

XEUS: astronomía del siglo XXI

MANUEL MONTES PALACIO



La Agencia Espacial Europea está preparando su próxima misión astrofísica de altas energías. El

telescopio de rayos-X XEUS, que continuará la senda del reciente XMM Newton, se configura como la más ambiciosa empresa astronómica propuesta por la ESA en el espacio.

La Agencia Espacial Europea (ESA) coopera en la construcción de la Estación Espacial Internacional. Su participación, que incluye la aportación de diversos elementos, como el futuro módulo laboratorio Columbus, y el envío de astronautas-científicos, abre las puertas al Viejo Continente a nuevas posibilidades en el ámbito de la investigación.

Como miembro de pleno derecho del grupo de países y agencias que colaboran en el paulatino ensamblaje del gigantesco complejo orbital, la ESA estudia cómo explotar las particulares capacidades ofrecidas por éste.

Hace algunos meses, el Horizon 2000 Plus Survey Committee, un comité establecido para organizar y supervisar las propuestas enmarcadas en el programa Horizonte 2000 Plus, recomendó al consejo de la ESA el estudio de una posible misión astronómica de altas energías que aproveche las oportunidades ofrecidas por la Estación Espacial Internacional (ISS).

No es una propuesta extraña. Como lo demuestra el recientemente lanzado XMM Newton, también de la ESA, o el propio Chandra estadouni-

dense, los futuros observatorios que traten de realizar aportaciones significativas en el campo de la astrofísica de altas energías (sobre todo rayos-X) alcanzarán en breve unas dimensiones que bordean el límite de la capacidad de los actuales lanzadores, de manera que difícilmente podrán ser enviados al espacio de una sola pieza. Ante esta perspectiva, los ingenieros creen que los telescopios de dentro de una o dos

décadas deberán estar necesariamente compuestos por diversos elementos, piezas que como un rompecabezas tendrán que ser ensambladas en órbita antes de adoptar su aspecto definitivo.



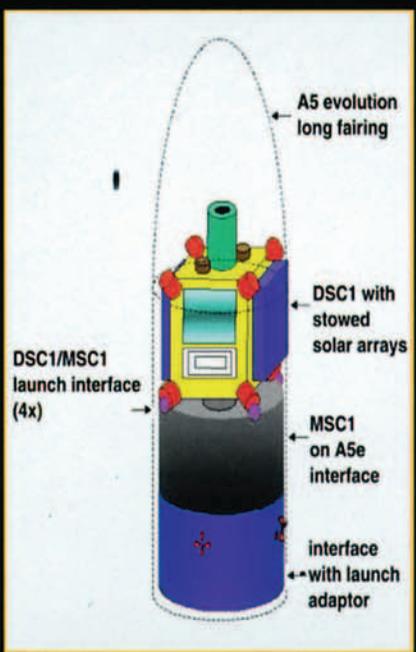
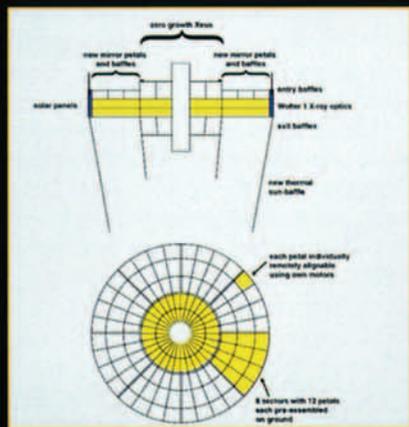
El XEUS, unido a la estación espacial internacional, durante el proceso de montaje de los espejos suplementarios.

Una operación de este tipo sólo se puede hacer con el apoyo de una infraestructura orbital adecuada, una plataforma como la ISS. Su disponibilidad es una excusa perfecta para que el proyecto XEUS pueda iniciarse.

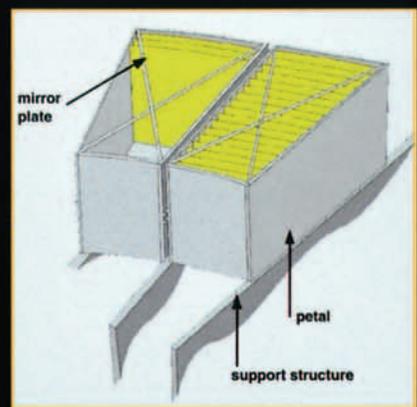
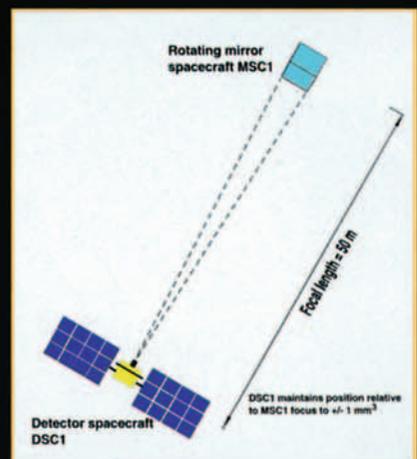
mucho más baja que la de otros vehículos pensados para astronomía de rayos-X, como el propio Newton. La razón es que una vez pasados cuatro o cinco años, el XEUS modificará su posición y viajará hacia la estación

EL TELESCOPIO QUE PODRÁ CRECER

El proyecto XEUS (X-Ray Evolving Universe Spectroscopy Mission) es una propuesta muy ambiciosa. Tanto que sus promotores han delimitado claramente dos fases en el programa: XEUS 1 y XEUS 2. Durante la primera etapa de su misión (XEUS 1), el telescopio de rayos X permanecerá con una configuración básica en una órbita terrestre baja,



En la parte superior izquierda: esquema del vehículo con los instrumentos detectores. En el centro: la configuración de despegue del XEUS 1. A la derecha: disposición de los dos vehículos (espejos/detectores) en órbita. Abajo, a la izquierda: esquema de la distribución de los segmentos de los espejos. A la derecha: esquema de los pétalos con los segmentos de espejos. (Foto: NASA)



ISS, donde permanecerá acoplado durante algún tiempo. Un período que se empleará para transformarlo completamente: gracias a la utilización de un brazo robótico, el vehículo verá enriquecido su aspecto con un nuevo juego de espejos de mayor diámetro. Así, cuando abandone el complejo, lo hará como XEUS 2, un enorme telescopio capaz de revelarnos los secretos de la evolución cósmica del Universo.

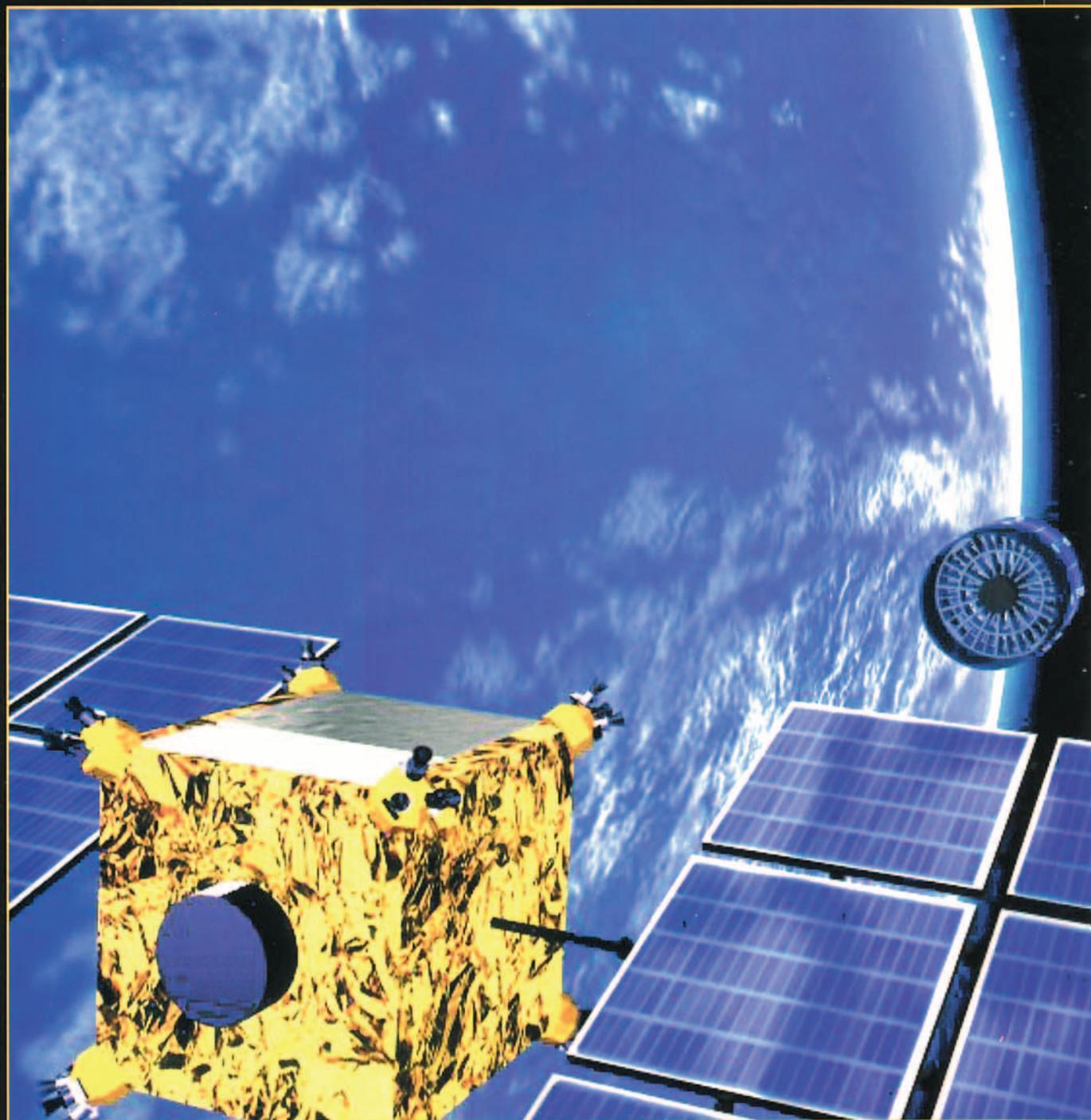
En efecto, el principal objetivo del XEUS son los rayos-X que inundan el espacio y que proceden de fenómenos muy energéticos, como agujeros negros, supernovas, etc. Los astrónomos creen que en el Universo temprano estos fenómenos eran más frecuentes, y que por tanto estudiarlos revelará una gran cantidad de información sobre el Cosmos cuando era aún muy joven. Mirar atrás en el tiempo implica mirar más lejos, de modo que para ello son necesarios telescopios más y más potentes. Podemos así contemplar la luz enviada por galaxias lejanas que ha tardado 10.000 millones de años o más en llegar a nosotros, mostrándonos cómo eran éstas en esa época, cómo aparecieron y se formaron.

Un telescopio como el XEUS podrá darnos información sobre qué ocurrirá en esos cruciales momentos. Mientras que los mayores telescopios que trabajan en longitudes de onda como el visible o el infrarrojo nos pueden mostrar la transformación de los cúmulos de gas en galaxias, el XEUS se centrará en examinar fenómenos mucho más calientes y energéticos, como los agujeros negros primigenios. Así, y siempre hablando de proyectos de la ESA, la misión Planck (2007) se encargará del fondo de microondas, la FIRST (2007) del infrarrojo lejano y el NGST (2008), en el que participa la ESA junto a los Estados Unidos, del infrarrojo cercano. La XEUS, por su parte, se ocupará de los rayos-X.

Para que nos hagamos una idea de los diversos orígenes de las distintos tipos de radiación, recordaremos que los rayos de luz visible que nos llegan del Sol se han producido en una estrella cuya temperatura es de unos 5.500 grados Celsius. Las microondas o los rayos infrarrojos, en cambio, proceden de fuentes mucho más frías, mientras que los rayos-X vienen de



Un Ariane-5 podrá colocar en órbita al XEUS.



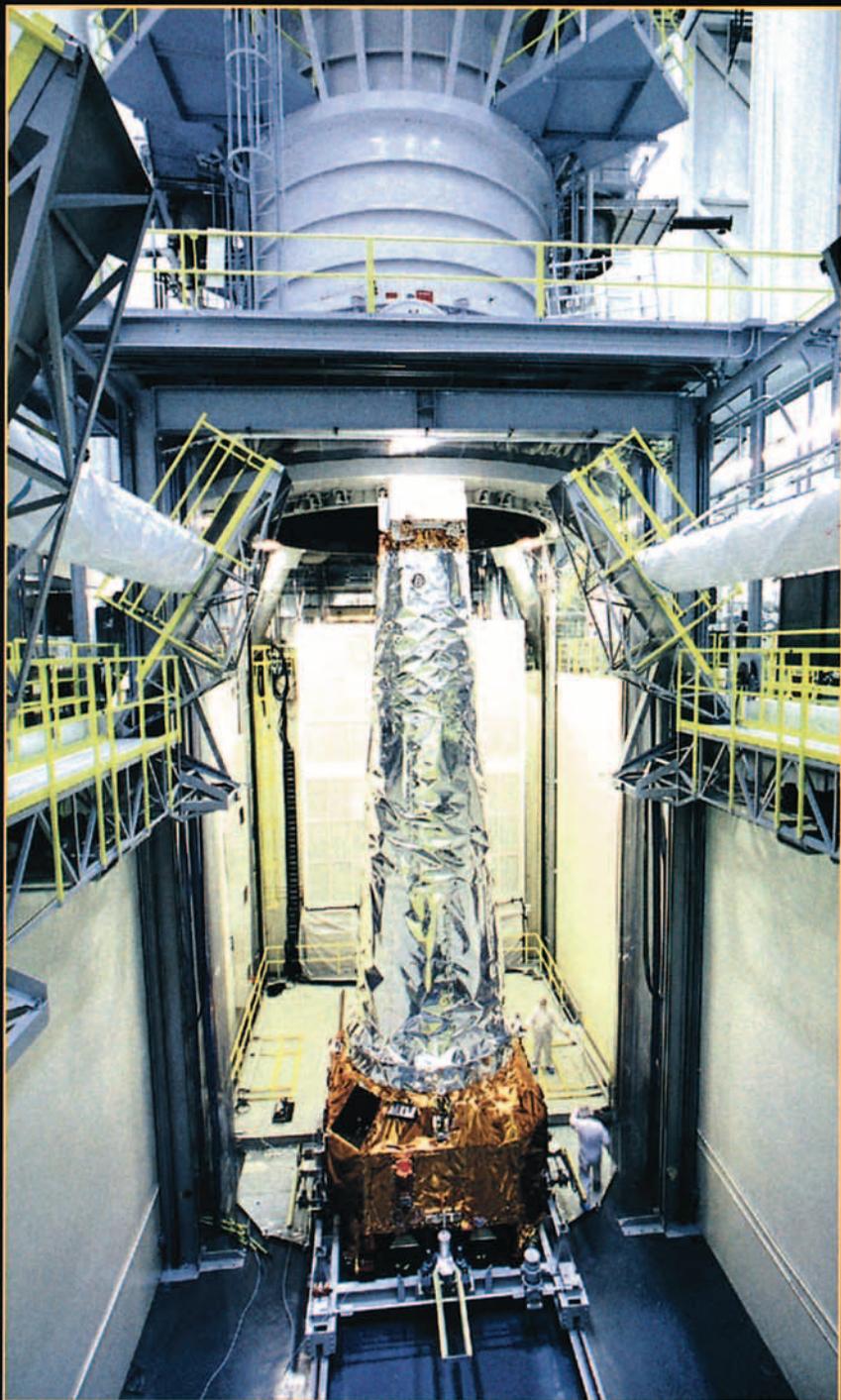
Los dos vehículos que forman el XEUS, trabajando en órbita terrestre.

regiones donde reinan temperaturas de millones de grados. Si tenemos en cuenta que la mayor parte de la materia observable se encuentra muy caliente, es obvio que debemos potenciar nuestra vigilancia de las fuentes de rayos ultravioleta y X.

El XEUS nos aportará datos sobre cómo era el Universo temprano. En la actualidad, la gravedad actúa sobre las nubes de gas, que se colapsan sobre sí mismas, creando aglomeraciones de materia tan densas y calientes que acaban transformándose en estrellas. Liberando la energía producida por los procesos de fusión nuclear presentes en su núcleos, las estrellas mantienen un equilibrio pre-

cario que impide que acaben colapsando totalmente debido a la gravedad y se conviertan en agujeros negros u objetos semejantes. Sin embargo, cuando el Universo era muy joven, sólo las nubes gaseosas más masivas podían llegar a colapsarse, y el resultado no eran estrellas sino agujeros negros.

Los teóricos opinan que en el Universo primigenio existía una gran cantidad

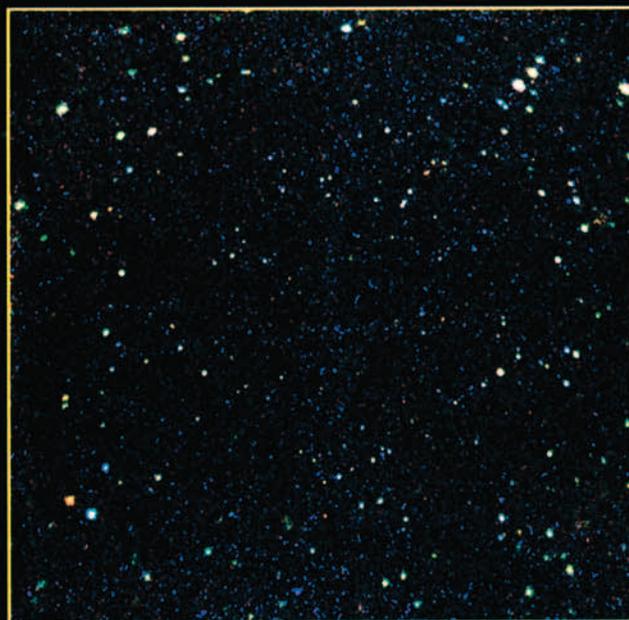


de agujeros negros con masas millones de veces superiores a la de nuestro Sol. La presencia de estos objetos sería la principal causa de la aparición de los rayos-X que ahora pueden detectarse en el fondo de radiación, procedentes de ninguna fuente en particular e inundando el Cosmos. El XEUS tratará de verificar esta hipótesis buscando los agujeros negros de aquella época.

Para ello se necesita un sistema telescópico espectacular, mucho más poderoso que el reciente XMM Newton. Es cierto que el Newton es un gran paso adelante, pero su capacidad colectora aún resulta insuficiente para lograr capturar los rayos-X de las fuentes más lejanas, que son las que nos interesa porque significa que pertenecen al inicio del Universo.

El Chandra es el observatorio estadounidense de rayos-X.

Durante su primera fase, el XEUS tendrá una sensibilidad 100 veces superior a la del Newton. Pero cuando el XEUS 2 se haga realidad, ésta será 250 veces mejor que la del citado XMM. Los astrofísicos creen que esto será suficiente para obser-



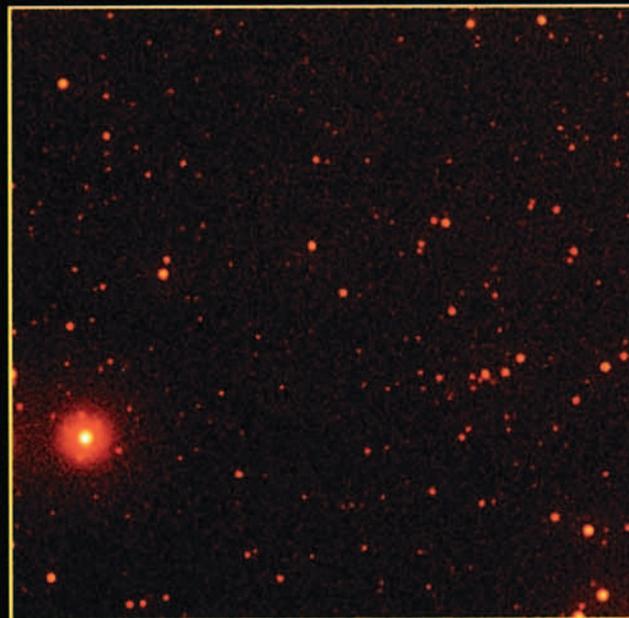
NASA

El espacio profundo visto en rayos-X.

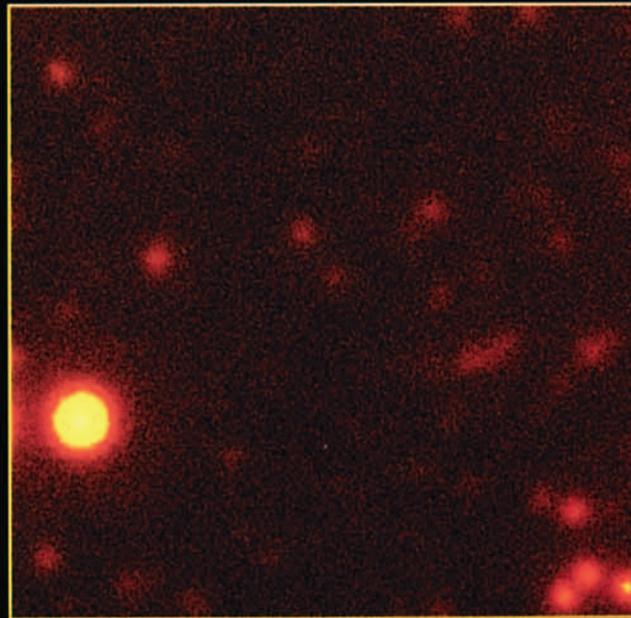


STScl

El espacio profundo en el espectro visible, visto por el telescopio Hubble.



ESA



ESA

Diferencias simuladas de resolución entre los sistemas de observación en rayos-X actuales y futuros.

var las fuentes más lejanas y por tanto más débiles.

Con el XEUS 2 en operación veremos cómo se precipita la materia sobre los agujeros negros primigenios, y cómo este proceso produce rayos-X. También sabremos a qué distancia se encuentran estos objetos y cuál es la naturaleza de la materia que cae en ellos.

Creemos que los primitivos agujeros negros han sobrevivido hasta nuestros días, formando el núcleo de las galaxias. Por tanto, comparando los corazo-

nes de galaxias cercanas y lejanas en el espectro de los rayos-X obtendremos detalles interesantes de su historia, de su evolución desde el pasado más alejado hasta la época más moderna.

El XEUS también colaborará en la resolución de otros misterios en los que trabaja la Astrofísica. Por ejemplo, en la identificación de la materia oscura, materia de la cual no detectamos radiación alguna y por tanto desconocemos su naturaleza, aunque sí notamos su influencia gravitatoria. Dicha mate-

ria atrapa en ocasiones gases calientes que sí brillan emitiendo rayos-X, con lo que podremos tener una mejor idea de su distribución y evolución.

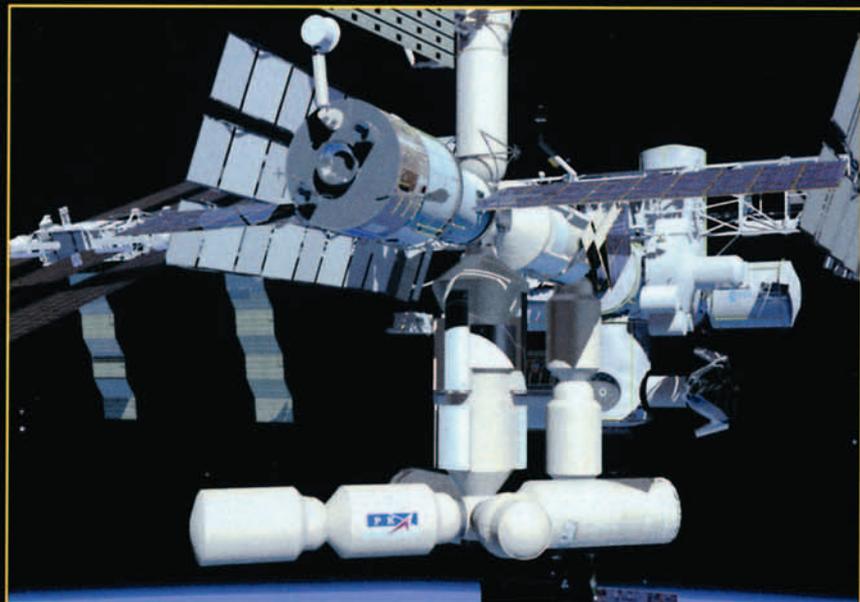
El telescopio nos ayudará asimismo a hacer un seguimiento sobre cómo el Universo se ha ido enriqueciendo, con el paso del tiempo, con elementos químicos cada vez más pesados, el resultado de la actividad nuclear de las estrellas y de sus explosiones. Estos elementos más pesados son los que, de forma más o menos

reciente, han permitido la formación de planetas como el nuestro.

Sin duda, el nombre del XEUS no es casual. Nos ayudará a ver cómo ha evolucionado el Universo y a comprender cuál es nuestro origen.

TECNOLOGIA DE VANGUARDIA

A diferencia de los espejos usados en los telescopios ópticos, que son más o menos planos (en realidad parabólicos) y concentran la luz que captan en un punto, los empleados en un telescopio de rayos-X tienen un aspecto cilíndrico aunque con características en parte parabólicas y en parte hiperbólicas. No sólo eso: se necesitan muchos de ellos, de diversos diámetros, uno dentro de otro, en una configuración anidada única, para permitir que los rayos-X penetren y reboten en las múltiples superficies hasta ser enfocados correctamente. Los tres telescopios del XMM Newton tienen un diámetro máximo de 70 cm, 60 cm de alto y poseen 58 espe-



Impresión artística de la zona trasera de la estación, con el puerto del módulo Zvezda en primer plano.

jos anidados. En cambio, el XEUS 1 tendrá un telescopio de 4,5 metros de diámetro (el máximo posible para un lanzamiento en un cohete convencional Ariane-5) y 1 metro de largo,

compuesto por 300 espejos anidados. Las superficies colectoras aprovechables serán 6 metros cuadrados en el rango de 1 keV y 3 metros cuadrados en los 8 keV.

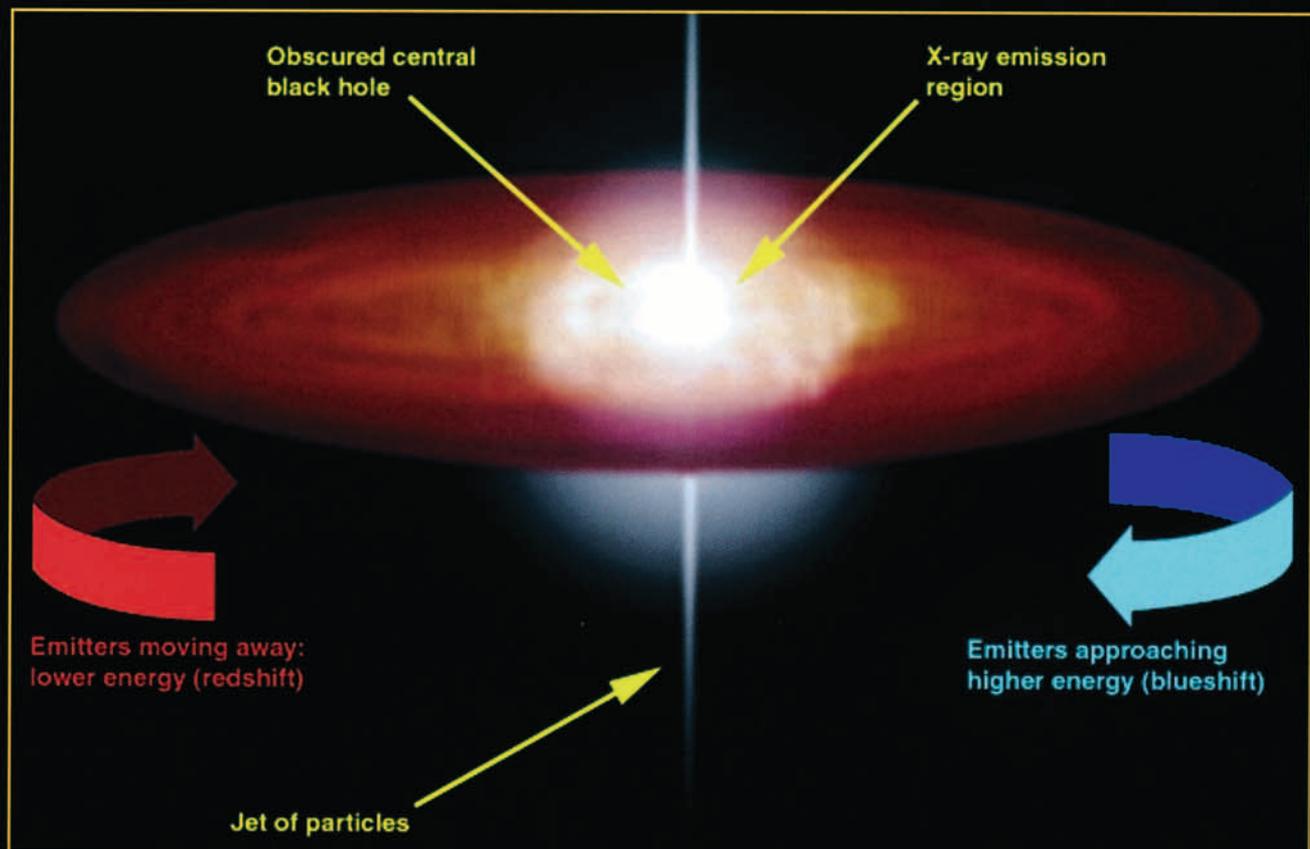


Gráfico sobre la emisión de rayos-X en las cercanías de un agujero negro.

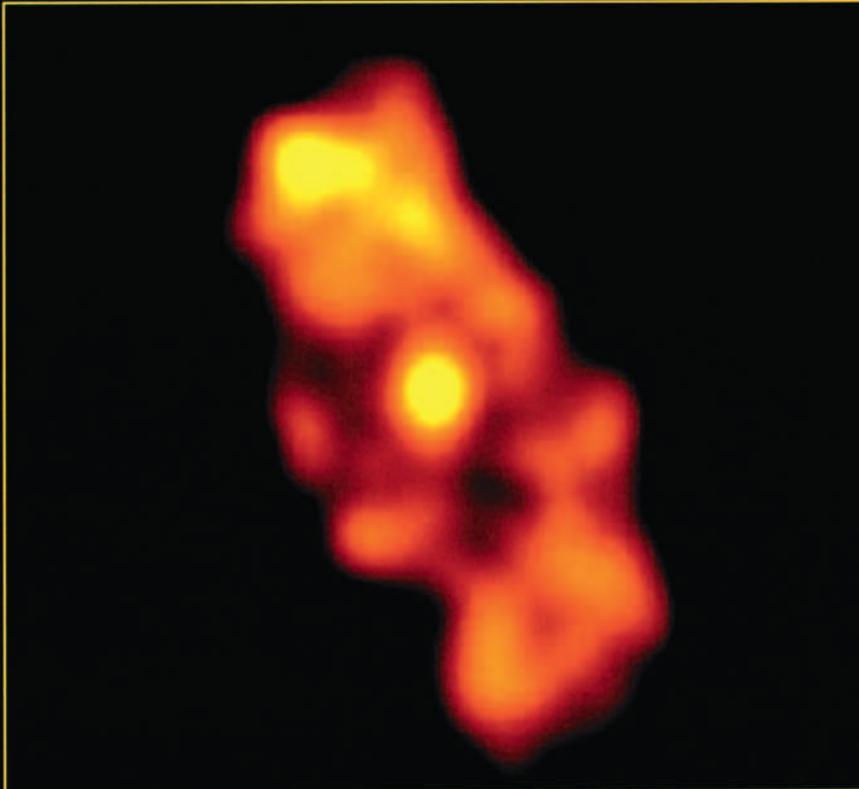
En la fase XEUS 2, el diámetro se verá incrementado hasta los 10 metros, y el número de espejos hasta los 500. Esta es la razón por la que el satélite deberá permanecer unido a la estación ISS, donde le serán acoplados diversos segmentos de espejos hasta completar su aspecto final. En este punto, el XEUS pesará 17 toneladas y tendrá la mejor resolución posible (una milésima de grado). Para 1 keV, el área utilizable será de 30 metros cuadrados, y de 3 metros en los 8 keV.

Sin duda, la construcción de espejos con estas características técnicas es uno de los retos más importantes. La tecnología original empleada para el programa Newton es válida, pero deberá ser mejorada sustancialmente. De momento, el contratista italiano que se encargó de su construcción, Media Lario, ya ha demostrado que es posible elaborar un espejo de ocho segmentos y conseguir que su forma final sea la que demanda la altísima precisión necesaria para este tipo de misión.

Si el concepto es aceptado definitivamente, los diversos segmentos adicionales con las secciones de los espejos quedarán almacenados en un receptáculo, listos para ser ensamblados como los pétalos de una flor. Dicho receptáculo podrá ser enviado hacia la ISS en el interior de la bodega de un transbordador. Cuando el XEUS visite el complejo para su operación de mantenimiento radical, un brazo robótico cogerá cada uno de los segmentos y los situará en sus puntos de anclaje, alrededor del cuerpo del XEUS 1, hasta completar la transformación.

Más concretamente, cuando el XEUS 1 despegue desde la Tierra dispondrá de dos anillos concéntricos de 16 pétalos cada uno, rodeando un cilindro que contendrá los subsistemas del satélite. Durante la fase XEUS 2 se añadirán tres anillos de pétalos más, cada uno organizado en sectores de doce pétalos, unidos a ocho sectores específicos del XEUS 1. Cada pétalo, además, estará equipado con motores que permitirán su orientación individual para garantizar una alineación perfecta.

Pero su particular grupo de espejos no es la única característica destacable de este observatorio futurista. La longitud focal del XMM Newton es de 7,5 metros, una de las razones de



su aspecto colosal, con un tubo extremadamente grande. Por su parte, el XEUS dispondrá de una longitud focal de 50 metros. Como no es posible construir un tubo tan largo, los ingenieros han optado por dividir el observatorio en dos partes, cada una de ellas con capacidad de vuelo libre.

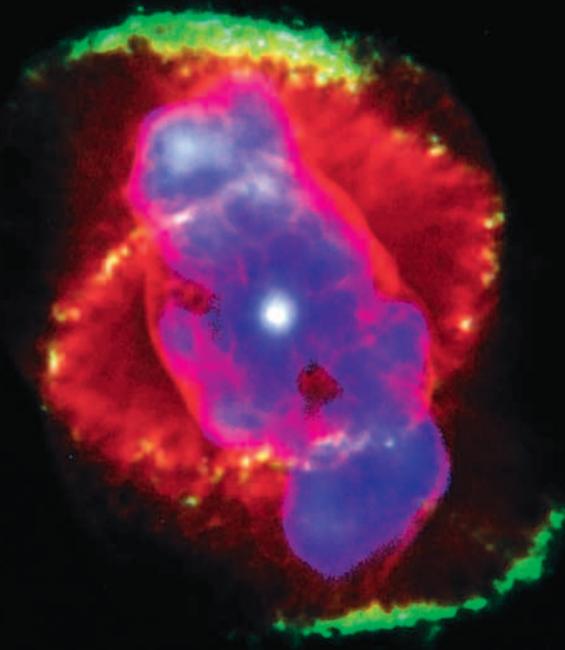
Así, la Mirror Spacecraft será el satélite con los espejos, mientras que la Detector Spacecraft será el vehículo, equipado con paneles solares, que transportará los instrumentos detectores y donde incidirá el foco del telescopio. Esta estrategia implicará un sistema muy sofisticado de orientación, ya que ambos vehículos deberán permanecer siempre a una misma distancia y perfectamente alineados. Para ello se usará un sistema de control y seguimiento óptico avanzado, unido a una dotación de pequeños propulsores enfocados en todas direcciones. El mantenimiento de las distancias y orientaciones deberá ser muy estricto (al milímetro) o de lo contrario los sensores no detectarán la luz captada por los espejos o la recibirán desenfocada.

Durante el lanzamiento, el XEUS 1 mantendrá sus dos vehículos independientes unidos entre sí. Un cohete

européo Ariane-5 los colocará en órbita baja. Una vez en el espacio, a 600 km de altitud y en una inclinación compatible con la de la Estación Espacial Internacional, ambos se separarán para empezar a trabajar.

En principio está previsto que el XEUS 1 opere bajo esta configuración durante unos 4 ó 5 años, en función de los intereses de los astrónomos. Después, tratará de dirigirse hacia la ISS para unirse a ella y recibir la instalación de los espejos suplementarios. Si algún impedimento insalvable hiciera imposible esto, ya sea por problemas técnicos, económicos o de otra naturaleza en el programa XEUS, o por dificultades en la propia ISS, el observatorio puede continuar funcionando en su configuración inicial hasta el agotamiento del combustible de maniobras almacenado a bordo.

Pero si todo va bien, un transbordador espacial o un vehículo logístico europeo (ATV) habrá llevado hasta la estación el juego suplementario de espejos y todo estará a punto para aumentar sus capacidades. El XEUS 1, con los dos vehículos de nuevo unidos (el detector es el que tiene capacidad de maniobras), deberá descender desde su órbita de 600 km hasta los menos de



Comparación entre una observación en rayos-X y otra cercana al visible de un mismo objeto.

evolucionar al sistema en sus diversas fases a lo largo del tiempo, posibilita también distribuir mejor los costes.

El ciclo de mantenimiento del XEUS podrá repetirse cada 5 ó 6 años, siempre con los últimos avances tecnológicos, proporcionándole una vida operativa de más de dos décadas. De esta manera, promete estar a la vanguardia de este sector de la astrofísica durante 20 ó 30 años, garantizando una buena rentabilidad de la considerable inversión inicial que precisa.

Cuando esté en órbita, en 2007, la limitada altitud de la trayectoria por la cual evolucionará obligará a poner en práctica un elaborado plan de observaciones, evitando así las interferencias producidas por el horizonte terrestre. Además, el nodo ascendente de su órbita quedará sincronizado cada cierto tiempo de forma natural con el de la ISS, facilitando el posterior encuentro con la estación con el menor consumo de combustible. Pero todos estos detalles se nos antojan aún un tanto lejanos hasta que el programa haya sido definitivamente aprobado y puesto en marcha.

Para que ello sea posible, se deben realizar diversos avances. Los espejos son el sector tecnológico que está recibiendo mayor atención durante las etapas preliminares de definición, en particular cómo construir de forma económica los sistemas estructurales y los propios espejos. A un ritmo inferior se están estudiando las tecnologías apropiadas para dar forma tanto a los satélites como a sus cargas útiles. Los instrumentos de detección son especialmente importantes y su diseño queda en manos de los expertos más avanzados en este campo.

En breve sabremos si XEUS puede convertirse en realidad en su presente forma o si, merced a los costes, algunas de sus propiedades, sobre todo su diámetro, deberán ser modificados. Pero teniendo en cuenta los objetivos y la disponibilidad actual de observatorios como el Chandra o el Newton, parece claro que debe apostarse por un verdadero salto cualitativo adelante que justifique su inversión y asegure el éxito futuro de sus descubrimientos ■

400 en los que opera la ISS, y acoplarse al puerto de atraque del módulo Zvezda. Entonces, un brazo robótico instalado en este módulo (probablemente el European Robotics Arm) se ocupará del montaje de los pétalos. Los últimos toques de la notable transformación los llevarán a cabo los astronautas del complejo durante uno o varios paseos espaciales. Completado el proceso, el XEUS 2 se separará de la ISS y volverá a su órbita original para continuar trabajando.

Otro aspecto fundamental del proyecto es la flexibilidad de la configuración espejos/detectores. Al mismo tiempo que el vehículo con los espejos puede ser mejorado con los nuevos segmentos, el satélite con los detectores de rayos-X también puede ser actualizado. Si es necesario, puede descartarse en cualquier momento la Detector Spacecraft y reemplazarla con una nueva equipada con la última tecnología en detectores. En su primera encarnación, éstos consistirán en dos espectrómetros refrigerados hasta casi el 0 absoluto, sensibles a energías de entre 50 a 10.000 electronvoltios. Otros sensores, esta vez basados en cámaras electrónicas CCD, modifica-

das para trabajar con rayos-X, se ocuparán de energías superiores.

Si dentro de los siguientes años después del lanzamiento del XEUS 1 se cree necesario cambiar los detectores por otros, bastará con construir una Detector Spacecraft nueva y enviarla a un encuentro con la Mirror Spacecraft. Su lanzamiento puede ser directo, sin necesidad de pasar por la estación espacial, pero de momento se espera que el paso a la fase XEUS 2 sea el instante más apropiado para inaugurar el uso de un segundo satélite detector. Así, el primero será desechado y el nuevo, lanzado con otro cohete Ariane-5, se unirá al XEUS 2, aún acoplado a la ISS, para después reanudar su vuelo independiente en dirección a la órbita de trabajo.

VISION DE FUTURO

Tanto el coste como los objetivos de la misión la convierten en un proyecto tremendamente ambicioso que podría hacer que la ESA viera con muy buenos ojos la participación de otras naciones, en particular de aquellas que ya colaboran en la construcción de la estación internacional. De todos modos, la estrategia elegida, que permite hacer

NASA