

El sucesor del Hubble

MANUEL MONTES PALACIO

El 10 de septiembre de 2003, se anunciaba la definitiva selección de la tecnología óptica que se empleará para la construcción del telescopio espacial que dominará las próximas décadas. El New Generation Space Telescope, ahora bautizado como JWST (James Webb Space Telescope), en honor del que fuera segundo administrador de la NASA, en la década de los 60, se convertirá en el genuino sucesor del actual y famoso Hubble Space Telescope, ya en sus últimos años de vida operativa.

Ahora sabemos que el gigantesco espejo primario del JWST será construido con elementos complementarios de berilio, una tecnología que ha luchado codo con codo con otras propuestas durante la fase de definición del proyecto. Conocemos su diseño, conocemos a sus contratistas, y conocemos la fecha provisional en que será lanzado al espacio, agosto de 2011. Es el momento de empezar a trabajar en serio, de dar forma al más sofisticado y potente observatorio astronómico creado por los científicos. El JWST no será colocado en una órbita cercana a la Tierra, y por tanto, no podrá ser mantenido por esforzados astronautas, entrenados para reemplazar piezas defectuosas o estropeadas, o reparar fallos de diseño. Es la hora, también, pues, de crear los mecanismos adecuados que impidan la embarazosa aparición de estos últimos y que los diseñadores del Hubble no fueron capaces de evitar.

EL JWST es sin duda uno de los proyectos científicos más complejos y ambiciosos de los próximos lustros. Continuator de la estela de descubrimientos del Hubble, la comunidad investigadora cuenta con sus extraordinarias habilidades para dar forma a la astronomía del primer cuarto de este siglo.

EL DESCENDIENTE DE UNA ESTIRPE

La NASA consiguió recientemente colocar en el espacio al cuarto y último de sus cuatro grandes observatorios, el



EL DISEÑO DEL NGST REALIZADO POR LA EMPRESA BALL AEROSPACE. (FOTO: STScI)

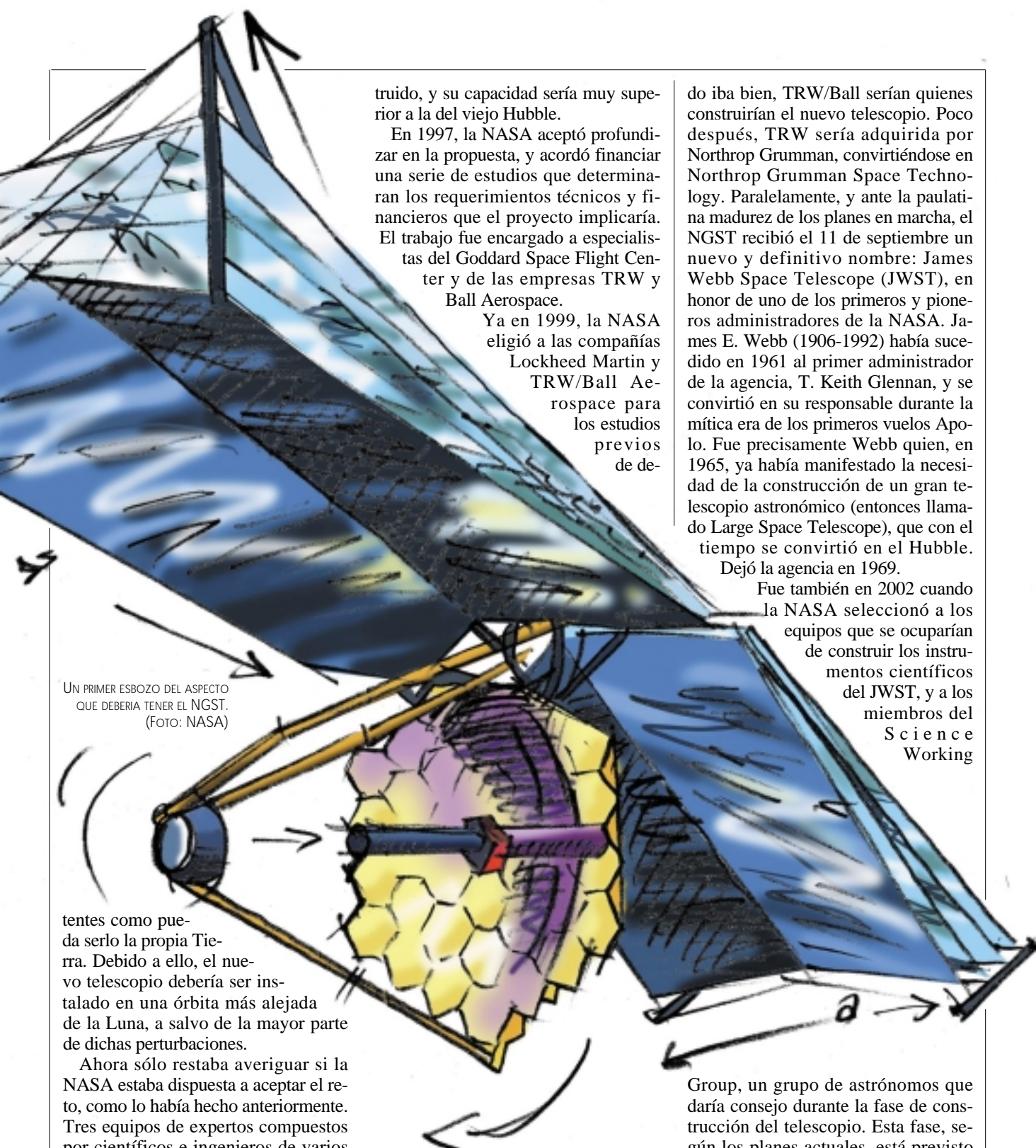


EL DISEÑO DEL NGST REALIZADO POR EL GODDARD SPACE FLIGHT CENTER. (FOTO: STScI)

SIRTF. Han pasado muchos años desde que este grandioso programa de exploración astronómica se iniciara. El Hubble, el Compton, el Chandra y ahora el SIRTF, han cubierto para los científicos interesantes porciones del espectro electromagnético. Pero ya ha llegado el momento de pensar en el futuro. El primero no podrá prolongar demasiado tiempo sus operaciones en órbita, el segundo ya dejó de trabajar, el tercero se halla en su apogeo de descubrimientos, pero no durará eternamente (no es posible su mantenimiento), y el último, si bien apenas ha iniciado su periplo, tiene una clara fecha de caducidad que viene definida por sus reservas de refrigerante. Por todo ello, los astrónomos llevan mucho tiempo pensando en cómo reemplazar a estos vehículos y en cómo realizar un nuevo salto cualitativo en su exploración del Cosmos.

En 1993, el Space Telescope Institute Council reunió a un comité de expertos, encabezado por el doctor Alan Dressler, para que examinara las opciones disponibles a la hora de dar forma a las misiones astronómicas espaciales del siglo XXI. Tres años después, en 1996, los 18 miembros de este comité anunciaban en su informe que el sucesor del Hubble debería ser un telescopio bastante más grande que éste y capaz de observar en el rango de la luz infrarroja. Una propuesta muy atrevida, teniendo en cuenta que el Hubble ya había ocupado toda la bodega de uno de los transbordadores espaciales.

Y además, ¿por qué el infrarrojo, si el Hubble se había centrado en el visible y el ultravioleta e infrarrojo cercanos? La razón es simple: esta longitud de onda es la que nos permite observar a través de las nubes de polvo y gas que se extienden en muchos lugares del Universo, y por eso debería permitirnos observar más allá y de forma mucho más clara. La observación infrarroja, sin embargo, es fácilmente perturbable por el "ruido" de fondo, las fuentes de calor próximas, tan po-



UN PRIMER ESBOZO DEL ASPECTO QUE DEBERÍA TENER EL NGST. (FOTO: NASA)

tentes como pueda serlo la propia Tierra. Debido a ello, el nuevo telescopio debería ser instalado en una órbita más alejada de la Luna, a salvo de la mayor parte de dichas perturbaciones.

Ahora sólo restaba averiguar si la NASA estaba dispuesta a aceptar el reto, como lo había hecho anteriormente. Tres equipos de expertos compuestos por científicos e ingenieros de varios sectores se reunieron para determinar si el proyecto era viable y estaba al alcance de la agencia. Entre la primavera y el verano de 1996, todos los grupos llegaron a la misma conclusión. El ahora llamado Next Generation Space Telescope (NGST), podría ser cons-

truido, y su capacidad sería muy superior a la del viejo Hubble.

En 1997, la NASA aceptó profundizar en la propuesta, y acordó financiar una serie de estudios que determinarían los requerimientos técnicos y financieros que el proyecto implicaría. El trabajo fue encargado a especialistas del Goddard Space Flight Center y de las empresas TRW y Ball Aerospace.

Ya en 1999, la NASA eligió a las compañías Lockheed Martin y TRW/Ball Aerospace para los estudios previos de de-

finición (Fase A). En base a ellos, en 2002, la agencia seleccionó a TRW/Ball Aerospace como los contratistas que se ocuparían de la Fase B del proyecto, la que realizaría los estudios detallados de diseño. En esencia, si to-

do iba bien, TRW/Ball serían quienes construirían el nuevo telescopio. Poco después, TRW sería adquirida por Northrop Grumman, convirtiéndose en Northrop Grumman Space Technology. Paralelamente, y ante la paulatina madurez de los planes en marcha, el NGST recibió el 11 de septiembre un nuevo y definitivo nombre: James Webb Space Telescope (JWST), en honor de uno de los primeros y pioneros administradores de la NASA. James E. Webb (1906-1992) había sucedido en 1961 al primer administrador de la agencia, T. Keith Glennan, y se convirtió en su responsable durante la mítica era de los primeros vuelos Apollo. Fue precisamente Webb quien, en 1965, ya había manifestado la necesidad de la construcción de un gran telescopio astronómico (entonces llamado Large Space Telescope), que con el tiempo se convirtió en el Hubble. Dejó la agencia en 1969.

Fue también en 2002 cuando la NASA seleccionó a los equipos que se ocuparían de construir los instrumentos científicos del JWST, y a los miembros del Science Working

Group, un grupo de astrónomos que daría consejo durante la fase de construcción del telescopio. Esta fase, según los planes actuales, está previsto que se inicie en 2004.

La decisión sobre una parte fundamental del diseño, la tecnología del espejo primario del observatorio, se hizo esperar. A apenas unos pocos meses del inicio de la construcción, la NASA ha seleccionado por fin cómo será di-

cho espejo y cómo se desplegará. El JWST dispondrá finalmente de un espejo primario de 6,5 metros de diámetro, fabricado en berilio. El contratista principal, Northrop Grumman, recomendó esta tecnología a la NASA, producida por Ball Aerospace & Technologies Corporation. La tecnología del espejo de berilio ha superado a la otra contendiente, el cristal de expansión ultra-reducida. Ambas fueron ensayadas y comparadas durante seis meses, teniéndose en cuenta también cuestiones tales como el coste, las instalaciones disponibles, el calendario de fabricación, etc. En 2004 se empezarán a construir los 18 segmentos hexagonales que darán forma a este espejo primario. Los elementos individuales estarán montados en una estructura que deberá desplegarse en órbita (no hay forma de enviar al espacio un telescopio con un diámetro fijo tan grande; el espejo del Hubble mide 2,4 metros y el vehículo ya ocupaba toda la bodega de su transbordador espacial). Así pues, el JWST tendrá un diámetro 2,5 veces mayor que el del Hubble, si bien su arquitectura permitirá que pese sólo un tercio. Gracias a su gran diámetro y a su posición en el espacio, el observatorio tendrá una sensibilidad en el infrarrojo varios órdenes de magnitud superior a la de cualquier otro instalado en tierra.

El calendario actual prevé que los instrumentos científicos del telescopio sean instalados en 2008 ó 2009. Tras un largo período de pruebas y chequeos, el James Webb Space Telescope será enviado a Kourou, en la Guayana Francesa, para un lanzamiento a bordo de un cohete Ariane-5, una de las contribuciones de la Agencia Espacial Europea al programa. En agosto de 2011, será colocado en una trayectoria inusual alrededor del punto de Lagrange 2.

EL MAYOR TELESCOPIO ESPACIAL

El principal objetivo del JWST es estudiar la formación de las primeras estrellas y galaxias, la evolución de estas últimas y la producción de los elementos químicos por parte de las estrellas, así como los procesos de forma-

ción estelar y planetaria. Para conseguirlo, necesita un sistema óptico con el mayor diámetro posible, para recoger la débil radiación infrarroja de los objetos más alejados del Universo, o la de aquellos ocultos tras densas nubes de polvo y gas.

Con sus 6,5 metros de diámetro, el JWST tendrá el poder de captación necesario para llevar a cabo su tarea. Su superficie, 6 veces mayor que la del es-

pejo primario del Hubble, recogerá suficiente luz infrarroja como para alimentar a los instrumentos científicos y detectores que la estudiarán, ingenios mucho más sofisticados que los que sirven en estos momentos a su antecesor. A pesar de su tamaño (una vez desplegado su sistema óptico), el JWST será más barato que el Hubble, entre una cuarta parte y un tercio de lo que costó este último. Tal grado de optimización económica se debe a que se va a emplear tecnología muy avanzada para su construcción, y a que no ha sido di-

zando el término de su vida estimada sin fallos ni problemas dignos de mención, y de hecho, esperan que pueda funcionar durante toda una década.

Han pasado muchos años desde que el Hubble fue diseñado. En este último el peso de su espejo primario representó una considerable fracción de su masa total.

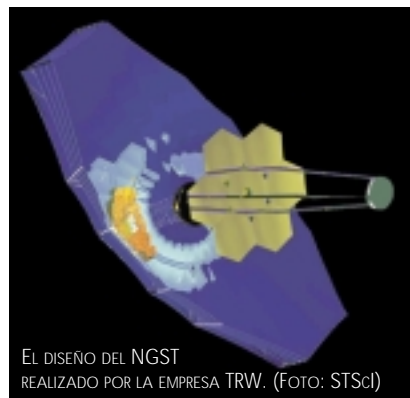
La razón es que el espejo debe mantener una forma muy concreta para ser ópticamente útil. Para conseguir tal rigidez, el Hubble utilizó un bloque de cristal sólido que pesó una tonelada. En cambio, la superior precisión del espejo del JWST se conseguirá mediante un método totalmente diferente: 18 segmentos muy delgados de bajo peso, hechos de berilio, capaces de mantener una forma adecuada gracias a una serie de ajustadores mecánicos instalados tras ellos, sobre la plataforma de soporte. Por

zar el término de su vida estimada sin fallos ni problemas dignos de mención, y de hecho, esperan que pueda funcionar durante toda una década.



pejo primario del Hubble, recogerá suficiente luz infrarroja como para alimentar a los instrumentos científicos y detectores que la estudiarán, ingenios mucho más sofisticados que los que sirven en estos momentos a su antecesor.

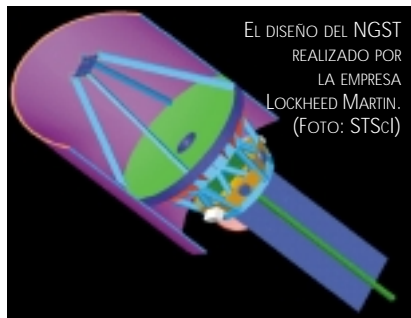
A pesar de su tamaño (una vez desplegado su sistema óptico), el JWST será más barato que el Hubble, entre una cuarta parte y un tercio de lo que costó este último. Tal grado de optimización económica se debe a que se va a emplear tecnología muy avanzada para su construcción, y a que no ha sido di-



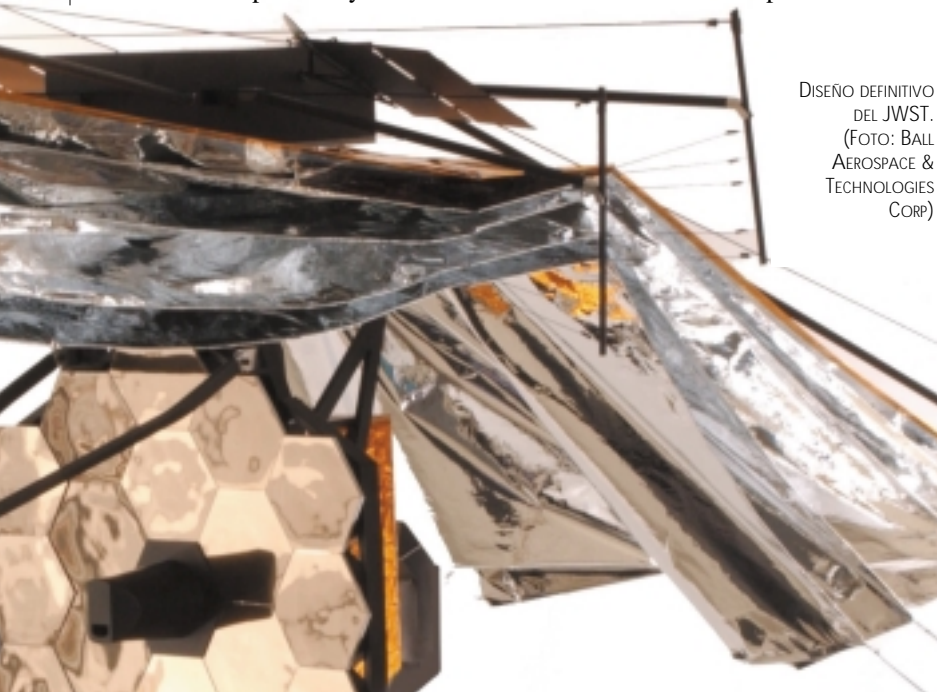
EL DISEÑO DEL NGST
REALIZADO POR LA EMPRESA TRW. (FOTO: STScI)

otro lado, el berilio es un metal con una alta resistencia por unidad de peso, que lo hace ideal para las aplicaciones astronómicas.

Gracias a este diseño, el espejo primario podrá ser optimizado para recibir luz en el infrarrojo cercano y en el infrarrojo medio. Los objetos más alejados de nosotros, en un Universo en expansión, han visto su luz desplazada hacia el rojo y más allá, de modo que deben ser estudiados en este tipo de longitudes de onda. Por otro lado, ya se ha mencionado que esta radiación es ideal para observar objetos semiocultos tras nubes de gas y polvo, como ocurre con los planetas y estrellas en



su objetivo en el "punto de mira", como le ocurre al Hubble, debido a su órbita próxima a la Tierra, donde se ve frecuentemente bloqueado por su presencia. En la llamada posición de La-



for-
m a -
c i ó n .

Gracias a la mayor longitud de onda del infrarrojo, esta luz resulta menos afectada por las partículas que bloquean otras frecuencias, como la visible.

Su gran sensibilidad serviría de poco si se viera perturbada por fuentes de radiación infrarroja (calor) cercanas al telescopio, como la Tierra, de modo que el JWST será enviado a una posición situada a 1,5 millones de kilómetros de nosotros. Allí, no deberá maniobrar constantemente para mantener

grange 2 (L2), un punto gravitatoriamente semi-estable, la Tierra, la Luna y el Sol se mantienen básicamente alineados. L2 se halla en el exterior de la órbita terrestre, y las fuerzas gravitatorias combinadas que trabajan sobre él pueden mantener a un vehículo espacial orbitando a su alrededor. Tanto es así que se necesita relativamente poca energía de propulsión para mantenerlo en esta posición. La zona tiene otras ventajas: no existen problemas de comunicaciones con nuestro planeta, y el entorno es más frío y estable que cerca de este último. Perfecto para llevar a cabo observaciones infrarrojas. Para hacer éstas más sensibles, el JWST utilizará un gran parasol que se ocupará

de mantener fríos a los instrumentos de detección, bloqueando la luz procedente del Sol, la Tierra y la Luna. La operación es sencilla, pues éstos permanecen alineados en todo momento.

Una vez lanzado a bordo de su cohete Ariane-5, el JWST dará una vuelta a la Tierra antes de alcanzar la velocidad apropiada para alejarse definitivamente. Orientado de forma adecuada respecto al Sol, y tras separarse el carenado del cohete, el telescopio desplegará sus antenas omnidireccionales para propiciar las comunicaciones iniciales con los controladores. Después, extenderá la estructura principal y las pértigas donde se hallarán los componentes del sistema de propulsión. Tras una rotación del telescopio, se abrirá el parasol. A continuación, se desplegarán los segmentos del espejo principal y el espejo secundario. Por fin, se dejará a la nave enfriarse, se verificará el funcionamiento de los instrumentos y se alineará la óptica. El JWST precisará 3 meses para alcanzar su lugar de destino. Su trayectoria quedará optimizada para llegar a L2 con la velocidad justa para reducir al máximo la energía

necesaria para la entrada en órbita alrededor de este punto. Por supuesto, un cohete mayor y más rápido podría acortar este plazo, pero ello aumentaría los costes, y de hecho, el telescopio puede empezar a operar durante su viaje.

Además de la NASA y de la ya mencionada Agencia Espacial Europea (compuesta por 15 países), también Canadá, a través de la CSA (Canadian Space Agency), participa en el proyecto. Esto significa que el tiempo del telescopio estará muy solicitado. Y si aún no está claro qué aportará cada nación (ello influirá en el desarrollo y utilización de los instrumentos), sí es obvio que no faltarán solicitudes para investigar con el ingenio. Los astrónomos efectuarán sus propuestas y un consejo supervisor analizará sus méritos. La metodología de selección y el uso posterior de los resultados corren paralelos a lo establecido durante el programa del telescopio Hubble, un

sistema que ya ha probado sobradamente su efectividad.

INSTRUMENTOS

Técnicamente hablando, el JWST observará en las longitudes de onda que van de 0,6 a 28 micrómetros, es decir, desde el verde (visible) al infrarrojo medio (invisible). El infrarrojo será la frecuencia más utilizada, y para este fin serán optimizados los instrumentos con los que se equipará al telescopio.

La NIRC*am* será una cámara para el infrarrojo cercano y el visible. Tendrá

28 micrómetros. El campo de visión de la cámara alcanzará los 2 por 2 minutos de arco.

Para apuntar de la forma más precisa al telescopio, éste poseerá el llamado Fine Guidance Sensor, que en la práctica también será utilizado como instrumento científico. Utilizará dos módulos de imagen, uno trabajando de 1,2 a 2,5 micrómetros y el otro de 2,5 a 4,5 micrómetros.

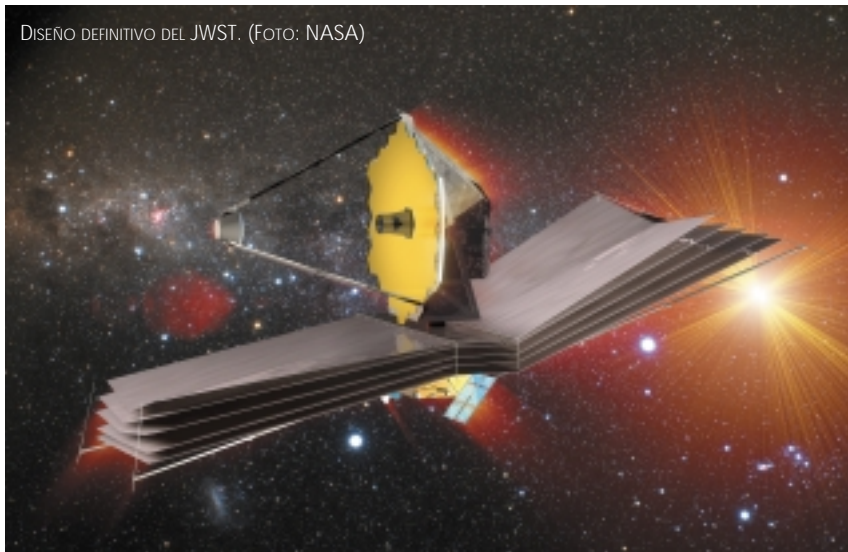
Los detectores electrónicos empleados serán de dos tipos: de 2.048 por 2.048 píxeles (infrarrojo cercano), y de 1.024 por 1.024 píxeles (infrarrojo me-

equivalente a la de un campo de tenis. Con él, el telescopio rebajará su temperatura hasta los -228 grados Celsius. Los instrumentos que operarán en el infrarrojo cercano necesitarán estar a -243 grados C, de modo que emplearán un sistema de refrigeración pasiva adicional. En cuanto a los detectores del infrarrojo medio, que precisan temperaturas de unos -266 grados C, utilizarán un sistema criogénico almacenado.

El gigantesco espejo primario, que volará hacia el espacio plegado, tendrá que abrirse con la precisión de un reloj. Si el diseño tiene éxito, la tecnología podrá utilizarse en el futuro para construir telescopios más grandes aún, ya sea para aplicaciones astronómicas (científicas) o militares. Por eso, la NASA está considerando organizar alguna misión espacial previa que permita validar el concepto y comprobar si el sistema funciona. Si el espejo no se abriera tras el lanzamiento, la agencia no podría hacer nada para solucionar el problema.

Suponiendo que todo vaya bien y que el JWST alcance su órbita en perfectas condiciones, los astrónomos esperan tener en él a un formidable instrumento de observación. A pesar de los avances actuales en los telescopios instalados en Tierra, de diámetros cada vez mayores (con espejos segmentados), empleando ópticas adaptativas para compensar las turbulencias atmosféricas, y con el uso combinado de dos o más telescopios, aún existe una necesidad para el JWST. La atmósfera terrestre es casi opaca a las longitudes de onda infrarrojas bajo las que trabajará este último. En realidad, la atmósfera brilla mucho en estas frecuencias, debido al calor que circula a través de ella, o provoca que las imágenes se vuelvan borrosas. Por eso, si queremos tener acceso a la luz infrarroja de este tipo enviada por objetos lejanos, debemos salir al espacio, donde el ambiente es muy frío y desaparecen las perturbaciones atmosféricas. La investigación de la formación estelar más temprana requiere unas condiciones muy especiales, incluyendo un muy bajo nivel de luz ambiental, e imágenes ultra-agudas, sólo disponible en el espacio.

La agudeza visual es lo que los astrónomos denominan resolución angular. La del JWST será mejor que 0,1



dos detectores, cada uno de ellos con un campo de visión de 2,3 por 2,3 minutos de arco, trabajando en las longitudes de onda de 0,6 a 2,3 micrómetros y de 2,4 a 5 micrómetros.

El segundo instrumento será el NIRS*pec*, un espectrógrafo para el infrarrojo cercano que permitirá obtener espectros de al menos 100 objetos simultáneamente, en el rango de 1 a 5 micrómetros, con un campo de visión de 3 por 3 minutos de arco. Un sistema microelectromecánico (MEMS), dotado de una parrilla de 1.000 por 2.000 diminutos obturadores, se ocupará de abrirlos o cerrarlos de forma inteligente, seleccionando los objetivos a fotografiar. Cada obturador integrado medirá apenas el grosor de un cabello humano.

Por último, el instrumento MIRI, dotado con una cámara y un espectrógrafo, trabajará en el rango de los 5 a los

dió). Estos detectores pueden ser montados unos junto a otros para conseguir el campo de visión necesario. En el caso de la NIRC*am*, se usarán detectores de HgCdTe construidos por Rockwell Scientific. El instrumento MIRI utilizará detectores Si:As de la empresa Raytheon. Por su parte, los detectores del NIRS*pec* y del FGS aún no han visto seleccionada la tecnología de sensores que van a utilizar.

Todos estos instrumentos quedarán agrupados junto al telescopio, recibiendo la luz recogida y enviada por éste desde el espejo secundario, sujeto por dos torres. El conjunto completo pesará 6.200 kg, algo más de la mitad de la masa del Hubble.

Uno de los retos tecnológicos de este vehículo, además del espejo primario segmentado, será el parasol que lo protegerá de fuentes externas de calor. Una vez abierto, tendrá una superficie

segundos de arco en la longitud de onda de los 2 micrómetros. Ello equivale a apreciar el tamaño de una moneda a una distancia de 40 km, o un balón de fútbol a una distancia de 550 km.

La información que recoja el telescopio será enviada a la Tierra mediante un transmisor de alta frecuencia, garantizando la potencia y alta calidad de la señal. Grandes antenas terrestres se ocuparán de la recepción y el reenvío hacia el JWST Science & Operation Center, situado en el Space Telescope Science Institute de Baltimore, Maryland, el mismo lugar desde el que se gestiona al telescopio Hubble.

OBJETIVOS

En su papel de gran instrumento astronómico espacial de la próxima década, el JWST deberá poder ver objetos mucho más débiles que los que observa actualmente el Hubble. Más en concreto, se espera que pueda detectar objetos de 10 a 100 veces menos brillantes. Así quedarán a su alcance las primeras estrellas y galaxias aparecidas durante la fase inicial del Universo. Observando a estos cuerpos, y comparándolos con otros más cercanos, y por tanto de aspecto reciente, podremos estudiar la evolución galáctica, la producción de los elementos químicos por parte de las estrellas, medir la geometría del Universo y la distribución de la materia oscura, e investigar los procesos de formación estelares y planetarios.

El JWST será un miembro central del programa Origins de la NASA, al que pertenecen ya el Hubble y el SIRTf, y al que pasarán a formar parte otras misiones, como la Space Interferometry Mission (SIM), ya en desarrollo. Sus descubrimientos serán coordinados con los resultados de estos otros proyectos. En el futuro, se espera iniciar misiones adicionales, como el Terrestrial Planet Finder (TPF) y el Life Finder (LF).

Con todas ellas, la NASA quiere dar muchas respuestas (y crear otros interrogantes también) a algunos de los actuales misterios a los que se enfrenta la Ciencia respecto al origen del Universo y de lo que en él se encuentra. El JWST tendrá a su alcance galaxias cuya luz tendrá desplazamientos al rojo de 15 a 30, es decir, de épocas en las

que el Universo apenas tenía entre el 1 y el 2 por ciento de su edad actual, que se supone es de entre 13.000 y 14.000 millones de años. Si hacemos caso a la primera cifra, y si tenemos en cuenta que los astrofísicos opinan que las primeras estrellas aparecieron hace 12.700 a 12.900 millones de años, el JWST podrá observar esta formación estelar primigenia.

Sin mirar tan lejos, el JWST también será útil en el descubrimiento de planetas alrededor de otras estrellas. Hasta ahora, más de un centenar de dichos planetas han sido localizados, básicamente por los efectos gravitatorios que ocasionan sobre sus estrellas, por lo que son necesariamente muy grandes (iguales o mayores que Júpiter). No hemos sido capaces todavía de observar uno de ellos de forma directa. El



EL JWST SERÁ LANZADO EN UN COHETE ARIANE-5 COMO ÉSTE.

JWST, en cambio, podría ser capaz de detectar la radiación infrarroja arrojada por la superficie de alguno de ellos, también de un tamaño similar a Júpiter. Además, durante su formación, en discos protoplanetarios compuestos por materia prima similar a los cometas, los planetas jóvenes son aún bastante calientes, lo que facilita su detección infrarroja. Gracias a un coronógrafo que enmascarará la luz de la estrella madre, el JWST podrá explorar en busca de la presencia de estos discos protoplanetarios y de posibles planetas condensándose en su interior. Y aunque su resolución no permitirá ver detalles de su superficie, al menos podremos constatar su existencia directamente, como puntos de luz orbitando alrededor de sus estrellas.

Otro tipo de objeto que el JWST podrá detectar son las enanas marrones, estrellas de muy baja masa que carecen de la capacidad de brillar como nuestro Sol, en regiones de formación estelar como la de Orión, donde los astrónomos creen que aparecen en alto número. Es lógico suponer que, además de estrellas grandes y medianas normales, estas zonas produzcan otras fallidas, mucho más pequeñas y que acabarán flotando en solitario o en órbita alrededor de otras que sí han conseguido producir reacciones de fusión en su núcleo.

Por último, el JWST, aunque no podrá ver directamente la presencia de la "materia oscura", aquella que se nos muestra invisible, sí podrá medir sus efectos. Los astrónomos saben que dicha materia existe porque se notan sus efectos gravitatorios. Las grandes masas perturban el espacio-tiempo, y con ello son capaces de desviar los rayos de luz. Esta especie de "lentes gravitatorias" son muy útiles para ciertas investigaciones, y el nuevo telescopio estará especialmente dotado para detectarlas.

La cuenta atrás, aunque en este caso muy prolongada y seguramente erizada de problemas y dificultades técnicas, ya se ha iniciado. Mientras los astrónomos luchan por exprimir hasta la última gota toda la ciencia que le queda al Hubble, ingenieros, tecnólogos y científicos dan los últimos toques al diseño definitivo de esta nueva máquina que, como hiciera su antecesor, deberá descubrirnos un Universo totalmente nuevo y más espectacular aún si cabe ■