



# Solar Probe Plus, a las puertas del infierno

MANUEL MONTES PALACIO

EL ESTUDIO DEL SOL SIEMPRE HA TENIDO UNA ASIGNATURA PENDIENTE. AUNQUE HAN SIDO NUMEROSAS LAS MISIONES QUE HAN OBSERVADO A NUESTRA ESTRELLA DESDE LA DISTANCIA, POCAS HAN SIDO LAS QUE SE HAN DISEÑADO PARA TRABAJAR DESDE SUS CERCANÍAS, DONDE LAS CONDICIONES AMBIENTALES SON TERRORÍFICAS.

UNA NUEVA GENERACIÓN DE VEHÍCULOS PODRÍA CAMBIAR ESTO: LA SOLAR PROBE PLUS QUIERE VOLAR EN 2018 HACIA EL SOL Y EXPLORAR SU CORONA, PASANDO A SÓLO 6 MILLONES DE KILÓMETROS DE LA INCANDESCENTE SUPERFICIE.

**S**i lo consigue, la nave patrocinada por la NASA marcará un hito histórico: será la primera sonda humana que visite la atmósfera de nuestra estrella, revelando para la ciencia la que quizá sea última región virgen del sistema solar.

El objetivo, sin embargo, no es precisamente sencillo. La corona solar es la atmósfera exterior del Sol y, paradójicamente, está cientos de veces más caliente que la propia superficie visible de la estrella, la fotosfera. ¿Cómo ocurre esto y cuál es el origen del viento solar? Esto es lo que la Solar Probe Plus quiere averiguar. Situándose en sus cercanías, los científicos podrán obtener mediciones imposibles de realizar de otra manera, abriendo paso a la resolución de estos y otros muchos se-

cretos que aún encierra la heliofísica.

Tanta es la importancia de esta información que para los expertos una visita de esta clase al Sol siempre ha estado muy alta en su lista de prioridades (fue propuesta por primera vez en 1958). No obstante, las dificultades técnicas para lograr una sonda funcional en un ambiente tan peligroso han retrasado una y otra vez el inicio de un programa semejante. Las viejas Helios, una iniciativa germano-americana, fueron enviadas al Sol hace varias décadas, pero jamás se aproximaron a menos de 44 millones de kilómetros (Helios-2, abril de 1976). La razón: tan complejo resultaba diseñar vehículos capaces de acercarse tanto a la estrella sin sufrir los efectos de las altas temperaturas y la radiación, como lograr el

poder propulsivo necesario para alcanzar la órbita precisa.

Después de las Helios, múltiples han sido los estudios para poner en pie otro proyecto más ambicioso. Pero los años pasaban y la esperada Solar Probe tardaba en hacerse realidad. Por fin, basándose en un trabajo anterior realizado en 2005, y usando las limitaciones técnicas y presupuestarias marcadas por la NASA, un equipo de ingenieros afrontó el problema y en febrero de 2008 presentó una nueva propuesta cuyas mejoras le hicieron ganarse la denominación "Plus". El diseño eliminaba el generador de radioisótopos de la propuesta original y disminuía el coste hasta menos de 750 millones de dólares, haciéndolo mucho más manejable. La Solar Probe Plus fue aprobada poco después, el 17 de abril de 2008, y el 1 de mayo se encargó su desarrollo al Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory para un lanzamiento en 2015. Los trabajos preliminares empezaron en julio de 2008, y el 2 de diciembre de 2009 se iniciaba la Fase A, con una revisión de la definición de la misión pre-



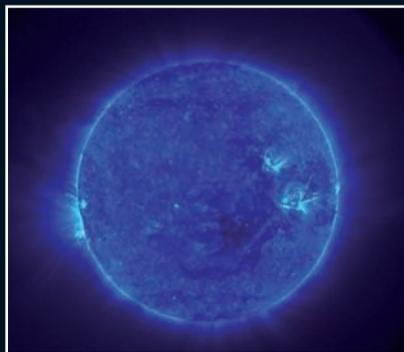
vista para la primavera de 2011 (y que debería tener en cuenta los aprietos económicos que se pasan en la actualidad).

## UN LUGAR DIFÍCIL DE VISITAR

Cualquier vehículo que pretenda salir desde la Tierra tendrá, en el momento previo a su partida, una velocidad igual a la que tiene nuestro planeta mientras gira alrededor del Sol. Por tanto, y de la misma manera que un satélite terrestre debe ganar velocidad para derrotar a la gravedad y ascender un poco más, o debe frenar para poder regresar a su superficie, si lo que queremos es dirigirnos hacia el Sol deberemos disminuir nuestra velocidad orbital con respecto a este último. Una cápsula que quiera aterrizar (y por tanto pasar de 28.000 km/h en órbita a 0 km/h en el suelo) puede reducir su velocidad mediante un pe-

queño retrocohetes, lo que bastará para iniciar su descenso hasta que la atmósfera termine el trabajo, frenándolo aún más. Para una sonda que quiera acercarse al Sol, sin embargo, necesitaremos algo bastante más grande que un retrocohetes: deberemos utilizar un cohete completo, el cual acelerará a su carga en dirección contraria al sentido de marcha de la Tierra alrededor del Sol, es decir, frenando respecto a nuestra estrella para “caer” hacia ella. Esta operación se hace de forma rutinaria para volar hacia los planetas interiores, como Venus y Mercurio, pero la energía de un cohete como los disponibles actualmente no suele bastar para la tarea (no tenemos ya grandes cohetes Saturno-V o Energía para algo así, siendo la otra alternativa, construir una nave de peso ínfimo, poco interesante). Las sondas, por tanto, deben utilizar otros trucos, como las asistencias gravitatorias, para frenar aún más y dirigirse hacia sus objetivos.

Dado que la meta de la Solar Probe Plus está aún más cerca del Sol que



*El Sol, visto por la misión STEREO. (Foto: NASA)*



*La Solar Probe Plus, después de su lanzamiento desde la Tierra. (Foto: JHU/APL)*

Mercurio, las dificultades propulsivas se multiplican. Durante los estudios iniciales de una misión de este tipo se habló de una asistencia gravitatoria en las inmediaciones de Júpiter. El sobrevuelo, procedente de la dirección apropiada, reduciría la velocidad de la nave hasta convertir a su órbita en una con el esperado perihelio (mínima aproximación respecto al Sol). No obstante, estudios de astrodinámica más recientes desestimaron esta opción y prefirieron apostar por una serie de asistencias junto a Venus, no muy distintas a las ya practicadas por la sonda MESSENGER. Tras cada sobrevuelo, la Solar Probe Plus habrá reducido un poco más su perihelio, hasta lograr los deseados 5,9 millones de kilómetros (0,04 unidades astronómicas ó 8,5 radios solares).

Una vez resuelto el problema de la propulsión y el viaje, queda por solucionar el de la resistencia de la sonda y sus instrumentos ante un ambiente tan infernal. El punto de destino es una región donde la intensidad solar es 520 veces superior a la que encuentran los satélites alrededor de la Tierra. Por tanto, si no queremos que la nave se desintegre bajo el intenso calor, debemos protegerla.

Esto se logrará mediante un escudo térmico, un auténtico parasol que, situado frente a la nave como el parachoques de un coche, recibirá el flujo solar evitando que su delicada carga resulte dañada. El citado escudo estará fabricado con un compuesto espumoso de carbono-carbono, ultra-resistente a las altas temperaturas, y con tecnología desarrollada originalmente para la misión MESSENGER a Mercurio. Ob-

viamente, la sonda deberá estar siempre correctamente orientada, con el parasol situado en dirección a la estrella. Cualquier pérdida de control podría acabar con la misión por incineración de su instrumental. Detrás del escudo reinarán las habituales temperaturas gélidas del espacio, condiciones frente a las que ya estamos acostumbrados a luchar. De hecho, los instrumentos funcionarán bajo una cómoda temperatura de laboratorio.

Para alimentar energéticamente a los subsistemas del vehículo, bastará con utilizar un panel solar de pequeño tamaño, cuyo rendimiento cerca de la estrella siempre será muy superior a uno igual trabajando en la órbita terrestre. Dado que la sonda deberá operar a lo largo de su viaje en un amplio rango de distancias respecto al Sol, la Solar Probe Plus utilizará en realidad dos paneles complementarios. El principal y mayor funcionará en las porciones de su órbita situadas más allá de las 0,25 unidades astronómicas. Más cerca se dañaría, de modo que en los momentos culminantes será escondido tras el parasol y reemplazado en sus funciones por otro mucho más pequeño (pero suficiente debido al superior flujo solar imperante en la región), de diseño especial y dotado con un sistema de refrigeración que evitará que se funda. Cuando la nave vuelva a alejarse, el panel principal saldrá otra vez de su posición retraída.

## UN PARAÍSO PARA LA HELIOFÍSICA

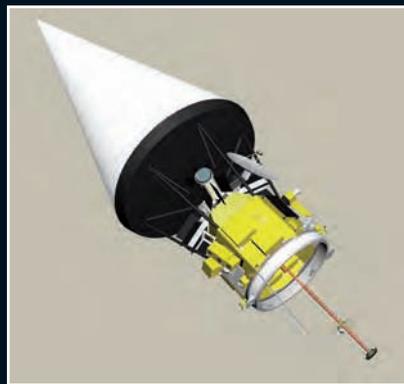
Nuestro robot blindado viajará hacia el Sol para transformar nuestra visión sobre su comportamiento, origen y evolución. Varios son los campos en los que su instrumental intentará traba-

jar. Tengamos en cuenta que su ruta le permitirá pasar a través de las capas exteriores de la propia corona solar, y que sus sensores podrán estudiar así los procesos que intervienen en la fenomenología local. Por ejemplo, podremos profundizar en el estudio y la determinación de la estructura y dinámica de los campos magnéticos allí donde se generan los vientos solares; podrá efectuarse un seguimiento de los flujos de energía que se ocupan de calentar la corona y de acelerar el viento solar; se analizarán los mecanismos que aceleran y transportan a las partículas energéticas; y por último, se explorará el plasma próximo al Sol, que

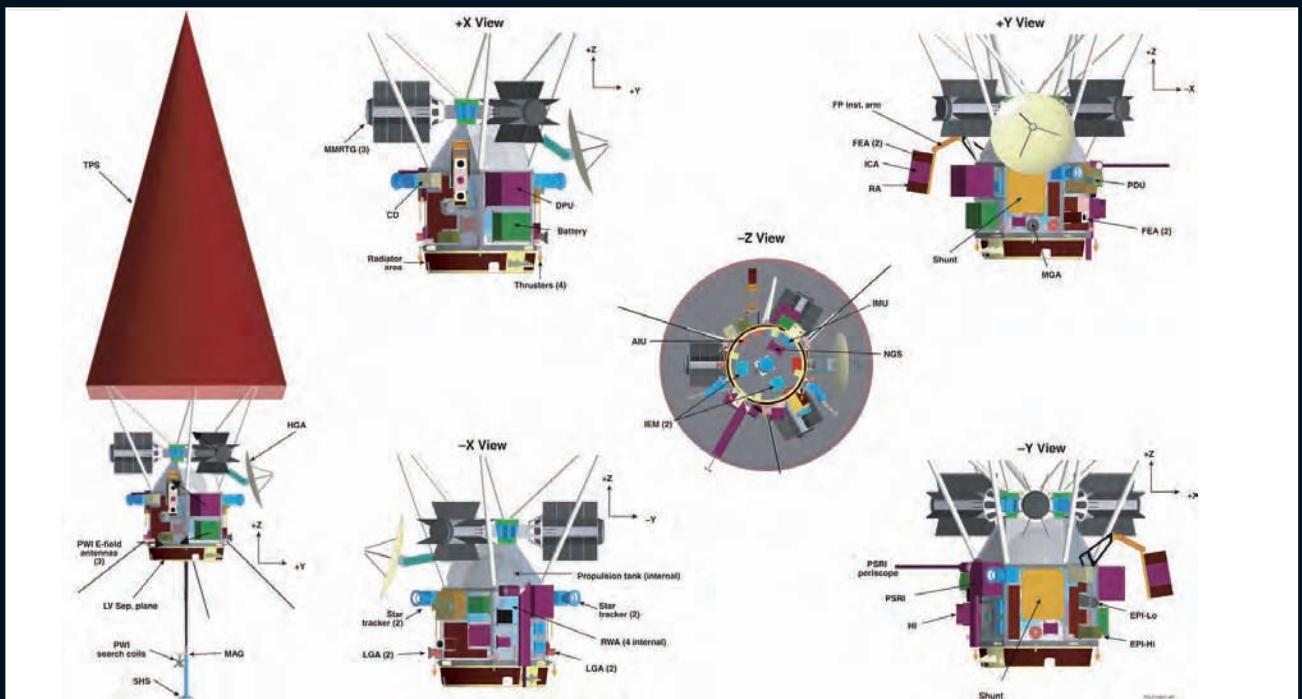
se supone podría influir sobre el citado viento solar y en la formación de las partículas energéticas.

Se espera que la información que proporcione la Solar Probe Plus (SPP) sirva para ayudar a resolver los dos misterios que los físicos buscan con más ahínco: cómo se calienta la corona y cómo se acelera el viento solar. Entendiendo estos procesos sabremos también mejor cómo funciona el Sol, y por extensión otras estrellas semejantes a él. Ningún otro vehículo estará además tan bien colocado como la SPP para estudiar las evoluciones de las partículas cargadas que pueden afectar a nuestro planeta. No hay otra forma de alcanzar ciertas respuestas en la física solar, y la SPP será nuestro representante en esta búsqueda.

Para lograrlo, la Solar Probe Plus seguirá una trayectoria elíptica que periódicamente la llevará hasta su punto más próximo respecto al Sol, el cual sobrevolará a una velocidad de 200 km/s y resistiendo temperaturas de hasta 2.000 grados Celsius. Al mismo tiempo, tendrá que soportar los ataques de las partículas de polvo energéticas y de la radiación imperante, en magnitudes superiores a las que cualquier otra nave haya tenido que aguantar hasta la fecha. Este ambiente de radiación debe



Un concepto primitivo de la Solar Probe. (Foto: NASA)



Diseño de la Solar Probe cuando aún debía llevar generadores de radioisótopos. (Foto: NASA)

ser comprendido para garantizar la seguridad de los astronautas que en el futuro deban aventurarse en el espacio.

## UN VIAJE MUY LARGO

Aunque el Sol se halla a "sólo" 150 millones de kilómetros, la SPP deberá efectuar varias asistencias gravitatorias para alcanzar la órbita esperada. El período científico más intenso no se iniciará pues hasta pasados seis años y medio desde su lanzamiento.

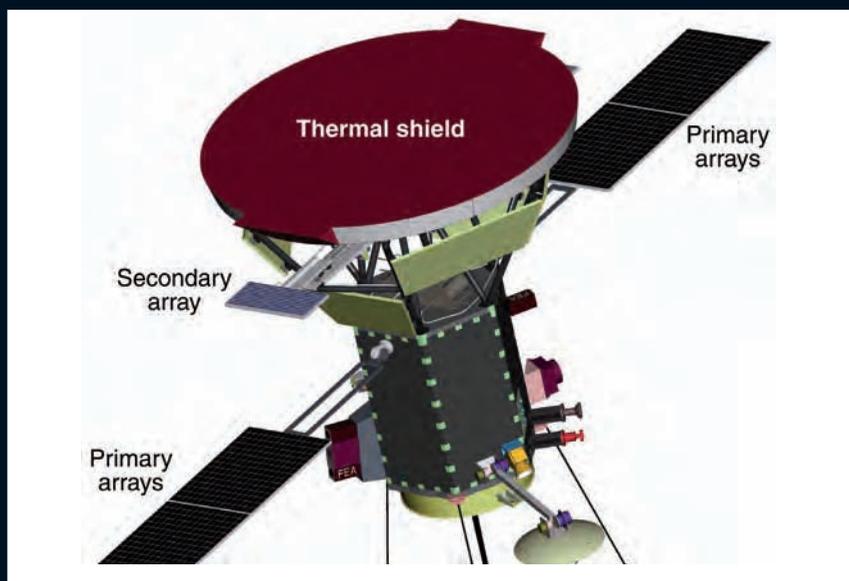
Su cohete Atlas V551/Star-48BV despegará si todo va bien el 30 de julio de 2018 (previamente se había hablado del 21 de mayo de 2015, fecha imposible de respetar debido a las limitaciones presupuestarias), para colocar a su carga en una ruta alrededor del Sol que permita un primer sobrevuelo de Venus hacia el 27 de septiembre de 2018. La maniobra de asistencia se repetirá hasta seis veces más (21 de diciembre de 2019, 5 de julio de 2020, 15 de febrero y 10 de octubre de 2021, 15 de agosto de 2023 y 31 de octubre de 2024), permitiendo en cada ocasión acercarse un poco más la sonda a la estrella. La ruta seguida, además, estará un poco inclinada (3,4 grados), lo que implicará un paso ligeramente por encima de la eclíptica (el plano por el que circulan los planetas del sistema solar) para conseguir una mejor perspectiva.

La órbita definitiva tendrá un período de 88 días, con una distancia máxima respecto al Sol (afelio) de 0,73 unidades astronómicas, y una mínima (perihelio) de 0,04 unidades astronómicas. El primer sobrevuelo solar cercano ocurrirá el 19 de diciembre de 2024, pero sus instrumentos habrán obtenido datos desde el primer paso, tres meses después del lanzamiento.

La sonda girará un total de 24 veces alrededor del Sol. Será durante las tres últimas órbitas que pasará a 8,5 radios solares (siete veces más cerca que el récord actual de las Helios).

El 2 de septiembre de 2010 se anunció la selección de los instrumentos que volarían a bordo de la sonda. Se habían recibido 13 propuestas, entre las cuales la NASA eligió a las más interesantes o que mejor se adaptaban a las características de la misión.

En primer lugar se encuentra el instrumento SEWAP (Solar Wind Electrons



Esquema de la configuración preliminar de la Solar Probe Plus. (Foto: NASA)



Una de las sondas Helios, que poseen hasta la fecha el récord de cercanía respecto al Sol. (Foto: NASA)



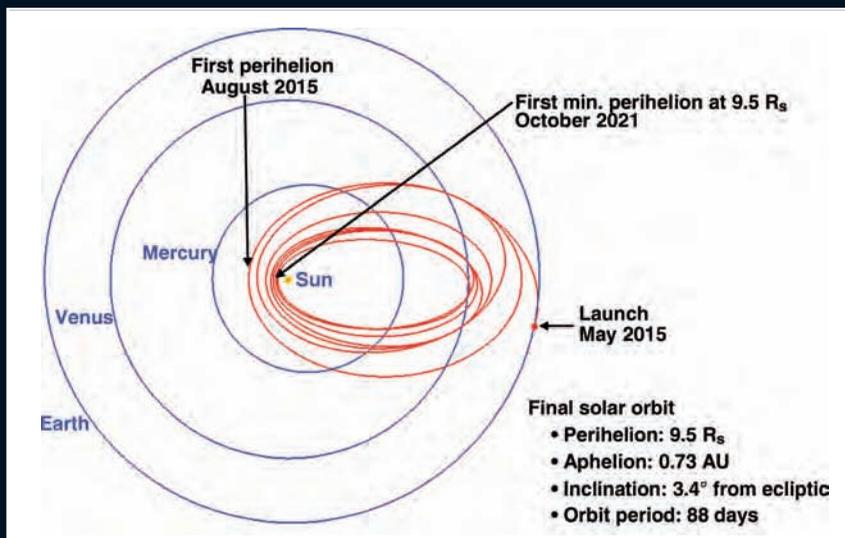
El cohete Titan-III-Centaur envió a las Helios hacia el Sol. (Foto: NASA)

Alphas and Protons Investigation), que se ocupará de estudiar las partículas del viento solar (iones de helio, electrones y protones). Contará las partículas para conocer su densidad, y medirá sus propiedades. También capturará a algunas de ellas para que puedan ser analizadas en la llamada Solar Probe Cup.

La SPP llevará un telescopio denominado WISPR (Wide-field Imager for Solar Probe Plus), ideado para obtener imágenes tridimensionales de la atmósfera solar. Sus productos se pueden comparar con las imágenes médicas TAC (tomografía axial computarizada). El telescopio observará el viento solar de forma progresiva, mostrando sus ondas de choque y nubes a medida que la nave las sobrepasa.

El tercer instrumento es el FIELDS (Fields Investigation for Solar Probe Plus), que se encargará de medir los campos magnéticos y eléctricos, las emisiones de radio y las ondas de choque en el plasma solar. Al mismo tiempo, podrá detectar polvo cuando éste choque contra su antena.

El ISIS (Integrated Science Investigation of the Sun), por su parte, contiene dos instrumentos (EPI-Hi y EPI-Lo) que tendrán bajo vigilancia las partículas (electrones, protones e iones) que se ven aceleradas por las ondas de choque en la atmósfera solar. Estas partículas son las que después alcanzarán la Tierra y pueden afectar a los astronautas o dañar los componen-



La complicada trayectoria de la SPP, cuando su lanzamiento estaba previsto para 2015. (Foto: NASA)

tes de los satélites, además de ionizar la atmósfera terrestre.

Debido a la extrema delicadeza del instrumental de la SPP, la NASA ha decidido que el científico principal, Marco Velli, se encargue de coordinar el desarrollo de los aparatos desde el principio para asegurar que no lleguen jamás a interferirse los unos con los otros.

Cuando el Sol ocupe en el cielo un espacio 23 veces superior a como lo vemos nosotros en la Tierra, será el momento para que los experimentos de la sonda entren en acción, siempre dentro de la sombra proporcionada por el parasol. Una vez en su órbita definitiva, la nave volverá hasta tres veces hasta la posición ideal para desempeñar su trabajo. Se espera que el vehículo efectúe al menos esas tres pasadas útiles, y que en función de la resistencia de sus equipos a las duras condiciones imperantes, continúe operando el mayor tiempo posible. No se espera, sin embargo, que la misión supere los 10 años, contando desde el momento del lanzamiento.

## UNA SONDA VIABLE

La Solar Probe Plus forma parte del programa Living with a Star de la NASA. Dirigida por el Goddard Space Flight Center, será nuestra primera incursión verdaderamente cercana al Sol. La nave pesará unos 610 kg, y en su aspecto general destaca el parasol de casi 3 metros de diámetro y 4,5 pulgadas de grosor. El vehículo funcionará estabili-

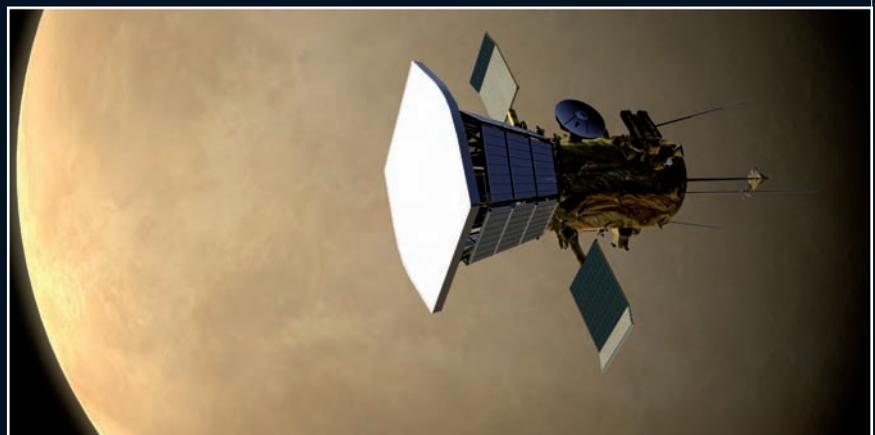
*El primer sobrevuelo de Venus.*  
(Foto: JHU/APL)



La Solar Probe Plus utilizará un cohete Atlas V/551. (Foto: NASA)

zado en sus tres ejes, y llevará un complejo sistema de guía y control de orientación para asegurar que el escudo esté siempre dirigido hacia la estrella.

La estructura de la sonda es la de una plataforma hexagonal. En el centro guarda el tanque de combustible para el sistema de propulsión, mientras que los instrumentos se hallan delante y detrás, siempre protegidos por el parasol. Este último está unido a la nave a través de una estructura de transición, en la cual podemos encontrar asimismo a los radiadores del sistema de refrigeración del panel solar secundario. Dicho panel producirá hasta 343 vatios en el instante de máxima aproximación al Sol, momento durante el cual permanecerá medio escondido minimizando las posibilidades de que las altas temperaturas lo dañen. En la zona de penumbra producida por el escudo térmico habrá bastante luz ambiental como para que el panel realice su trabajo sin estar totalmente expuesto a los rayos solares. Este irá desplazándose hacia fuera, abandonando las sombras, a medida que la sonda se aleje del Sol y necesite mantener su capacidad de generación eléctrica. Los ingenieros han incluido también un sistema de comunicaciones eficiente que trabajará en las bandas X y Ka. Una antena de alta ganancia permitirá transmisiones de alta velocidad en las zonas alejadas del Sol (más de 0,25 unidades astronómicas), y varias de baja ganancia garantizarán el contacto (telemetría y control) durante los so-



brevuelos solares. Para guardar los datos estarán disponibles varios grabados de estado sólido de 256 gigabits, información que será enviada a la Tierra con la antena de alta ganancia cuando sea más conveniente y seguro.

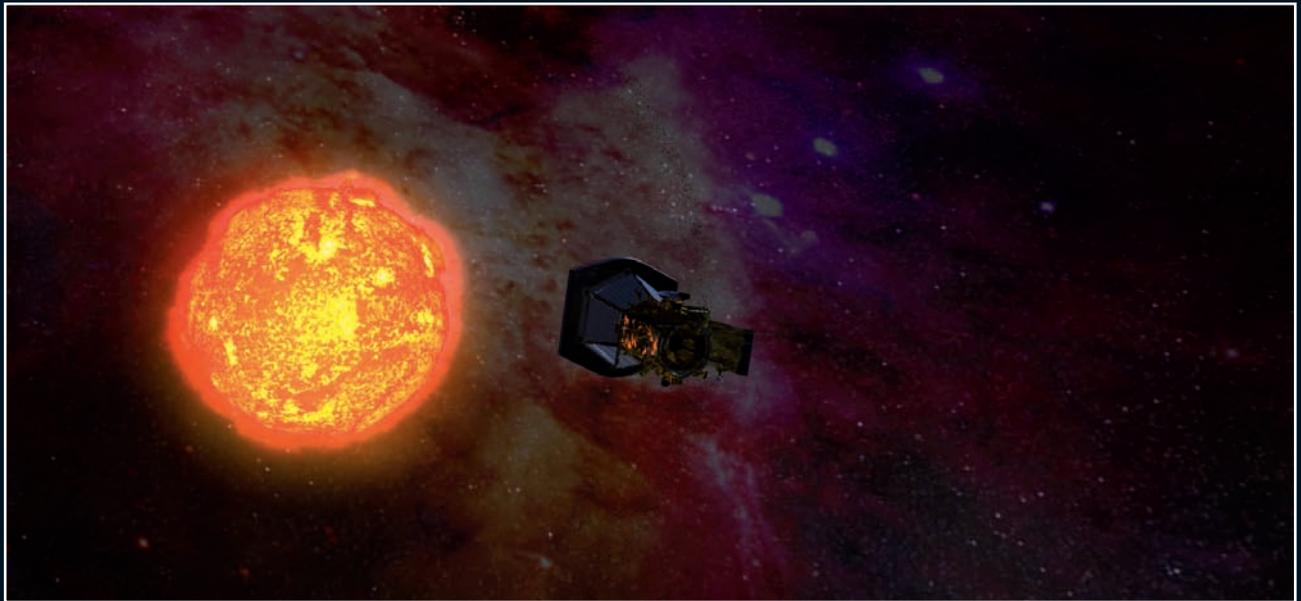
Con esta configuración, los ingenieros se encuentran convencidos de que podrán llevar a cabo esta peligrosa misión, sin que las condiciones ambientales perjudiquen la calidad de los resultados. Por fin, la SPP parece posible, por fin es viable un vuelo de estas características.



*La corona solar es visible durante un eclipse de Sol. (Foto: Hartwig Luethen)*

elíptica la llevará a una moderada distancia mínima de 0,23 unidades astronómicas, si bien adoptará una inclinación orbital considerable para facilitar el estudio de las regiones polares del Sol.

La misión, de momento sólo candidata al programa Cosmic Vision, ya ha avanzado en sus preparativos, que han incluido la selección de los posibles instrumentos que llevaría a bordo. Hasta 10 de ellos serían embarcados. Si se confirma la participación de la NASA, la sonda despegaría en un cohete Atlas-V, hacia 2017.

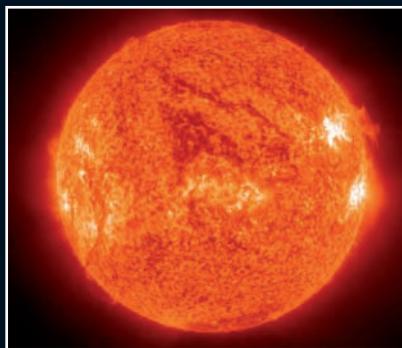


*La primera visita cercana al Sol. (Foto: JHU/APL)*

## ¿OTRAS MISIONES?

Si la Solar Probe Plus cumple su programa, operará hasta bien entrado el año 2025. Por tanto, no existe una necesidad inmediata de empezar a pensar en otra sonda que continúe su trabajo. De hecho, la definición de cualquier misión nueva dependerá mucho de los resultados que obtenga la SPP, que podría descubrirnos nuevos misterios o plantear otras preguntas sobre nuestra estrella.

A pesar de todo, el estudio del Sol debe continuar desde ahora hasta el lanzamiento de la Solar Probe, ya sea con los satélites actualmente en el espacio o mediante otros proyectos en marcha o en proyecto. Uno de ellos ha sido propuesto por la Agencia Espacial Europea y se llama Solar Orbiter (SOLO).



*La actividad solar podrá ser estudiada por la SPP. (Foto: NASA)*

Como su nombre indica será una sonda situada alrededor del Sol, pero a una distancia mucho más lejana que la SSP. En cuanto a su trayectoria, estará más cerca de las viejas Helios que de la futura nave de la NASA, ya que su ruta

El Solar Orbiter está compitiendo con otras dos misiones más, PLATO y Euclíd. De las tres candidatas, sólo dos serán financiadas por la ESA como misión de clase M. Durante la fase preliminar de análisis de viabilidad, se tendrá que asegurar que es posible llevarlas a cabo mediante el presupuesto ofertado, y que no existen impedimentos técnicos para su desarrollo y puesta en servicio. Se esperaba una decisión al respecto hacia mediados de 2011.

Si el Solar Orbiter es aprobado, podría volar poco antes de la Solar Probe. Sus resultados serán en cierto modo complementarios, y por tanto se impondrá la colaboración entre ambos equipos científicos. A finales de la tercera década del presente siglo, el Sol será, en todo caso, un lugar mucho más conocido que ahora ■