

Los nuevos satélites *Explorer*

MANUEL MONTES PALACIO

Con la retirada del longevo telescopio espacial Spitzer, la NASA está ya preparando nuevas misiones que trabajarán en el espectro infrarrojo. Una de ellas es la llamada SPHEREx, personificada en un vehículo equipado con un espectrofotómetro que nos ayudará a estudiar el origen del universo. Además, en el ámbito de los rayos X, la NASA está preparando la misión IXPE, que dispondrá de tres telescopios idénticos para medir la polarización de este tipo de radiación astronómica. Ambas pertenecen a la nueva oleada de satélites científicos Explorer, de pequeño y mediano tamaño, que van ser lanzados a lo largo de los próximos años.

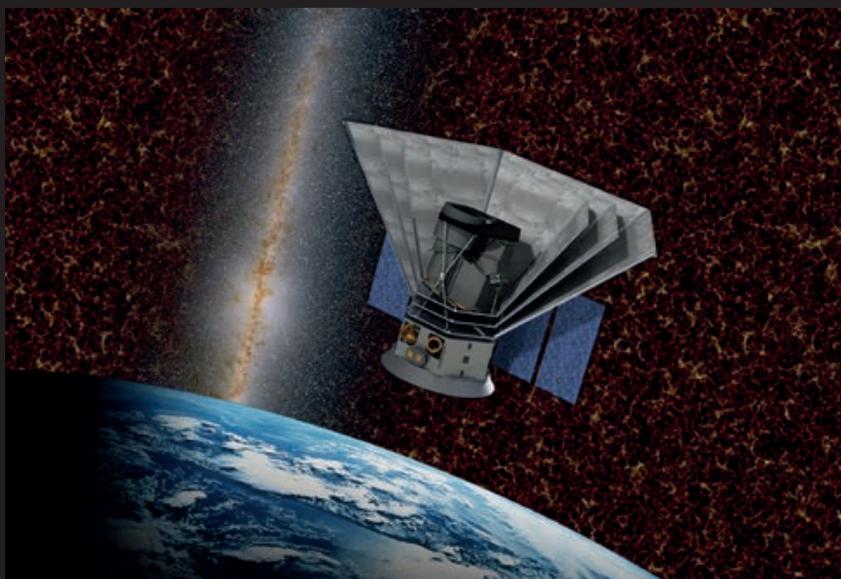


Ilustración del satélite SPHEREx. (Imagen: Caltech)

Cada poco tiempo, la NASA emite solicitudes de nuevas propuestas de misiones científicas en el marco de su exitoso programa Explorer, el cual se remonta a los inicios del programa espacial estadounidense. Después de una revisión preliminar, los candidatos ganadores empiezan la fase definitiva de desarrollo, siguiendo las estrictas condiciones impuestas por la agencia. Se trata de misiones de rápida implementación, y suelen responder a las necesidades del momento, ya sea para cubrir nuevas áreas del conocimiento o para sustituir a otras misiones que ya se han retirado al alcanzar el final de su vida útil.

Las motivaciones para SPHEREx podrían encontrarse en ambos sectores. En febrero de 2019 la NASA la seleccionaba como su próxima misión Explorer de clase intermedia. Con un coste inferior a 250 millones de dólares, deberá ser enviada al espacio hacia el 31 de diciembre de 2023, desde

donde efectuará una revisión completa del cielo obteniendo durante dos años innumerables espectros en el infrarrojo cercano, una franja del espectro electromagnético de gran interés astrofísico.

SPHEREx (denominado así por las siglas de Spectro-Photometer for the History of the Universe, Epoch of Reionization and Ices Explorer) tendrá, como su nombre indica, diversos objetivos, entre ellos analizar la presencia de agua alrededor de otros sistemas estelares y la distribución de materia en el universo, gracias a la observación de 450 millones de galaxias. Esta cifra podría aumentar si la misión ve prolongado su tiempo de trabajo.

La SPHEREx fue propuesta inicialmente a la NASA el 19 de diciembre de 2014, siendo seleccionada el 30 de julio de 2015 para un estudio preliminar, en el marco del programa SMEX (Small Explorer). Dicho estudio produjo un informe que se presentó el 19

de julio de 2016, no siendo finalmente elegido. Sin desfallecer, y creyendo firmemente en su potencial científico, los patrocinadores del proyecto mejoraron la propuesta, dando lugar a un programa aún más ambicioso que fue presentado el 15 de diciembre de 2016 para competir en la categoría MIDEX (Medium-Class Explorer), donde fue examinado junto a otras dos propuestas (Arcus y FINESSE). A todos ellos se les otorgó financiación suficiente para profundizar en su definición, durante 9 meses, lo que desembocó en un informe final. Esta vez (febrero de 2019), la NASA eligió a SPHEREx como ganadora (MIDEX 9); ello significa que podrá iniciar su diseño definitivo y la construcción de sus componentes. El investigador principal de la misión será James Bock, del Caltech (centro que también actuará como contratista principal), quien podrá a su vez comenzar la preparación de su equipo de trabajo científico.

OBJETIVOS

La división de astrofísica de la NASA tiene una serie de metas a corto plazo, decididas por consenso de un equipo asesor, y buena parte de ellas estarán bajo el punto de vista de SPHEREx. En concreto, el vehículo intentará mapear las llamadas estructuras a gran escala del universo, como las galaxias, para obtener pistas acerca del proceso de inflación que se cree se produjo en el universo temprano. Ello permitirá saber más cosas sobre su origen e incluso sobre su futuro. Su rango de observación, además, posibilitará medir la producción lumínica total de las estrellas y de sus propias galaxias a lo largo de la historia, resolviendo numerosas incógnitas sobre su evolución y origen. Por último, analizará los denominados hielos interestelares, que se cree que fueron y son fundamentales para los procesos relacionados con la vida. El agua y las sustancias orgánicas presentes en los sistemas protoplanetarios podrían haber tenido su origen en estos hielos primitivos, abriendo el camino hacia la posibilidad de que



El investigador principal de la misión SPHEREx, James Bock. (Imagen: Caltech)

ciertos planetas alrededor de determinadas estrellas puedan haber albergado vida de algún tipo.

Para todo ello, la misión SPHEREx obtendrá gran cantidad de espectros en el infrarrojo cercano y con una alta sensibilidad. Confirmando

el alto grado específico de sus metas, dispondrá de un único instrumento, el espectrofotómetro, unido a un telescopio de 20 cm de diámetro y con un campo de visión muy ancho. El telescopio será refrigerado pasivamente, de aquí que su vida útil



www.itpaero.com

ITP Aero: Desde siempre trabajando en Defensa

La historia de ITP Aero está vinculada desde su origen al ámbito de la Defensa. La compañía participa en los principales consorcios europeos de Defensa como Original Equipment Manufacturer (OEM), formando parte del diseño, desarrollo, producción, soporte en servicio y mantenimiento de los motores.



A Rolls-Royce
company

mínima prevista de 25 meses pueda ser garantizada y quizá prolongada. Dicho tiempo será suficiente para obtener hasta cuatro mapas completos de todo el firmamento (o uno cada seis meses), formados por millones de espectros de generación rápida que se integrarán en un archivo valiosísimo y utilizable para otras misiones que tengan un mayor poder de observación, contemporáneas en el tiempo o previstas para un futuro cercano.

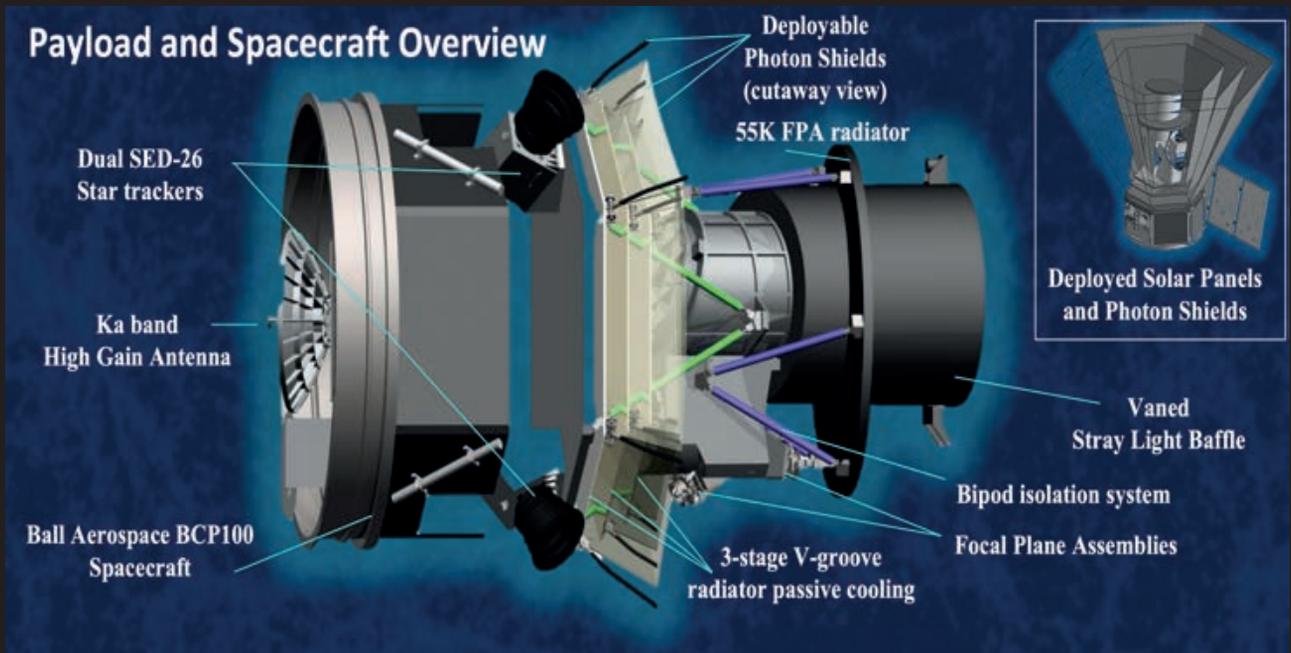
El telescopio utilizado tendrá un campo de visión de 3,5 por 11 grados. La radiación infrarroja que incida en él será captada por cuatro detectores similares a los utilizados en el futuro

De este modo se reducirán las posibilidades de fallo mecánico debido a las tensiones térmicas presentes en la órbita de trabajo.

La estructura o plataforma que albergará el instrumento será proporcionada por la compañía estadounidense Ball Aerospace y se llama BCP-100. Las BCP ya se han utilizado anteriormente con éxito en las misiones NEXTSat (2007) y WISE (2009). Ahora, el vehículo tendrá dos amplios paneles solares desplegables, un parasol y una cubierta que se abrirá frente al telescopio. Pesará un total de 178 kg, de los cuales 74,5 corresponderán a la carga útil.

UN SOLO INSTRUMENTO

El espectrofotómetro de SPHEREx obtendrá espectros de todo el cielo en el infrarrojo cercano, cubriendo el intervalo que va desde 0,75 a 5,0 micrómetros. Con esta información, los astrónomos podrán clasificar y situar de manera tridimensional los 450 millones de galaxias que se espera observar en el tiempo previsto inicialmente, en base a su desplazamiento al rojo y a sus características lumínicas. El vehículo está especialmente pensado para sondear las señales procedentes de la luz del interior de los halos galácticos y de la época de la reionización.



Esquema de las partes del vehículo SPHEREx. (Imagen: NASA)

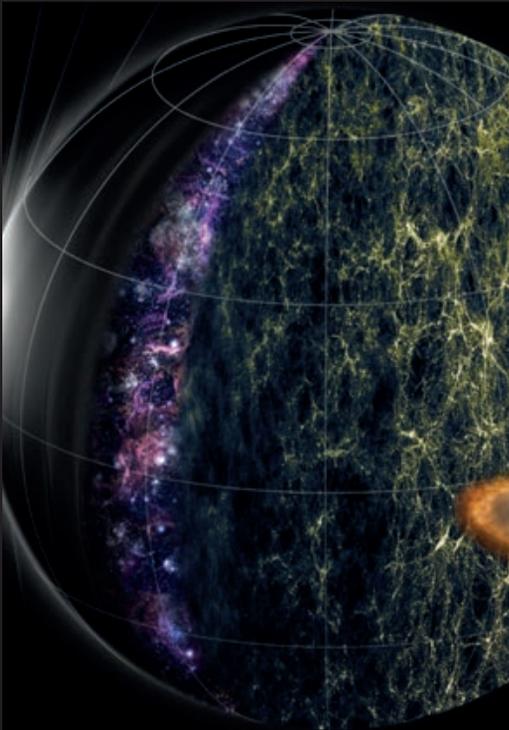
James Webb Space Telescope (problemas técnicos han estado retrasando su lanzamiento), de modo que se garantice una gran fiabilidad y estabilidad. El propio telescopio quedará refrigerado de manera moderada, hasta los 80 K, mientras que tres de los detectores lo serán hasta una temperatura de 55 K.

Para aumentar el número de espectros obtenidos y la eficiencia de las operaciones, se utiliza un diseño carente de partes móviles, más allá de aquellas que deban colocarse en su posición definitiva al principio de la misión, como los paneles solares, etc.

El cohete que lo enviará al espacio, y cuya selección está pendiente (podría utilizarse un cohete pequeño, o un vuelo compartido con otros vehículos), lo situará en una órbita circular de unos 700 km de altitud, desde donde tendrá un acceso progresivo a todo el firmamento. Se espera que SPHEREx obtenga una especial redundancia de datos en los polos eclípticos norte y sur, así como sensibilidades superiores a las del conocido programa 2MASS, realizado desde tierra mediante telescopios y cuyos resultados, muy celebrados por los astrofísicos, aparecieron en 2003.

El universo sufrió una expansión ultrarrápida en sus primeros instantes de existencia, la llamada inflación, y el SPHEREx intentará averiguar qué provocó esta situación. No menos importante será contribuir a averiguar cuál es el origen y evolución de las galaxias y el origen del agua en los sistemas planetarios, ingrediente fundamental para la vida que conocemos.

Los resultados de SPHEREx deberían confirmar los de otras misiones, como el citado JWST, TESS y eROSITA (un telescopio alemán a bordo de la misión rusa Spektr-RG), pero también aportará datos de fuentes que



El observatorio SPHEREx observará el firmamento en el infrarrojo. Imagen: NASA



El programa SPHEREx ha organizado ya varios encuentros educativos para explicar su misión a los jóvenes. (Imagen: Caltech)

serán útiles para que sean investigadas más a fondo por otros instrumentos, como el propio JWST, el telescopio aéreo SOFIA o el terrestre ALMA, que operarán al mismo tiempo. El material obtenido, a su vez, será utilizable para preparar los futuros objetivos de misiones nuevas, como WFIRST y PLATO, de metas más ambiciosas.

DESCUBRIENDO DETALLES OCULTOS DE OBJETOS EXÓTICOS

En una zona totalmente distinta del espectro electromagnético, los rayos-X, podemos encontrar información procedente de objetos de comportamiento extremo, como los púlsares, los agujeros negros o las galaxias activas. La NASA está preparando para su lanzamiento una nueva misión dedicada específicamente a medir y estudiar la polarimetría de los rayos-X generados por ellos. Este tipo de investigaciones solo se pueden hacer desde el espacio y con instrumentos muy especializados.

La citada misión, llamada IXPE (Imaging X-ray Polarimetry Explorer), fue propuesta para después ser finalista

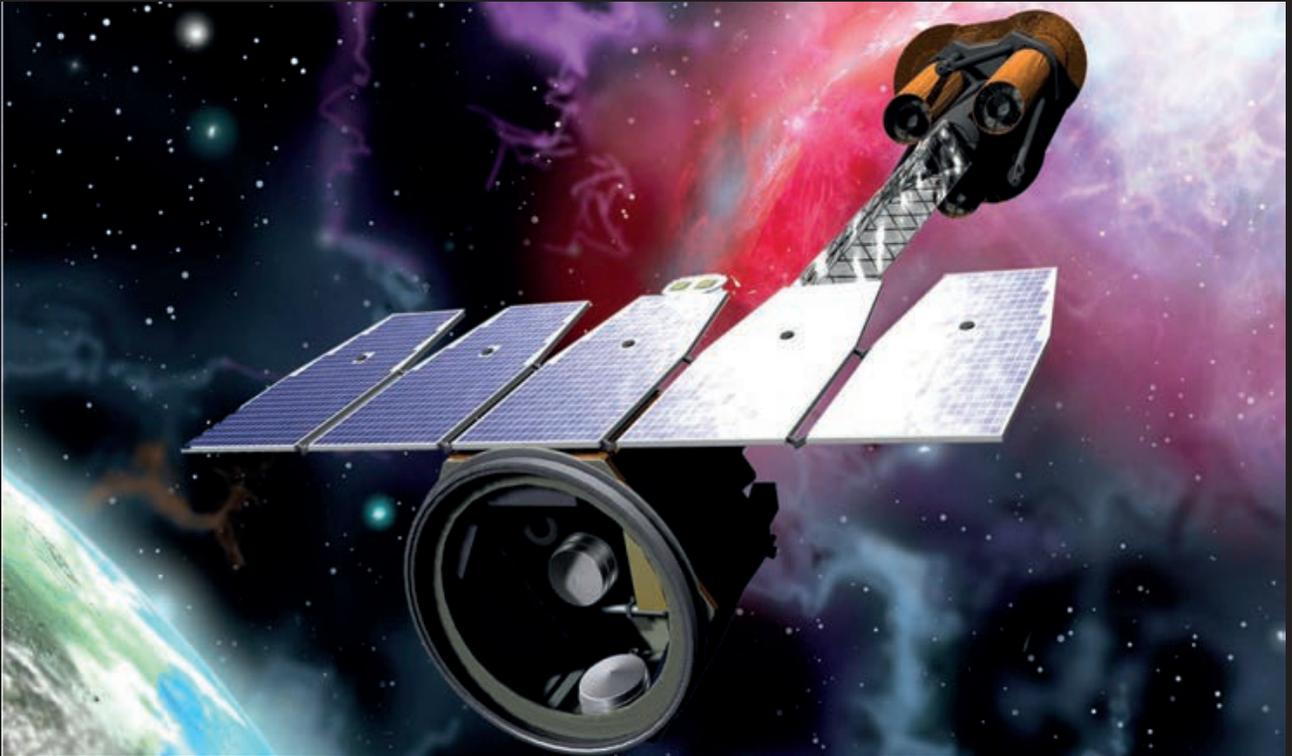
en la ronda de selección de julio de 2015, junto a otras dos misiones competidoras, entre ellas la versión original de SPHEREx. IXPE fue la elegida, siendo anunciada por la NASA como ganadora el 3 de enero de 2017, tras varios meses de estudios preliminares. En base a sus características de tamaño y peso, estará integrada en el programa SMEX (Small Explorer-14). Su lanzamiento ha quedado previsto para abril de 2021, a bordo de un pequeño cohete Pegasus-XL. El vuelo había sido programado para finales de 2020, pero fue retrasado seis meses por ajustes presupuestarios.

La misión será operada por el Marshall Space Flight Center de la NASA, con Martin Weisskopf como investigador principal. Weisskopf es una de las máximas autoridades en este campo de la astrofísica, y ya ha sido científico participante en el programa del famoso y rentable observatorio Chandra, que lleva muchos años enviando imágenes e información de fuentes de rayos-X.

La construcción del IXPE fue encargada a la empresa Ball Aerospace, la cual utilizó otra plataforma BCP-100 para instalar la carga útil principal,

consistente en tres telescopios de rayos-X de muy alta precisión alineados entre sí. Con un peso de 325 kg, el vehículo será colocado por su cohete alado en una órbita baja circular, totalmente ecuatorial, a unos 540 km de altitud, desde donde deberá operar durante un mínimo de dos a tres años.

La misión, que ha costado unos 188 millones de dólares (incluyendo el lanzamiento), aprovecha parte de la tecnología desarrollada para la misión NuSTAR (otro observatorio de rayos-X, este equipado con dos telescopios), como su mástil, que en este caso consiste en una versión algo más corta, de 4,5 metros. Al extremo de dicho mástil se hallan los tres telescopios de rayos-X del IXPE, perfectamente calibrados. Los detectores utilizados, que podrían interpretarse como los «ojos» del observatorio, han sido proporcionados por la agencia espacial italiana (ASI), tras un acuerdo firmado en junio de 2017. Italia también facilitará el uso de su estación de seguimiento de Malindi, en Kenia, desde la cual se podrá recibir información o enviar órdenes de trabajo durante los periodos en los que el satélite se halle a la vista.



El IXPE trabajará en la banda de los rayos-X. (Imagen: NASA/MSFC)

El IXPE será lanzado con sus elementos extensibles completamente plegados dentro del limitado volumen del carenado de su cohete Pegasus. Una vez en órbita, desplegará su pértiga con los telescopios, alcanzando una longitud total de 5,2 metros y 1,1 metros de diámetro. Asimismo, abrirá sus paneles solares, que adoptarán una envergadura de 2,7 metros.

POLARIMETRÍA

Los astrofísicos pueden extraer información muy valiosa de la polarización de los rayos-X. Dado que este tipo de radiación se crea habitualmente en entornos de muy alta temperatura, se pueden estudiar los efectos cuánticos y relativistas de tales entornos, así como las propiedades de los objetos que los generan. Más concretamente, cuerpos como los agujeros negros o los púlsares son muy difíciles de observar directamente, de modo que el estudio de la polarización de los rayos-X emitidos desde su entorno nos proporciona pistas indirectas sobre ellos. Calientan el gas que los rodea, y este emite rayos-X polarizados, es decir, vibrando en una dirección en

particular. Los astrofísicos pueden utilizar dicha información para inferir las características del gas, e indirectamente de los cuerpos que lo han calentado.

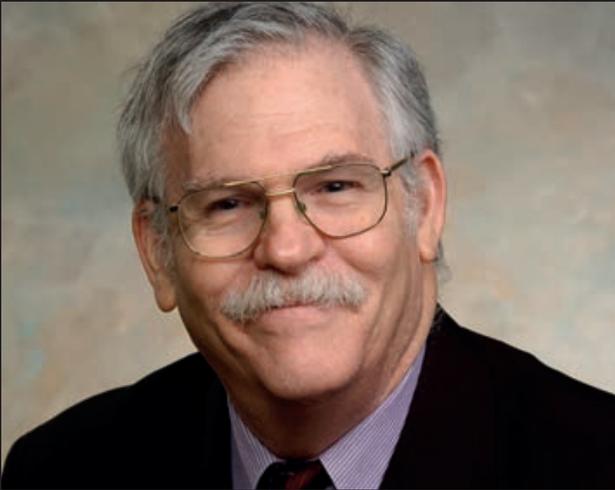
Hasta la fecha, las misiones espaciales se limitaban a tomar imágenes y espectros de las fuentes de rayos-X conocidas. Con el IXPE se ampliará el tipo de información y con ello se abarcarán aspectos astrofísicos distintos que pueden aportar resultados no disponibles de otra forma. Por ejemplo, podrían obtenerse nuevos datos sobre la geometría y la intensidad del campo magnético de los magnetares (un tipo de estrella muy densa con un campo magnético extremadamente potente), información sobre el agujero negro que se halla en el núcleo de nuestra galaxia, etc. Esta clase de objetos es tan extrema que es necesario observarlos desde el mayor número de puntos de vista para que puedan ser caracterizados correctamente.

El IXPE será orientado constantemente hacia sus objetivos, permitiendo que sus tres telescopios los observen de forma simultánea e independiente. Su longitud focal de 4 metros se consigue gracias al citado mástil desplegable. Además, se halla presente un

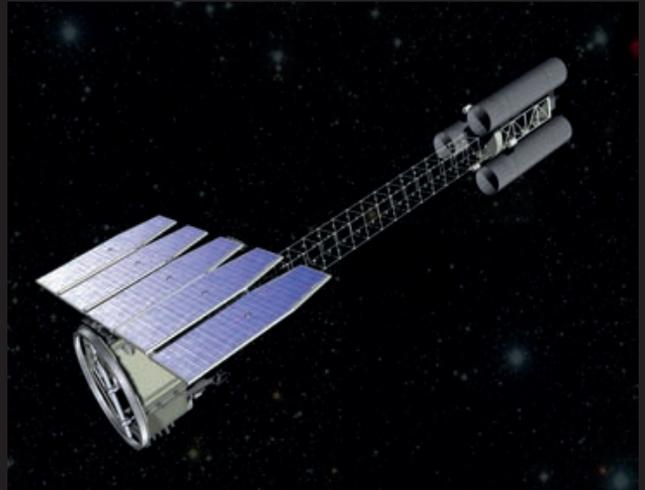
escudo, también desplegable, que se encargará de evitar que incidan en los detectores rayos-X que no sigan el eje predeterminado (que no hayan pasado por los telescopios), lo cual podría enmascarar los resultados o proporcionar datos no válidos.

El centro de operaciones de la misión estará localizado en el CU/LASP (University of Colorado/Laboratory for Atmospheric and Space Physics), donde los controladores gestionarán el día a día del observatorio. La señal del vehículo, en banda S, pasará por Malindi, que la enviará al centro. De la misma manera, las órdenes con la lista de objetivos, por ejemplo, se elaborará en Estados Unidos y se enviará al vehículo desde Malindi u otras estaciones disponibles.

Tras el lanzamiento, el IXPE será sometido a una primera fase, con una duración de unos 30 días, durante la cual deberá calibrar su instrumental. Una vez desplegado el mástil con los telescopios, pueden producirse desalineaciones que este periodo de calibración resolverá. Asimismo, durante la misión, una cámara llamada VisCam y una serie de LED lumínicos estratégicamente situados servirán para



Martin Weisskopf es el investigador principal del programa IXPE. Imagen: NASA



El IXPE dispondrá de tres telescopios montados en paralelo. Imagen: NASA

determinar las oscilaciones del vehículo respecto a los telescopios, y esta información se usará con posterioridad para determinar mejor los puntos de origen de los fotones de rayos-X que incidan en el sistema.

En la fase operativa, los controladores enviarán al vehículo las órdenes necesarias para llevar a cabo las observaciones programadas. Gracias a la órbita que se ha elegido, cualquier objetivo científico en la lista se encontrará a la vista del IXPE y de forma continuada durante unos 60 días. A lo largo de ese período, sus telescopios podrán realizar

observaciones de la fuente durante al menos 57 minutos por órbita. Esta característica temporal se mantendrá a lo largo de la vida útil de la misión, ya que su duración no implicará cambios significativos en su altitud orbital como para que esto afecte a la calidad de las observaciones. Ello también permitió diseñar la misión de modo que se prescindiera de la instalación de un sistema de propulsión a bordo del satélite, el cual modificara y corrigiera su altitud de manera periódica. Esta ausencia ahorró tiempo y costes, y redujo la complejidad de la misión.

La orientación del observatorio es facilitada por dos seguidores estelares montados en extremos opuestos, los cuales no pueden ser oscurecidos a la vez por la presencia de la Tierra. El vehículo también posee sensores solares y un magnetómetro, para la misma función. Los telescopios pueden ser así apuntados con una gran precisión.

El IXPE observará objetivos ya conocidos, de modo que estos habrán sido elegidos con antelación, en busca de su idoneidad para las características del observatorio. Cada tres días se enviará al vehículo una lista



El IXPE estudiará el entorno de los agujeros negros. Imagen: NASA/JPL-Caltech



El equipo que preparó la propuesta IXPE para la NASA. Imagen: NASA

de fuentes a estudiar, lo cual hará de forma automática. Si alguna anomalía impidiera observar alguna de ellas, podrá ser incluida en una posterior lista, por ejemplo, la semana siguiente.

La NASA espera obtener información extremadamente valiosa durante los años de operación del IXPE. Sus resultados podrán ser cotejados y comparados con aquellos procedentes de otras misiones que operen durante el mismo período de tiempo, y

servirán para aumentar nuestros conocimientos en la astrofísica de las altas energías. En general, se pretende explorar la física de los efectos de la gravedad, la energía y los campos eléctricos y magnéticos en sus límites más extremos. Los resultados deberían proporcionarnos información sobre qué es el espín de un agujero negro, cuál es la geometría y la intensidad de los grandes campos magnéticos astrofísicos, como los de los

magnetares, responder a la pregunta de si nuestro propio centro galáctico fue un núcleo galáctico activo en el pasado reciente, cuáles son las geometrías y orígenes de los rayos-X producidos en los púlsares, etc.

En definitiva, el IXPE nos acercará un poco más a contestar la pregunta más importante, aquella que nos interroga sobre cómo funciona el universo en su conjunto y en sus más mínimos detalles. ■



El cielo en la banda de los rayos X será el objetivo del IXPE. Imagen: NASA