy débiles es la presencia próxima al objeto que se desea observar de otro objeto muy brillante. Es un fenómeno similar al que experimentamos cuando tratamos de ver algo a contra luz, o con el sol detrás. Para evitar este problema, el espectrógrafo de objetos débiles está capacitado de unos dispositivos que permiten bloquear parte de su campo de visión, por ejemplo, para obtener espectros de objetos débiles muy próximos a otros objetos brillantes. Si la luz de los objetos brillantes no pudiera evitarse, ésta cegaría el instrumento, que se vería imposibilitado para captar la luz de los objetos más débiles. Esta capacidad se usará, por ejemplo, para el estudio de anillos de gas muy débiles en torno a estrellas muy brillantes, o para el estudio de estrellas débiles en galaxias muy brillantes.

El segundo espectrógrafo, llamado **Espectrógrafo de Alta Resolución de Goddard**, desarrollado en *Goddard Space Flight Center* (Greenbelt, Maryland), permite obtener espectros de alta resolución en el rango ultravioleta. Dicho espectrógrafo es similar en funcionamiento al Espectrógrafo de Objetos Débiles, pero posee un mayor poder resolutivo en el ultravioleta, de modo que producirá espectros mucho más detallados aunque, a cambio, no podrá observar objetos tan débiles ni producirá un espectro de rango tan amplio (ultravioleta y óptico) como produce el Espectrógrafo de Objetos Débiles. La decisión de usar uno u otro instrumento recae sobre el astrónomo, que conoce las necesidades de su proyecto de investigación y nece-

sitará hacer balance entre poder resolutivo deseado, rango espectral y brillo de la fuente luminosa a observar.

El quinto instrumento es el llamado **Fotómetro de Alta Velocidad**, que es el más simple de los instrumentos científicos a bordo del Telescopio Espacial Hubble. No posee partes móviles, lo que lo hace más resistente a posibles fallos. El instrumento es, sin embargo, suficientemente versátil gracias a la gran precisión con que el telescopio es capaz de apuntar. Diferentes combinaciones de filtros y detectores para distintos tipos de medidas son posibles sin más que reposicionar el telescopio, de modo que la luz del objeto en estudio penetre por la abertura y filtros deseados. Este instrumento es capaz de medir la luz que le llega de un objeto y detectar fluctuaciones en su intensidad en intervalos de tiempo del orden de microsegundos. Este tipo de resolución temporal también está limitado por la turbulencia de la atmósfera terrestre, en el caso, de observaciones desde la tierra. El fotómetro de alta velocidad permitirá, pues, estudiar fenómenos como rotaciones rápidas que se dan en estrellas de neutrones, estrellas binarias, discos de acreción de agujeros negros, etc.

Además, el Telescopio Espacial Hubble está provisto de tres sensores para guiado, de una gran precisión. Su misión es mantener el Telescopio Espacial Hubble fijamente apuntando en una dirección determinada mientras alguno de los instrumentos antes mencionados lleva a cabo una medida. Dos de estos sensores son suficientes para mantener el telescopio apuntando con la precisión que se requiere, por lo que el tercer sensor puede, por tanto, usarse para medir la posición de otras estrellas vecinas al campo en que se esté trabajando.

Este tercer sensor puede, pues, usarse como un instrumento astrométrico que pro-



porcionará medidas de las posiciones de las estrellas con precisiones del orden de 0,003 segundos de arco (algo equivalente a medir distancias desde Madrid entre dos puntos situados en Barcelona con una precisión mejor que un centímetro).

La vida prevista del telescopio espacial es de 15 años. Es de esperar por tanto, que los instrumentos científicos hoy en día a bordo del telescopio espacial queden obsoletos. Es más, debido a los continuos retrasos que el proyecto ha sufrido hasta su puesta en órbita, los instrumentos actuales están ya relativamente anticuados, lo que no significa que no pueda hacerse buena y mucha ciencia con ellos. Sí significa que, en un futuro no muy lejano, serán reemplazados por otro conjunto de instrumentos con tecnología más avanzada. Esto implicará nuevos retos tecnológicos, pues el cambio de instrumentación habrá de hacerse en órbita por la tripulación del transbordador espacial. Esta posibilidad de acceder al Telescopio Espacial Hubble, usando algún vuelo del transbordador, ha estado contemplada desde el prin-

cipio en el desarrollo del proyecto del telescopio espacial. Se ha previsto, por ejemplo, la posibilidad de usar el transbordador también para labores de mantenimiento y de reparación si fuese necesario.

El futuro inmediato

Con el Telescopio Espacial Hubble en órbita, y una vez que pasen los primeros meses dedicados a probar los diversos instrumentos y modos de operación, empezará a fluir una incesante cantidad de imágenes y datos astronómicos que habrán de ser interpretados por los científicos. La velocidad con que estos datos se van a recibir es tal, que con ellos podría llenarse una enciclopedia de 30 volúmenes en menos de una hora.

En Estados Unidos, la NASA se ha dado cuenta del problema que se avecina a la hora de tratar semejante cantidad de datos, y se ha puesto en marcha un programa para dotar a los centros que vayan a manejar datos del Telescopio Espacial Hubble de personal y de facilidades de computación suficientes.

En Europa el eco entre las autoridades científicas ha sido menor que en USA. La Agencia Espacial Europea, que ha participado en el proyecto construyendo la Cámara de Objetos débiles y los dos paneles solares que proveen de energía al satélite, recibe a cambio un 15 por 100 del tiempo de observación para astrónomos europeos. Existe, sin embargo, la preocupación de que la comunidad científica europea pueda no ser capaz de aprovechar al máximo este tiempo que le corresponde si no se reacciona a tiempo.

José Miguel Rodríguez Espinosa es doctor en Astronomía por la Universidad de California, astrónomo-investigador en el Instituto de Astrofísica de Canarias y miembro del Comité del Programa Científico de la Agencia Espacial Europea.